МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

КАИ

КАИ – крылья для жизни!



«XXIII ТУПОЛЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ

(школа молодых ученых)»

ТОМ II

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ
СБОРНИК ДОКЛАДОВ

Министерство образования и науки Российской Федерации

Nanjing University of Aeronautics and Astronautics

Российский фонд фундаментальных исследований

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ (КНИТУ-КАИ)

Международная молодежная научная конференция

«XXIII ТУПОЛЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ (школа молодых ученых)»



ТОМ II

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

Казань 2017

УДК 629.7(082)
ББК 39.5+39.6я43
Т85

Т85 XXIII Туполевские чтения (школа молодых ученых): Международная молодёжная научная конференция, 8–10 ноября 2017 года: Материалы конференции. Сборник докладов: в 4 т. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2017. – Т. 2. – 984 с.: ил.

ISBN 978-5-9690-0394-1 (т. 2)
ISBN 978-5-9690-0392-7

В сборнике представлены тексты докладов участников Международной молодёжной научной конференции «XXIII Туполевские чтения (школа молодых ученых)», посвященные актуальным вопросам и проблемам развития аэрокосмических технологий, машиностроения, энергетики, приборостроения, информационных, инфокоммуникационных, радиоэлектронных технологий, а также социально-экономические аспекты создания аэрокосмической техники.

Конференция проводится на базе ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ» в рамках гранта РФФИ № 17-38-10308 мол_г.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции.

Ответственность за аутентичность и точность имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

УДК 629.7(082)
ББК 39.5+39.6я43

ISBN 978-5-9690-0394-1 (т. 2)
ISBN 978-5-9690-0392-7

© Авторы докладов 2017
© Изд-во АН РТ (оформление), 2017

СЕКЦИЯ 4

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

ПОДСЕКЦИЯ 4.1

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 618.2-071.6:618.5-07

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕВОЖНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ АКУШЕРСКОГО МОНИТОРА НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ ПЕРВИЧНЫХ ИНФОРМАТИВНЫХ СИГНАЛОВ

Абдрахимова Д.Р.
Научный руководитель: А.А. Порунов, к.т.н., профессор
М.М. Тюрина к.т.н., ст. преподаватель
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В работе обоснована актуальность введения в структуру акушерского монитора блока тревожной сигнализации, построенного на принципах комплексной обработки потока первичных сигналов о состоянии физиологических систем роженицы. Представлен вариант структурной реализации блока тревожной сигнализации.

Одной из основных проблем, поставленных национальным проектом «Здоровье» и вызывающих особую тревогу, является демографическая ситуация в Российской Федерации. Такое положение в акушерстве обусловлено высокой материнской и особенно детской заболеваемостью и смертностью, снижением индекса здоровья беременных. В этой связи особое значение имеет, с одной стороны совершенствование методов и методик ведения родов, а с другой стороны не менее важную роль играет совершенствование технических средств акушерского мониторинга, а именно повышение достоверности и надежности обнаружения и прогнозирования критических ситуаций в процессе родовспожения с целью предупреждения или парирования нежелательных последствий.

Современные отечественные устройства для контроля состояния системы «мать-плод» в процессе родовспоможения позволяют контролировать физиологические функции, такие как: измерение и контроль сердечно-сосудистой системы (ССС) матери и плода по данным прямого электрокардиосигнала в момент появления его на свет и доплеровского эхокардиосигнала в дородовый период, а

также сократительной функции матки, позволяющей определить момент возникновения родовой слабости (дистоции) и ССС роженицы.

Анализ патентно-реферативных исследований в данной области позволяет сделать вывод о том, актуальными остаются следующие задачи в разработке устройств для контроля состояния системы «мать-плод» в процессе родовспоможения: введение перекрестных связей в базовых диагностических каналах с целью повышения эффективности (интегральности) представления информации о текущих параметрах состояния системы мать-плод за счет взаимодействия информационных потоков; повышение надежности и достоверности контроля параметров функционирования ССС; совершенствование принципов построения электрогистерографического (ЭГГ) канала; построение каналов системы с использованием принципа адаптации (метод эталонной модели); создание элементов и устройств тревожной сигнализации, срабатывающих по интегральным оценкам, объединяющим мать и плод, при этом форма представления тревожной сигнализации должна быть наиболее контрастной по сравнению с другими видами информативных сигналов; разработка принципов конструктивного построения электродов в наибольшей степени учитывающих физиологическую специфику матери и плода [1, 2].

Учитывая эти современные тенденции в диагностике и контроле параметров состояния системы «мать-плод» в процессе родовспоможения предложена концепция построения акушерского монитора, представленная на рис. 1, включающая блок тревожной сигнализации. Система обеспечивает одновременную регистрацию частоты сердечных сокращений плода и матери, силы маточных сокращений, наличия в электроэнцефалографическом (ЭЭГ) сигнале составляющих α- и β- ритмов, побуждающих сократительную функцию матки и повышается достоверность выявления движений плода за счет автоматической регистрации. Перспективным направлением при разработки акушерского монитора для контроля состояния системы «мать-плод» в процессе родовспоможения нового поколения следует признать использование в структуре устройства при принятий решений элементов искусственного ин-

теллекта, которые позволяют решать задачу адаптации структуры и параметров предлагаемого устройства к случайным изменениям потоков информации, поступающих от системы мать-плод.



Рис.1. Концепция структурного построения акушерского монитора, содержащего блок тревожной сигнализации [3].

Особенность работы рассматриваемого устройства состоит в том, что информация о сократительной функции матки не только непосредственно контролируется с помощью электроакустического преобразователя по высоте тона звукового сигнала, но также выходной сигнал этого канала используется как критерий возникновения дистоции. В этом случае компаратор ЭГГ канала так управляет через коммутаторы, что выходной сигнал ЭГГ перестает поступать на генератор управляемый напряжением (ГУН), а выходной сигнал ЭЭГ в случае его достаточного уровня включает генератор этого канала (*G*), выходной сигнал которого с частотой 10 Гц подается транзитом на сумматор и электроакустический преобразователь и, кроме того, на светоиндикатор.

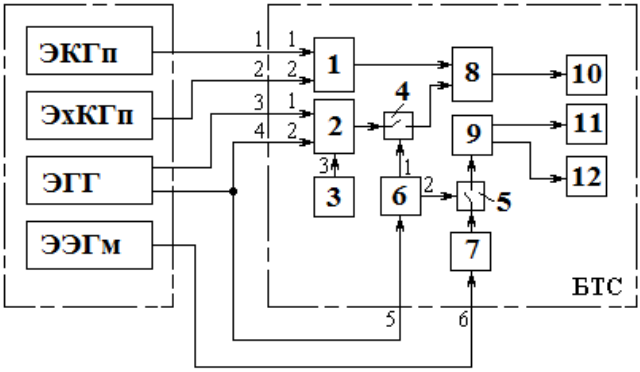


Рис. 2. Структурная схема блока тревожной сигнализации

Сигнал электроэнцефалографического канала снимается с датчиков ЭЭГ, установленных в начальный период родов (фаза раскрытия шейки матки) на голове матери. Из этого сигнала посредством полосовых фильтров выделяют сигналы, соответствующие α- и β-ритмам. При превышении порогового значения того или другого биоритма формируется сигнал, который подается на второй генератор 7 блока тревожной сигнализации. Генератор 7 включается в работу и через ключ 5, замкнутый в случае отсутствия сигнала с электрогистерографического канала, и подает сигнал через усилитель 9 на вход второго электроакустического преобразователя 11 и светоиндикатор 12. В этот момент формируется акустический и дублирующий оптический сигналы с частотой 10 Гц, свидетельствующие о блокаде нервными проводниками потока афферентной импульсации к мускулатуре матке при нормальном функционировании ЦНС матери или об отсутствии контакта в электродной системе датчика маточных сокращений.

При отсутствии входных сигналов с электрогистерографического канала сигнал со второго его выхода подается на коммутатор 6 блока тревожной сигнализации для управления работой первого 4 и второго 5 ключей. Ключ 4 служит для коммутации сигналов с первого выхода электрогистерографического канала матери, который поступает на первый вход делителя частоты 2, управляющего частотой генератора 3 блока тревож-

ной сигнализации, второй вход которого также подключен к выходу электрогистерографического канала матери и служит для контроля контакта с роженицей датчика маточных сокращений. В случае наличия сигналов с электрогистерографического канала матери на требуемом уровне ключ 4 замыкается, и сигнал с первого генератора 3 через делитель частоты 2 поступает на второй сумматор 8 и через него на первый электроакустический преобразователь 10, где формируется акустический сигнал в тональности, информирующий акушерскую бригаду об отсутствии у роженицы ситуации дистоции и исправности контактной системы датчика маточных сокращений. Первый генератор 3 импульсов вырабатывает серию (пачку) импульсов, продолжительность которой равна длительности импульсов, вырабатываемых селектором *R*-зубца в норме. Частота импульсов заполнения пачки выбирается в пределах 800-1200 Гц, что обеспечивает надежность приема и переработки звуковой информации о ритме сердечных сокращений плода.

Если сигнал с электрогистерографического канала матери пропал, то на сумматор 8 будут поступать только сигналы со второго выхода эхокардиографического канала плода в виде кратковременных импульсов (акустические щелчки). Эти сигналы поступают на второй вход первого сумматора 1 блока тревожной сигнализации, на первый вход которого поступает информация со второго выхода электрокардиографического канала плода.

Таким образом, в работе обоснована актуальность введения в структуру акушерского монитора блока тревожной сигнализации, построенного на принципах комплексной обработки потока первичных сигналов о состоянии физиологических систем роженицы. Представлен вариант структурной реализации блока тревожной сигнализации, отличающийся использованием элементов логики и пороговых устройств для формирования интегральных оценок параметров состояния системы «мать-плод».

Список литературы:

1. *Пушкова А.С., Порунов А.А., Сафаутдинова Г.Ф.* Анализ и обоснование варианта построения акушерского монитора с блоком интегральной сигнализации. Биомедсистемы – 2014. XXVII Все-

российская НТК студентов, молодых ученых и специалистов. Материалы конференции. Рязань: Изд-во РГРТУ, 2014. – С. 154-157.

2. *Пушкова А.С., Порунов А.А., Тюрина М.М.* Аналитическое обоснование состава и структуры многоканальной системы автоматизированного мониторинга процессов родовспоможения. //Sciences of Europe (Прага), Vol 2. – №6, 2016. – С.42-44.

3. Патент на полезную модель РФ № 144038 «Устройство контроля и прогнозирования состояния системы «мать-плод» в процессе родовспоможения»/Авт. Порунов А.А., Пушкова А.С., Тюрина М.М. бюл. № 22, 2014.

PECULIARITIES OF BUILDING ALARM SIGNALING OF OBSTETRIC MONITOR ON THE BASIS OF QUORING OF PRIMARY INFORMATIVE SIGNALS

Abdrakhimova D.
Supervisor: A. Porunov, Candidate of Technical Sciences, Professor
M. Tyurina, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

In the work, the urgency of introducing an alarm unit into the structure of the obstetric monitor is based on the principles of complex processing of the primary signal flow about the state of the physiological systems of the parturient. A variant of the structural implementation of the alarm unit is presented.

УДК 629.735.45:551.53

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕКТОРА ВЕТРА НА СТОЯНКЕ ВЕРТОЛЕТА

Арискин Е.О., Глушкова Н.В.
Научный руководитель: А.В. Никитин, к.т.н., ст. преподаватель
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Приведен анализ и пути снижения погрешностей системы измерения параметров вектора ветра на стоянке вертолета, построенной на основе неподвижного комбинированного аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта.

В различных отраслях промышленности, в военных и других целях широкое применение находят вертолеты различных классов и назначения. На стоянке, при рулении и маневрировании по земной поверхности (стартовые режимы), на этапах взлета и посадки, снижения, висения и на ряде полетных режимах для выполнения требований, регламентированных Руководством по летной эксплуатации (РЛЭ) вертолета, и предотвращения авиационных происшествий необходима информация о текущем значении скорости и угла направления вектора ветра относительно продольной оси вертолета, давлении, плотности и других параметрах атмосферы [1-3].

Измерение параметров вектора ветра на указанных режимах ограничивается значительными аэродинамическими возмущениями, вносимыми вихревой колонной несущего винта и турбулентной атмосферой, что определяет необходимость создания бортовых систем, максимально учитывающих специфику аэродинамики и динамики движения вертолета на всех этапах полета.

Учитывая специфику аэродинамики вертолета на стоянке, стартовых и взлетно-посадочных режимах, предложено для определения параметров вектора ветра использовать информацию аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта, а ее восприя-

тие осуществить с помощью неподвижного комбинированного аэрометрического приемника[4].

Бортовой системе измерения параметров вектора ветра, построенной на основе неподвижного комбинированного аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта, как и многим авиационным приборам и информационно-измерительным системам, свойственны систематические и случайные погрешности, которые можно разделить на методические и инструментальные, статические и динамические.

Методические погрешности бортовой системе измерения параметров вектора ветра связаны с неадекватностью используемых алгоритмов формирования и обработки первичной аэрометрической информации, воспринимаемой неподвижным комбинированным аэрометрическим приемником. Для уменьшения методических погрешностей на этапе опытно-конструкторских работ по результатам натурных испытаний опытных образцов бортовой системы измерения параметров вектора ветра на конкретном типе вертолета и для конкретного места установки неподвижного комбинированного аэрометрического приемника производится уточнение алгоритмов вычисления скорости и направления ветра, в том числе с учетом отражения результирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта от фюзеляжа и земную поверхность.

Инструментальные погрешности бортовой системы измерения параметров вектора ветра связаны в основном с качеством изготовления неподвижного комбинированного аэрометрического приемника, а также с погрешностями каналов преобразования (датчиков) первичных аэрометрических информативных сигналов и неточностью реализации алгоритмов обработки в вычислителе.

На стоянке до запуска силовой установки, когда несущий винт вертолета не раскручен, инструментальные погрешности измерения параметров вектора скорости ветра $\overline{W}$ определяются точностью восприятия первичных информативных сигналов (давлений) неподвижным многоканальным проточным аэрометрическим приемником обусловлены, в основном, неидентичностью повторяющихся в осевом направлении секций многоканального АМП, состоящих из проточных каналов, с расположенными в них трубками

полного давления, а также погрешностями преобразования воспринимаемых давлений $P_i, P_{\text{ан}}, P_{\text{ав}}, P_{\text{ст}}$ в электрические сигналы, погрешностями каналов их аналого-цифрового преобразования и обработки в вычислителе системы.

При допущении о некоррелированности составляющих среднеквадратическое значение инструментальной погрешности измерения величины скорости ветра на стоянке до запуска силовой установки можно оценить выражением

$$\sigma_{\Delta W} = \sqrt{\frac{1}{\rho_{H_0}^2}\left(\sigma_{\Delta P_{i\max}}^2 + \sigma_{\Delta P_{H_0}}^2\right) + \left[\frac{1}{\rho_{H_0} T_{H_0}}\left(P_{i\max} - P_{H_0}\right)\right]^2 \sigma_{\Delta T_{H_0}}^2 + \sigma_{\text{обр}}^2} =$$

$$= \frac{1}{\rho_{H_0}^2}\sigma_{\Delta P_{i\max}}^2 + \frac{1}{\rho_{H_0}^2}\sigma_{\Delta P_{H_0}}^2 + \left[\frac{P_0 T_0\left(P_{i\max} - P_{H_0}\right)}{P_{H_0} T_{H_0}^2}\right]\sigma_{\Delta T_{H_0}}^2 + \sigma_{\text{обр}}^2,, \qquad (1)$$

где $\sigma_{\Delta P_{i\max}}$, $\sigma_{\Delta P_{H_0}}$, $\sigma_{\Delta T_{H_0}}$ и $\sigma_{\text{обр}}$ – среднеквадратические значения инструментальных погрешностей определения информативных параметров $P_{i\max}$, P_{H0} и T_{H0} и погрешности канала аналого-цифрового преобразования и обработки информации;

На погрешность определения $P_{i\max}$, а также на погрешность измерения угла направления вектора ветра существенное влияние оказывает технологический разброс углового положения трубок полного давления.

Для оценки влияния углового положения трубок полного давления на погрешность измерения величины и направления вектора ветра рассмотрим аналитическую модель угловых характеристик двух соседних трубок (рис. 1), в виде семейства функций $f(\cos(\beta 0, d, \Delta\beta))$, зависящих от параметров установки трубок полного давления неподвижного многоканального проточного аэрометрического приемника (АМП).

Абсолютную погрешность измерения угла ψ направления ветра на стоянке до запуска силовой установки из-за разброса углового положения приемных трубок АМП можно оценить

$$\Delta\psi = \frac{\bar{p}_{i-1}(d, \beta_0)}{\bar{p}_i(\beta_0)} - \frac{\bar{p}_{i-1}(\beta_0)}{\bar{p}_i(\beta_0)}, \qquad (2)$$

где $\bar{p}_{i-1}(d,\beta_0)=\frac{P_{i-1}(d,\beta_0)}{P_{i\max}}=\cos\left(\frac{\pi}{4}+\frac{\pi}{180}d-\frac{\pi}{180}\beta_0\right)$ – относительная угловая характеристика *i*-1 трубки полного давления; $\bar{p}_i(\beta_0)=\frac{P_{i-1}(\beta_0)}{P_{i\max}}=\cos\left(\frac{\pi}{180}\beta_0\right)$ – относительная угловая характеристика *i* трубки полного давления; β_0 – угол отклонения трубки полного давления от положения, соответствующему точке максимума ее угловой характеристики, изменяющийся в пределах $\beta_0 = \psi_0/2$, где $\psi_0=360°/2n$; *n* – число трубок полного давления; *d* – угловая погрешность установки трубки; $\Delta\psi$ – абсолютная погрешность измерения направления вектора ветра из-за от неточности задания углового положения осей приемных трубок многоканального проточного многоканального проточного АМП.

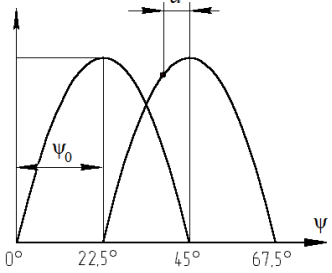


Рис. 1 – Графическое представление угловых характеристик соседних приемных трубок неподвижного многоканального проточного аэрометрического приемника

Относительную погрешность измерения скорости ветра *W* от неточности задания углового положения осей приемных трубок АМП можно оценить соотношением

$$\delta W=\frac{p_i(\beta_0,d)-p_{i0}(\beta_0)}{p_{i0}(\beta_0)} \qquad (3)$$

где $\bar{p}_{i0}(\beta_0)=\frac{1}{\cos\beta}$ – номинальная относительная угловая характеристика трубки полного давления; $p_i(\beta_0)=\frac{1}{\cos(\beta_0-d)}$ –реальная относительная угловая характеристика трубки полного давления; δW–

относительная погрешность измерения модуля вектора скорости ветра в зависимости от неточности задания углового положения осей трубок полного давления.

Анализ зависимостей (2) и (3) свидетельствуют о том, что при малых значениях угла β_0 погрешность $\Delta\psi$ определения направления ветра, обусловленная неточным расположением трубок полного давления неподвижного многоканального проточного АМП, имеет наибольшее значение, а аналогичная погрешность δW определения величины скорости ветра – имеет наименьшее значение. Другой причиной инструментальной погрешности бортовой системы измерения параметров вектора ветра на стоянке до запуска силовой установки являются погрешности используемых датчиков первичной аэрометрической информации.

Причинами собственных динамических погрешностей измерительных каналов системы являются инерционность каналов передачи давлений от неподвижного комбинированного аэрометрического приемника ко входам пневмоэлектрических преобразователей (датчиков) давлений и перепадов давлений, а также динамическими свойствами датчиков.

Вынужденные динамические погрешности измерительных каналов бортовой системы измерения параметров вектора ветра обусловливаются внутренними шумами и внешними воздействиями – возмущениями воздушных потоков, набегающих на неподвижный многоканальный проточный аэрометрический приемник и на неподвижный сферический или полусферический приемник.

На стоянке до запуска силовой установки вынужденные динамические погрешности измерительных каналов измерения параметров вектора ветра обусловлены, в основном, турбулентностью атмосферы в зоне стоянки.

Снижение вынужденных динамических погрешностей измерительных каналов бортовой системы измерения параметров вектора ветра возможно за счет фильтрации флуктуаций воздушного потока вихревой колонны несущего винта. Аналогичный подход можно использовать и для снижения влияния турбулентности атмосферы.

Таким образом, проведенный анализ составляющих погрешностей системы измерения параметров вектора ветра на основе неподвижного комбинированного аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта позволяют обосновать требования к точности измерения параметров, входящих в алгоритмы вычисления, на стоянке вертолета.

Список литературы

1. *Соколов Ю.Г.* Применение вертолетов с авианесущих кораблей. М.: Воениздат. – 1989. – 180 с.

2. *Ерусалимский М.А., Егоров В.Н.* Экипажам вертолетов – информационную поддержку // Авиасоюз. –2011. – №2(35). – С.24–25.

3. Нормы летной годности гражданских вертолетов, НЛГВ. М.: ЦАГИ. – 1987. – 350 с.

Никитин А.В. Алгоритмы работы каналов бортовой системы измерения параметров вектора ветра на стоянке и взлетно-посадочных режимах // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». – 2013. – №2. – С.124-134.

ERRORS ANALYSIS OF MEASURING SYSTEM OF PARAMETERS OF THE WIND VECTOR IN PARKING HELICOPTER

Ariskin E., Glushkova N.
Supervisor: A. Nikitin, Candidate of Engineering Sciences,
Master Teacher
(*Kazan National Research Technical University*
named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan)

The analysis and ways to reduce of errors in measuring system of parameters of the wind vector in parking of helicopter based on the stationary combined aerometric receiver and information of aerodynamic field of vortex column of main rotor.

УДК 629.735.45:551.53

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА БОРТУ ВОЗДУШНОГО СУДНА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВЕКТОРА ВЕТРА

Арискин Е.О., Лисин Р.А., Миннебаев М.Р.
Научный руководитель: В.М. Солдаткин, д.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Рассмотрен ультразвуковой метод измерения составляющих вектора ветра на борту воздушного судна. Предлагается пример использования метеостанции на базе ультразвукового анемометра и перспективы его реализации в бортовых средствах измерения составляющих вектора ветра и вектора истинной воздушной скорости и связанных с ними параметров.

Задача контроля скоростей, углов направления и других параметров воздушных потоков актуальна в метеорологии и расходометрии, авиации и энергетике, экологии и других областях [1-5]. Это определяет непрерывное повышение требований к их техническим характеристикам: диапазонам измерения, надёжности, чувствительности, быстродействию и др. В ряде случаев этим требованиям не всегда удовлетворяют приборы, основанные на использовании традиционных методов измерения: тепловой, тахометрический, аэродинамический и вихревой [2-5]. Весьма перспективным при решении ряда задач может оказаться ультразвуковой метод [2,6], имеющий ряд преимуществ: не вносит аэродинамических возмущений в контролируемый воздушный поток, обладает повышенной надежностью из-за отсутствия подвижных элементов, чисто электронная цепь измерительного преобразования и обработки сигналов, низкое энергопотребление. Это определяет целесообразность анализа особенностей реализации и технических возможностей ультразвукового метода применительно к задаче контроля параметров воздушных потоков.

Ультразвуковой метод основан на использовании для целей измерения скорости распространения акустических колебаний

в воздушной среде от скорости и направления ее движения относительно траектории распространения ультразвуковой волны.

Рассмотрим особенности реализации ультразвукового метода измерения расхода [6]. В этом случае измерение расхода сводится к измерению разности времени излучения и приема ультразвуковых сигналов, разности фаз или разности частот излучаемых и принимаемых сигналов.

Если в контролируемом воздушном потоке разместить два совмещенных излучателя – приемника ультразвуковых колебаний, каждый из которых поочередно работает в режиме излучения и приема, то время прохождения звукового колебания в направлении потока будет определяться соотношением $t_1 = \frac{L}{a+V}$, где L – расстояние между приемником и излучателем; a – скорость звука в воздухе; V – скорость движения воздушного потока.

При движении ультразвуковых колебаний встречно воздушному потоку, время прохождения звука будет равно $t_1 = \frac{L}{a-V}$. Тогда контролируемая скорость V будет определяться выражением вида $V = \frac{t_2 - t_1}{2La^2}$.

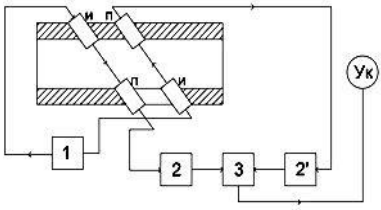
При этом интервал времени $\Delta t=t_2-t_1$, по которому определяется скорость V, будет равен $\Delta t=2LV/a^2$ и определяет выбор конструктивных параметров при реализации ультразвукового измерителя скорости воздушных потоков по времени прохождений ультразвуковых колебаний от излучателя до приемника. Например, при L=0,1 м, a=340,3 м/с и V=10 м/с, интервал времени $\Delta t=1{,}7\cdot10^{-5}$ с. Измерение таких интервалов времени является непростой технической задачей, что ограничивает применение таких время – импульсных ультразвуковых измерителей. как видно из выражения (2), выходной сигнал время – импульсных ультразвуковых измерителей зависит от температуры T контролируемого воздушного потока, так как скорость звука $a = \sqrt{kgRT}$, где k – показатель адиабаты воздуха; g – ускорение свободного падения; R – газовая постоянная.

Для оценки возможностей ультразвукового метода при контроле разности фаз рассмотрим двухконтурную схему ультразвукового фазового расходомера воздуха через трубопровод, принципиальная схема которого приведена на рис. 1 а [6].

Для ультразвуковых сигналов, направленных по потоку и против него, интенсивности звуковых колебаний J_1 и J_2 будут определяться соотношениями $J_1 = \omega L(a + V\cos\theta)$; $J_2 = \omega L(a - V\cos\theta)$; где θ – угол наклона луча траектории распространения ультразвуковых колебаний по отношению к оси трубопровода.

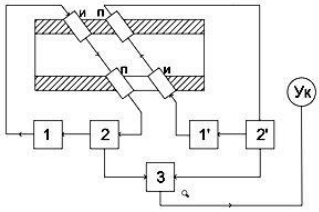
Тогда разность фаз, измеряемая фазометром 3 (рис.1,а), будет определяться выражением $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \dfrac{2\omega LV\cos\theta}{a^2}$.

Для оценки возможностей фазового ультразвукового расходомера определим разность фаз при L=0,1 м, V=10 м/с, a=340,3 м/с, θ=45°, $\omega = 2\pi f$, $f = 2 \cdot 10^4$ Гц. Подставляя численные значения, получим $\Delta\varphi$=5,7 рад, что достаточно просто измеряется фазометром.



а)

1-генератор; 2, 2’ – усилитли;
3 – фазометр; Ук – указатель;
И, П – излучатель и приемник.



б)

1, 1’ – генераторы; 2, 2’ – усилители;
3 – смеситель; Ук – указатель;
И, П – излучатель и приемник.

Рис. 1 – Принципиальные схемы фазового (а) и частотного (б) ультразвуковых расходомеров

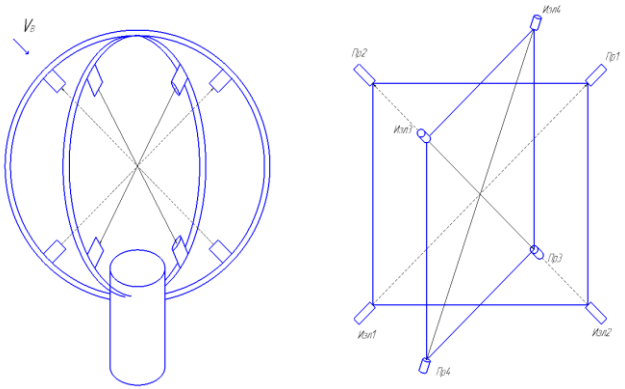
Однако, как видно из выражения (3), выходной сигнал фазовых ультразвуковых измерителей также зависит от температуры контролируемого воздушного потока.

Для оценки возможностей ультразвукового метода при реализации частотного расходомера, рассмотрим схему, приведенную на рис. 1,б.

В частотном расходомере время распространения звука от излучателя И к приемнику П по потоку и против него соответственно будут определяться как $t_1 = L(a+V\cos\theta)$; $t_2 = L(a-V\cos\theta)$;

Значениям времени t_1 и t_2 соответствуют частоты повторения импульсов $f_1=1/t_1$, $f_2=1/t_2$. Разность частот, получаемая на выходе смесителя 3 (рис. 1,б), будет определяться соотношением $\Delta f = \dfrac{2V\cos\theta}{L}$. При параметрах расходомера L=0,1 м, θ=45°, получим Δf=104 Гц, причем выходной частотный сигнал не зависит от скорости звука и, следовательно, от температуры воздушного потока, что является достоинством частотных ультразвуковых измерителей.

Рассмотрим примеры реализации ультразвукового метода для контроля параметров пространственных воздушных потоков. Характерным примером использования ультразвукового метода для контроля параметров вектора ветра является автоматическая метеостанция АМК – 03[7]. Основным элементом метеостанции является ультразвуковой анемометр, внешний вид, акустическая и структурная схемы которого показаны на рис. 2.



а) б)

Рис. 2 – Ультразвуковой анемометр автоматической метеостанции АМК – 03: внешний вид (а); расположение приемников и излучателей (б).

Ультразвуковой анемометр (рис. 2, а) представляет собой сферическую конструкцию, выполненную в виде двух ортогональных трубчатых колец. На трубчатых кольцах закреплены восемь ультразвуковых пьезокерамических преобразователей, образующих четыре пары излучателей Изл. И приемников Пр. (рис 2, б), которые располагаются в противоположных вершинах куба, охватываемого сферической конструкцией, на одинаковом расстоянии $L_i=L$ друг от друга. Такая конструкция обладает повышенной механической жесткостью в сочетании с хорошей «ветровой прозрачностью» и устойчивостью к воздействию ударных и вибрационных нагрузок.

Рассмотренные особенности работы и приведенный пример реализации системы измерения вектора ветра свидетельствуют о широких технических возможностях и областей применения ультразвукового метода, определяют перспективы его реализации в бортовых средствах измерения составляющих вектора ветра и вектора истинной воздушной скорости и связанных с ними параметров.

Список литературы:

1. *Богомолов В.Ю., Богушевич А.Я., Гордов Е.П. и др.* Информационно-измерительная система для регионального мониторинга и прогноза опасных метеорологических явлений // Оптика атмосферы и океана.2001.Т24. №1. С.52-59.

2. *Кремлевский П.П.* Расходомеры и счетчики количества: Л.: Машиностроение, 1975. 776 с.

3. *Петунин А.Н.* Методы и техника измерения параметров газовых потоков: М.: Машиностроение, 1972. 332 с.

4. *Горлин С.М.* Экспериментальная аэромеханика. М: Высшая школа, 1970. 423 с.

5. *Солдаткин В.М.* Методы и средства измерения аэродинамических углов летательных аппаратов. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2001. 448 с.

6. *Боднер В.А.* Приборы первичной информации. М.: Машиностроение, 1981. 344 с.

7. *Азбукин А.А., Богушевич А.Я., Коблев А.А. и др.* Автомати-

ческие метеостанции АМК-03 и их модификации // Датчики и системы. 2012. №3. С. 47-52

THE USE OF ULTRASONIC TRANSDUCERS ON AN AIRCRAFT TO MEASURE COMPONENTS OF THE WIND VECTOR

Ariskin, E., Lisin R., Minnebaev M.
Supervisor: V. Soldatkin, Doctor of Technical Sciences, Professor
(*Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan*)

Considered ultrasonic method of measuring the components of the wind vector on-board an aircraft. An example of using weather stations on the basis of ultrasonic anemometer model and the prospects for its implementation in on-board means of measuring the components of the wind vector and of the vector of the true air speed and associated parameters.

УДК 621.694.31

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ МАССОВОГО РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ

Бахтиозин Р.Р., Кораблев А.М.
Научный руководитель: С.В. Смирнова, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлен аналитический обзор, существующих методов измерения воды, представлена структурная схема разрабатываемого прибора.

Известно, что экономия какого-либо ресурса тесно связана с информационным контролем над его потреблением. Однако, зачастую счетчики воды чаще всего устанавливаются в труднодоступных местах, где контроль показаний счетчика является затруднительным. Существующая практика эксплуатации закрытой системы централизованного горячего водоснабжения устанавливает в качестве товарной единицы при коммерческих расчетах между потребителем и энергоснабжающей организацией физический объем потребляемой горячей воды (без учета ее температуры)[2]. Актуальной становится тема создания и внедрение системы контроля за квартирными энергоресурсами с возможностью дистанционного съема информации о расходе горячей воды и возможностью дистанционно оценивать прошедшей через измеритель объем горячей воды в зависимости от ее реальной температуры.

Подобные системы контроля являются экономичным средством для получения подробной информации о расходе энергоресурсов, позволяя ценообразующим организациям вводить дифференцированные тарифы на потребление в зависимости от времени суток и времени года и проводить мониторинг потребления и, следовательно, управлять потреблением, снижая излишний расход ресурсов [3].

Исходя из материалов патенто-информационного поиска, проводившегося по тематике расходометрии горячей воды, для из-

мерения количества израсходованной горячей воды используются следующие методы измерения, представленные в таблице 1.

Таблица 1.

Виды расходомеров-счетчиков	Тип чувствительного элемента	Диапазон измерения м3/ч	Погрешность измерения %
Вихревые	Тело обтекания; вихревая камера	100 - 6500	±(1,5-2)
Ультразвуковые	Генератор-приемник разделенные; генератор-приемник совмещенные	0,16-25	±1,5
Переменного перепада давления	Диафрагма; сопло; труба Вентури; несимметричные гидросопротивления	0,12 - 400	±2
Электромагнит-ные	Силовые линии магнитного поля	0,30-75	±1,5
Тахометрические	Турбинка аксиальная; турбинка тангенциальная; шарик	3 - 15	±(1)

В квартирах и домах используются трубопроводы небольших диаметров, следует заметить, что трубопровод не обладает протяженным участками. Анализ методов и средств измерения жидкостей показал, что для разработки бытового счетчика горячей применимы турбинные счетчики крыльчатого типа.

Турбинные расходомеры имеют существенно меньшие габаритные размеры и массу, а их производительность, которая характеризуется максимальным измеряемым расходом

В результате данной работы была разработана структурная схема счетчика горячей воды. На рис. 1. приведена упрощенная структурно схема счетчика горячей воды, который включает первичный преобразователь расхода воды по объему G_V в частоту вращения турбинки ω; вторичный преобразователь частоты вращения турбинки в электрический частотный сигнал f. Вторичный преобразователь устроен следующим образом: на турбинке размещены постоянные магниты, которые воздействуя на контакты геркона, периодически замыкают их и передают электроимпульсы пропорциональные потребленному объему воды в логико-арифметическую часть микроконтроллера. На выходе микроконтроллера получим значение отражающее суммарное количество израсходованной жидкости или ее мгновенный расход Q. Эта информация, через радиомодем, подается на выносной модуль индикации. Так же расходомер будет иметь цифровой формат выходных данных.

Модуль индикации будет оснащен радиомодемом для приема информации от счетчика. Показания счетчика будут отображаться на жидкокристаллическом индикаторе. Счетчик будет работать в системе автоматизированного контроля информации по необходимым услугам или в автономном устройстве с вынесенным за пределы квартир повторителем показаний.

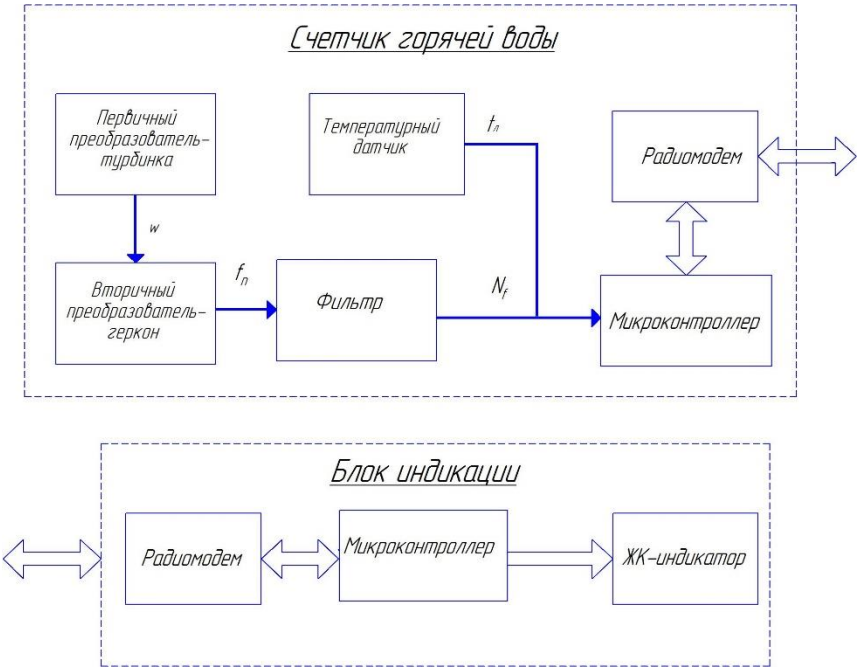


Рис. 1. Система контроля массового расхода и количества потребляемой горячей воды.

В данной научной работе проведено исследование существующих приборов для измерения горячей воды по материалам патентно-информационного поиска. Выбрана и обоснована структурная схема для измерения расхода горячей воды.

Список литературы:

1. *Кремлевский П.П.* Расходомеры и счетчики количества веществ: Справочник: Кн. 2 / Под общ. ред. Е. А. Шорникова. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2004. — 412 с.

2. Патент на полезную модель №: 136154 http://bankpatentov.ru/node/561879

MASS FLOW CONTROL SYSTEM AND QUANTITY OF HOT WATER CONSUMED

Bakhtiozin R. Korablev A.
Supervisor: S. Smirnova, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The analytical review of existing water measurement methods, a block diagram of the developed device.

УДК 621.694.31

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДЛЯ ТУРБИННОГО РАСХОДОМЕРА

Кораблев А.М, Бахтиозин Р.Р.
Научный руководитель: С.В. Смирнова, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье представлено обоснование выбора преобразователя частоты вращения для турбинного расходомера.

При разработке турбинного счетчика-расходомера газа одним из главный конструктивных вопросов является выбор преобразователя частоты вращения турбинки. Обоснование выбора преобразователя зависит от следующих моментов: связана ли ось через редуктор с счетным механизмом, погрешность измерения, энергопотребление, расположения турбинки.

От выбора съема информации с турбинки (через редуктор или тахометрический преобразователь) зависит погрешность измерения счетика- расходомера: 2% при связи вала с редуктором, 0.5% при использовании тахометрического преобразователя.[1]

Существует три типа расположения (подвески) турбинки: без оси, на валу, на струне.

Нет оси, значит нет механического трения в подвеске, что предполагает долгий срок службы, минимальное изменение характеристик расходомера со временем. При выборе между струной и валом возникают следующие соображения.

Достоинствами в варианте расположения турбинки на струне являются: облегченная работа турбинки на двух камнеподшипниках, легко организовать ограничение хода турбинки по струне при помощи керна и низкий порог трогания. Но присутствует и существенный недостаток: колебания струны вследствие дисбаланса турбинки и ослабления натяжения оси, из-за нагрева оси-струны. Также как и в первом случае сложный вопрос съема сигнала, хотя возможна реализация емкостного, индуктивного или оптоэлек-

тронного датчика работающего на отраженном световом потоке. По сравнению со струной у вала не будет упругих колебаний, легче организовать съем сигнала, хотя оказывается более сложной организация упора турбинки. Для случая вал-ось укажем два варианта реализации: вал с цапфами и с кернами. Наличие зазоров между керном и подшипником вызывает сильные колебания турбинного узла. При использование цапф этого не происходит. Вследствие указанных выше причин выбираем вал в качестве оси нашей турбинки.

Ограничимся при выборе, типа преобразователя частоты вращения турбинки рассмотрением индуктивных, индукционных, оптоэлектронных преобразователей, герконовых. Индукционный преобразователь прост, имеет хороший выходной сигнал, но его главный недостаток – значительный тормозящий момент преобразователя, возникающий из-за взаимодействия магнитиков, установленных на турбинке, с магнитной арматурой и с токами катушки датчика. К тому же в емкостном преобразователе сложно решить вопрос организации «ждущего» режима работы.

Хороший вариант-применение оптоэлектронного преобразователя работающего на отраженном турбинкой излучении, позволяющего легко реализовать «ждущий» режим, получить хороший сигнал, причем оптопара и модулятор должны быть расположены внутри кожуха расходомера, где очень мало фоновое излучение и нет доступа для «умелых» рук. Но оптоэлектронный преобразователь имеет ряд очень серьёзных недостатков: Во-первых, оптрон потребляет большое количество энергии, и поэтому его использование практически не возможно в автономных приборах, питание которых производится от портативных источников питания. Во вторых, датчик будет использоваться в неблагоприятных условиях, а именно в среде природного газа. Примеси, содержащиеся в природном газе будут отлагаться на оптроне, тем самым приводя прибор в нерабочее состояние [2]

Лучшим решением является геркон. Геркон имеет следующие достоинства: полная герметизация контакта позволяет их использовать герконовые реле в различных условиях влажности, запыленности; простота конструкции, малая масса и габариты, высо-

кое быстродействие, что позволяет использовать герконовые реле при высокой частоте коммутаций. Так же он практически не потребляет энергии. Это дает нам возможность создать автономный прибор.

Список литературы:

1. *Кремлевский П.П.* Расходомеры и счетчики количества: 4-е изд., перераб. и доп.- Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1989. С-260.
2. https://ru.wikipedia.org/wiki

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE SPEED CONVERTER FOR THE TURBINE FLOWMETER

Korablev A., Bakhtiozin R.
Supervisor: Smirnova S., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

This article presents the rational for choosing a speed converter for a turbine flow-meter.

УДК 621.315.615.2

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕФТЯНЫХ МАСЕЛ В БАКАХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Борминский С.А., Паршина А.В., Пирогова А.А.
(Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, г. Самара)

Рассматриваются методы контроля качества трансформаторных масел, используемых в электрооборудовании. Приводится описание установки, позволяющей производить непрерывные измерения пробивного напряжения, температуры и диэлектрической проницаемости нефтяных масел.

Безопасность работы трансформатора определяется не только исправностью его элементов, но и соответствием параметров жидкого нефтяного масла, используемого для отведения теплоты, необходимым требованиям. Высокая вероятность пробоя и повреждения электрооборудования, связанного с естественным ухудшением характеристик трансформаторного масла, говорит об актуальности проблемы организации контроля параметров масла в процессе эксплуатации трансформатора.

Необходимость контроля качества трансформаторных масел обусловлена стремлением продлить срок службы как самого масла, так и силового трансформатора. Причем измерения параметров масла должны проводиться как можно чаще, так как своевременное выявление изменений показателей качества трансформаторного масла позволит предотвратить их ухудшение до критических значений и частично или полностью восстановить свойства масла путем проведения мероприятий по очистке и регенерации, а также определить наличие и характер неисправностей элементов трансформатора. В связи с этим целью работы является разработка методов и устройств оперативного контроля параметров трансформаторного масла.

Требования, предъявляемые к качеству трансформаторного масла, представляют собой перечень показателей, значения которых для нефтяных масел различных марок установлены [1]. К основным показателям качества трансформаторных масел при их эксплуатации в электрооборудовании, по которым они подвергаются лабораторным испытаниям, относятся пробивное напряжение, влагосодержание, содержание механических примесей и др.

Измерение значений указанных показателей осуществляется при помощи специальных приборов, принцип работы которых основан на различных методиках, причем для определения конкретного параметра масла используется отдельный прибор.

Измерение пробивного напряжения трансформаторного масла при частоте 50 Гц производится в соответствии с ГОСТ 6581-75. Данный метод измерения заключается в испытании подготовленной пробы масла высоким напряжением с его плавным повышением до образования устойчивого пробоя. Большинство приборов, работающих по этому принципу и используемых в России, имеют значительные габариты, а также высокую стоимость.

Определение массовой доли влаги осуществляется на практике тремя способами:

– кулонометрическим титрованием реактивом Карла Фишера (содержание воды определяется как общее количество тока, прошедшее через кулонометрическую ячейку [2]),

– диэлькометрическим методом (метод основан на измерении зависимости диэлектрической проницаемости эмульсии от содержания воды [3]),

– методом извлечения влаги из точно дозированной пробы масла сухим газом-носителем в десорбционной колонке и последующего ее электролиза в кулонометрическом чувствительном элементе.

Наиболее распространенным методом ввиду оперативности и простоты процедуры контроля [4] является кулонометрическое титрование реактивом Карла Фишера. Устройства, позволяющие измерять массовую долю влаги в масле, более транспортабельны по сравнению с установками для измерения пробивного напряжения, но так же дорогостоящи.

Определение наличия в трансформаторном масле механических примесей и частиц волокнистой изоляции осуществляется фотоэлектрическими анализаторами загрязнений по принципу измерения световых потоков, рассеянных частицами загрязнений [5]. Анализаторы также устанавливают класс промышленной чистоты жидкости в соответствии с ГОСТ 17216-2001 или ISO 4406, некоторые приборы способны вести подсчет твердых частиц в квазипотоке в процессе очистки масла. Основными недостатками устройств являются высокая стоимость и высокая погрешность измерения.

Главным недостатком для применяемых методов и приборов измерения параметров трансформаторных масел, является необходимость проведения пробоотбора, влекущая за собой значительные затраты, связанные с перерывом в работе электрооборудования, а также с необходимостью обустройства лабораторий для проведения анализа состояния масел. Для снижения описанных издержек предлагается рассмотреть возможность организации непрерывных измерений значений показателей качества нефтяного масла непосредственно в процессе эксплуатации трансформатора. Для этого предлагается использовать устройство, структурная схема которого представлена на рисунке 1.

В полости бака трансформатора установлены электроды для измерения пробивного напряжения, температурный датчик в непосредственной близости к электродам, а также цилиндрический конденсатор. Для изготовления электродов используются металлы, устойчивые к коррозии, вызываемой контактом с жидкой масляной средой, и не оказывающей каталитического воздействия (окисления) на контролируемое масло.

Генератор и формирователь импульсов при поступлении сигнала устройства управления посылают электрические импульсы с заданными формой, амплитудой, частотой и длительностью на первичную обмотку трансформатора Т1. К его вторичной высоковольтной обмотке подключена нагрузка в виде электродов, эквивалентное сопротивление между которыми определяется характеристиками масла в полости бака. Выходные параметры сигнала на высоковольтной обмотке трансформатора отразятся на напряжении

дополнительной обмотки и будут зарегистрированы при помощи детектора и отправлены в устройство обработки информации. Посредством формирователя импульсов устройство управления будет плавно изменять параметры сигналов, поступающих на первичную обмотку трансформатора Т1 до момента наступления пробоя между электродами. После возникновения проводящего канала в устройстве обработки информации будут произведены расчет значения напряжения пробоя контролируемого масла и сравнение полученного значения с критическим для данной марки масла, результаты будут отображены на системе индикации. Если величина пробивного напряжения будет находиться в диапазоне критических значений, устройство сообщит пользователю о необходимости приостановки работы трансформатора и замены нефтяного масла. Следует отметить, что электрический пробой осуществляется на расстояниях несколько миллиметров низким током порядка 10мкА, не разрушающим структуру масла.

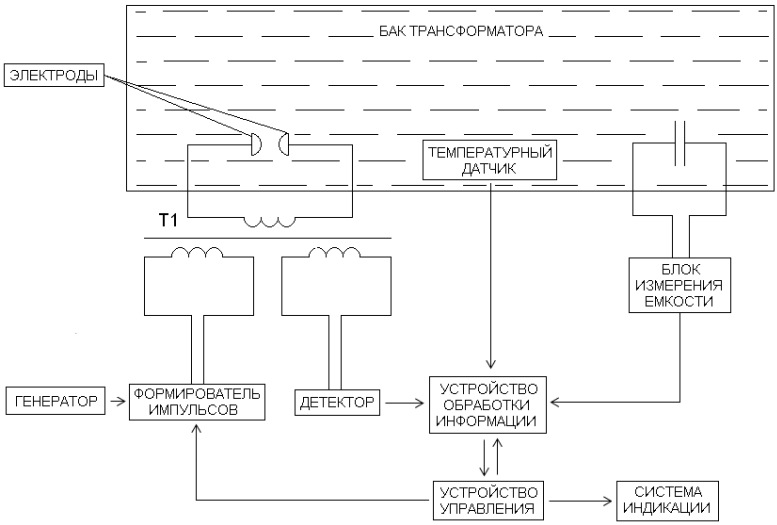


Рис. 1. Структурная схема устройства оперативного контроля эксплуатационных параметров жидких нефтяных масел

Температурный и емкостный датчик необходимы для непрерывного измерения и передачи данных в устройство обработки информации, которое рассчитывает значения диэлектрической проницаемости трансформаторного масла и массовой доли влаги; температуры в месте бака трансформатора, где расположен измерительный конденсатор. Результаты произведенных расчетов будут выведены на систему индикации.

В качестве температурного датчика могут быть использованы термосопротивления серии ТС, например, термосопротивление ТС726, предназначенное для измерения в широком диапазоне температур от −70 до +500°С. Принцип действия термометра сопротивления основан на изменении его электрического сопротивления в зависимости от температуры [6].

Емкостный датчик (рисунок 2) позволяет фиксировать наличие растворенной воды и механических примесей в масле, находящемся между обкладками конденсатора, за счет регистрации изменения емкости испытательного конденсатора, которая зависит от диэлектрической проницаемости среды (диэлектрическая проницаемость воды и твердых частиц значительно выше, чем у трансформаторного масла).



Рис. 2 – Макет емкостного датчика

Описанное устройство позволяет непрерывно контролировать значение пробивного напряжения, характеризующее электроизоляционные свойства масла, а также непосредственно влияющих

на них параметров: температуру среды, концентрацию дисперсной воды и твердых частиц. Таким образом, снижается риск повреждения электрооборудования, уменьшаются затраты, связанные с необходимостью содержания резервных трансформаторов, использования нескольких приборов, измеряющих отдельные параметры масла.

Список литературы:

1. Объем и нормы испытаний электрооборудования [Текст]: РД 34.45-51.300-97: утв. начальником Департамента науки и техники РАО «ЕЭС России» А.П. Берсеневым 08.05.97. – М.: ЭНАС, 2004. – 256 с.

2. Органическая химия. Взгляд из лаборатории [Сайт]. URL: http://orgchemlab.com/index.php/drying/fischer-titration.html (дата обращения 20.04.2017)

3. Нефть и нефтепродукты. Диэлькометрический метод измерения влажности [Текст]: ГОСТ 14203-69. - Введ. 1970.01.01. - М.: Изд-во стандартов, 2000. – 5 с.

4. Энергетика. Оборудование. Документация. [Сайт]. URL: http://forca.ru/stati/podstancii/metody-kontrolya-kachestva-transformatornyh-masel.html (дата обращения 10.12.2016).

5. Анализатор загрязнения жидкостей АЗЖ - 975[Текст]: Руководство по эксплуатации ЭЛДИ.01.175.000-0 РЭ. - Самара, 2005. - 23 с.

6. Терморегуляторы Термодат - промышленные приборы нового поколения для измерения и регулирования температуры [Сайт]. URL: http://termodat.msk.ru/termosoprotivleniya-ts (датаобращения 12.05.2017)

ANALYSIS OF METHODS AND DEVICES USED TO CONTROL QUALITATIVE PARAMETERS OF HYDROCARBON OILS IN THE TRANSFORMER TANKS

Borminsky S., Parshina A., Pirogova A.
(Samara National Research University, Samara)

Methods of quality control of transformer oils used in electrical equipment are considered. The description of the plant, allowing to perform continuous measurement of the breakdown voltage, temperature and the permittivity of hydrocarbon oils, is given.

УДК 615.466

УСТРОЙСТВО ОЦЕНКИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ РАССТРОЙСТВ

Васильева Е.В.
Научный руководитель: М.М. Тюрина к.т.н., ст. преподаватель
А.А. Порунов к.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет-КАИ им. А.Н. Туполева, Казань)

В данной статье предлагается вариант структурного построения устройства оценки нейродегенеративных расстройств, предложены варианты наложения измерительных электродов устройства, рассмотрены особенности функционирования устройства.

Нейродегенеративные нарушения или болезни нервной системы характеризуются медленно протекающим процессов гибели клеток (нейронов) в головном мозге вследствие чего нарушаются связи между его центрами, что находит отражение в двигательных, когнитивных и психических расстройствах. Яркими представителями этого класса патологий служат болезнь Альцгеймера (БА) и Паркинсона (БП) [1], частота встречаемости которых в последние годы неуклонно растет. Так, распространенность БП по миру составляет около 3,5 млн. человек, также наблюдается увеличение числа больных от 15до 20 в год [2].

Нейродегенеративные расстройства делятся на таупатии, к которым относится БА, и синуклеопатии. Эти две группы различны тем, что в их патогенезе учувствуют разные белки. Далее будет рассмотрена только вторая группа заболеваний, среди которых выделяются БП, мультисистемная атрофия, деменция с телами Леви и надъядерный паралич [3]. Все патологии, входящие в группу синуклеопатии, имеют схожую картину проявлений, что значительно затрудняет их дифференциальную диагностику. На сегодняшний день диагнозы с данными заболеваниями ставятся только при наличии моторных нарушений.

Недавно появилась теория, согласно которой патологические

процессы зарождаются задолго до двигательных расстройств [4]. Это означает, что они имеют продромальную стадию, когда признаками заболевания являются немоторные симптомы или предикторы, к которым можно отнести нарушение в работе вегетативной системы, расстройство поведения в фазе сна быстрыми движениями глаз и изменения в сенсорной системе [1]. В связи с этим основной задачей представленной работы является разработка устройства, которое фиксирует наличие предикторов нейродегенеративных заболеваний, а также оценивает степень их выраженности. Применение таких систем позволит проводить раннюю дифференциальную диагностику болезней, принадлежащих к классу синуклеопатии.

В работе предложен вариант концепции построения портативного устройства для оценки нейродегенеративных расстройств, структурная схема которого представлена на рис.1. Рассматриваемое портативное устройство оценки будет способно фиксировать изменения, происходящие в сердечно-сосудистой системе, и поведения в фазе сна с быстрыми движениями глаз [4]. Диагностическая система содержит четыре полисомнографических канала регистрации: электроокулографических (ЭОГ), электроэнцефалографических (ЭЭГ), электрокардиографических (ЭКГ) и электромиографических (ЭМГ) сигналов, которые необходимы для оценки качества сна.

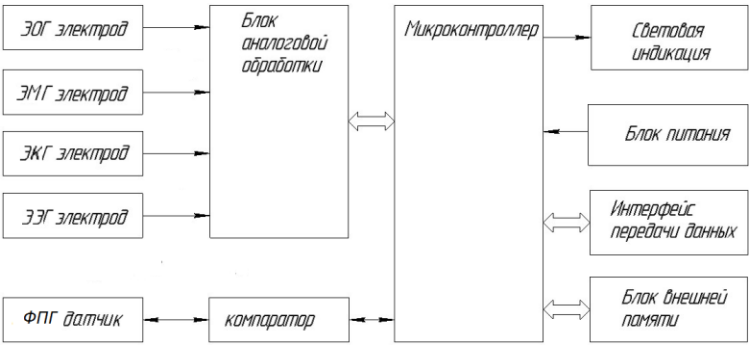


Рис. 1. Структурная схема устройства оценки нейродегенеративных расстройств.

Устройство должно содержать как минимум два электрода (активный, располагаемый над сердцем и опорный) для регистрации ЭКГ сигналов, 4 электрода для обнаружения параметров ЭЭГ канала, два электроокулографических электрода и 3 пары для канала регистрации ЭМГ сигналов.

Для обнаружения патологической активности чувствительные элементы ЭЭГ канала накладываются на лобную и центральную области коры головного мозга, контрольный электрод накладывается на область сосцевидного отростка. Дополнительный электрод, накладывается на затылочную область головы.

Электроды для снятия ЭОГ сигнала должны располагаться в височной области (на уровне наружного кантуса глаз) на один сантиметр выше или ниже идеальной горизонтальной линии, проходящей через глаза.

ЭМГ сигналы будут сниматься с миелоидной мышцей под подбородком больного, с мышц рук (около бицепса или трицепса) и с нижних конечностей, например, вблизи большеберцовой мускулатуры. В каждой области электромиографический сигнал снимается с применением пары электродов.

Для регистрации изменения вариации сердечного ритма в данном устройстве предлагается использовать фотоплетизмографический (ФГП) датчик. Принцип работы такого датчика заключается в том, что он обнаруживает циклические изменения давления в капиллярах на мочке уха или на кончике пальца. ФПГ датчик испускает излучения с помощью фотодиода и регистрирует поглощение кровью инфракрасного света через фоторезистор. От ФПГ датчика поступает треугольный сигнал, который преобразуется в прямоугольную волну компаратором. Такое преобразование сигнала необходимо для ее последующей цифровой обработки.

Для контроля подключения электродов около каждого разъема для подключения электродов (датчиков системы) установлены специальные индикаторы, которые загораются красным цветом в случае отсутствия соединения или превышения значения импеданса чувствительного элемента. Зеленый цвет индикатора обозначает правильное функционирование всех чувствительных элементов.

Сигналы, снимаемые с электродов каждого из четырех полисомнографических каналов, поступают на входы своих дифференциальных усилителей, с выходов которых через аналоговые фильтры сигналы преобразуются в цифровую форму в АЦП. Полученные на данном этапе данные уже можно использовать для диагностики нейродегенеративных заболеваний путем их визуализации без применения компьютерной обработки.

В микроконтроллере происходят следующие процессы: цифровая фильтрация, управление хранением данных во внутренней памяти, а также обработка измеренных сигналов, полученных от датчиков устройства. Кроме того, в устройстве с помощью микроконтроллера, осуществляется управление импедансом, обнаруженном на электродах на этапе их наложения на пациента, для формирования мгновенного сообщения о проверке правильности крепления чувствительных элементов оператору. Эта функция устройства позволит быстро восстановить контакт электрод-кожа для того канала, индикатор которого загорелся красным.

Таким образом, в данной работе рассмотрено устройство оценки нейродегенеративных расстройств, которое можно применять для ранней диагностики БА и БП, путем исследований нарушений в фазе сна с быстрыми движениями глаз и изменениями вариации сердечного ритма, которые являются предикторами этих заболеваний.

Список литературы:

1. *Иллариошкин С.Н.* Ранняя диагностика нейродегенеративных заболеваний.// Журнал Нервы. – №1 – 2008.

2. *Кривонос О.В.* Болезнь Паркинсона: достоверность статистических показателей заболеваемости и смертности в РФ. – Саратовский научно-медицинский журнал. – Вып. 4. – Т.9. – 2013. – С. 863-866.

3. *Евтушенко С.К., Головченко Ю.И., Труфанов Е.А.* Болезнь Паркинсона и паркинсонические синдромы.// Международный неврологический журнал 4 (66). – 2014.

4. Международный пат. №2016055129, МКИ A61B 5/04, A61B 5/02. Устройство для оценки нейродегенеративных расстройств./ Куаттроне Алдо. Заяв.1.05.2015. Опубл. 16.12.2016.

DEVICE FOR THE ESTIMATION OF NEURODEGENERATIVE DISORDERS

Vasil'eva E.
Supervisor: M. Tyurina, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
A. Porunov, Candidate of Technical Sciences, Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

In this article, we propose a variant of the structural construction of the device for the evaluation of neurodegenerative disorders, suggested variants of superposition of the measuring electrodes of the device, and the features of the device functioning.

УДК 629.735.45:551.53

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕКТОРА ВЕТРА НА СТАРТОВЫХ И ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ РЕЖИМАХ ВЕРТОЛЕТА

Габитова Д.М., Дементьев Ю.Н.
Научный руководитель: А.В. Никитин, к.т.н., ст. преподаватель
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Рассмотрены источники погрешностей и пути их уменьшения системы измерения параметров вектора ветра на стартовых и взлетно-посадочных режимах вертолета.

Полеты вертолетов происходят в приземном возмущенном слое атмосферы и для обеспечения безопасности и эффективности полета необходима достоверная информация о барометрической высоте и приборной скорости, составляющих истинной воздушной скорости, о других воздушных сигналов, определяющих положение и движение вертолета относительно окружающей воздушной среды [1-3].

Измерение параметров вектора ветра на стоянке, при рулении и маневрировании по земной поверхности, при взлете, посадке и на режиме висения известными средствами [4, 5] ограничивается значительными аэродинамическими возмущениями, вносимыми вихревой колонной несущего винта и турбулентной атмосферой, что определяет необходимость создания бортовых систем, максимально учитывающих специфику аэродинамики и динамики движения вертолета на всех этапах полета.

Учитывая специфику аэродинамики вертолета на стоянке, стартовых и взлетно-посадочных режимах, предложено для определения параметров вектора ветра использовать информацию аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта, а ее восприятие осуществить с помощью неподвижного комбинированного аэрометрического приемника[6].

Методические погрешности бортовой системе измерения па-

раметров вектора ветра связаны с неадекватностью используемых алгоритмов формирования и обработки первичной аэрометрической информации, воспринимаемой неподвижным комбинированным аэрометрическим приемником. Для уменьшения методических погрешностей на этапе опытно-конструкторских работ по результатам натурных испытаний опытных образцов бортовой системы измерения параметров вектора ветра на конкретном типе вертолета и для конкретного места установки неподвижного комбинированного аэрометрического приемника производится уточнение алгоритмов вычисления скорости и направления ветра, в том числе с учетом отражения результирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта от фюзеляжа и земную поверхность.

Инструментальные погрешности бортовой системы измерения параметров вектора ветра связаны в основном с качеством изготовления неподвижного комбинированного аэрометрического приемника, а также с погрешностями каналов преобразования (датчиков) первичных аэрометрических информативных сигналов и неточностью реализации алгоритмов обработки в вычислителе.

На стоянке при запуске силовой установки и вращении несущего винта инструментальные погрешности измерения параметров вектора ветра определяются технологическим разбросом углов расположения отверстий для восприятия давлений P_1, P_2 и P_3, P_4, определяющих углы φ_1 и φ_2 положения вектора скорости $\overline{V}_\Sigma$ результирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта, а также погрешностями $\Delta\psi_1$ и $\Delta\psi_2$ определения углов φ_1 и φ_2 по перепадам давлений $\Delta P_1=P_1-P_2$ и $\Delta P_2=P_3-P_4$, обусловленными точностью используемых датчиков перепада давлений.

При рулении и маневрировании вертолета по земной поверхности инструментальные погрешности системы измерения параметров вектора ветра зависят также от погрешностей измерения составляющих вектора скорости руления и вектора путевой скорости.

На взлетно-посадочных режимах, т.е. при взлете и снижении, на режиме висения и при посадке вертолета, когда несущий винт раскручен первичную информацию воспринимает неподвижный полусферический приемник, регистрирующий параметры резуль-

тирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта.

На взлетно-посадочных режимах, когда неподвижный комбинированный аэрометрический приемник находится в створе вихревой колонны несущего винта, абсолютная, составляющие V_x, V_y, V_z и величина истинной воздушной скорости $V_{ист}$, углы атаки α и скольжения β, являются функциями многих переменных.

Тогда, соотношения для погрешностей определения величины $V_{ист}$ и составляющих V_x, V_y, V_z, углов атаки α и скольжения β вектора истинной воздушной скорости вертолета в каналах системы измерения параметров вектора ветра на основе неподвижного комбинированного аэрометрического приемника и информации результирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта на взлетно-посадочных режимах в виде:

$$
\begin{aligned}
\Delta V_X &= \frac{\partial V_X}{\partial P_{П\Sigma}}\Delta P_{П\Sigma} + \frac{\partial V_X}{\partial P_{СТ\Sigma}}\Delta P_{СТ\Sigma} + \frac{\partial V_X}{\partial T_{Т\Sigma}} + \frac{\partial V_X}{\partial \varphi_1}\Delta\varphi_1 + \\
&+ \frac{\partial V_X}{\partial \varphi_2}\Delta\varphi_2 + \frac{\partial V_X}{\partial \omega_Y} + \frac{\partial V_X}{\partial \omega_Z} + \Delta_{ОБР}; \\
\Delta V_Y &= \frac{\partial V_Y}{\partial P_{П\Sigma}}\Delta P_{П\Sigma} + \frac{\partial V_Y}{\partial P_{СТ\Sigma}}\Delta P_{СТ\Sigma} + \frac{\partial V_Y}{\partial T_{Т\Sigma}} + \frac{\partial V_Y}{\partial \varphi_1}\Delta\varphi_1 + \\
&+ \frac{\partial V_Y}{\partial \varphi_2}\Delta\varphi_2 + \frac{\partial V_Y}{\partial \omega_X}\Delta\omega_X + \frac{\partial V_Y}{\partial \omega_Z}\Delta\omega_Z + \frac{\partial V_Y}{\partial n_Y}\Delta n_Y + \frac{\partial V_Y}{\partial G}\Delta G + \Delta_{ОБР}; \\
\Delta V_Z &= \frac{\partial V_Z}{\partial P_{П\Sigma}}\Delta P_{П\Sigma} + \frac{\partial V_Z}{\partial P_{СТ\Sigma}}\Delta P_{СТ\Sigma} + \frac{\partial V_Z}{\partial T_{Т\Sigma}}\Delta T_{\Sigma} + \frac{\partial V_Z}{\partial \varphi_1}\Delta\varphi_1 + \\
&+ \frac{\partial V_Y}{\partial \varphi_2}\Delta\varphi_2 + \frac{\partial V_Z}{\partial \omega_X}\Delta\omega_X + \frac{\partial V_Z}{\partial \omega_Y}\Delta\omega_Y + \Delta_{ОБР}; \\
\Delta V_{ист} &= \frac{\partial V_{ист}}{\partial P_{П\Sigma}}\Delta P_{П\Sigma} + \frac{\partial V_{ист}}{\partial P_{СТ\Sigma}}\Delta P_{СТ\Sigma} + \frac{\partial V_{ист}}{\partial T_{Т\Sigma}}\Delta T_{Т\Sigma} + \frac{\partial V_{ист}}{\partial \varphi_1}\Delta\varphi_1 + \frac{\partial V_{ист}}{\partial \varphi_2}\Delta\varphi_2 + \\
&\frac{\partial V_{ист}}{\partial \omega_X}\Delta\omega_X \frac{\partial V_{ист}}{\partial \omega_Y}\Delta\omega_Y + \frac{\partial V_{ист}}{\partial \omega_Z}\Delta\omega_Z + \frac{\partial V_{ист}}{\partial n_Y}\Delta n_Y + \frac{\partial V_{ист}}{\partial G}\Delta G + \Delta_{ОБР};
\end{aligned}
\qquad (4)
$$

$$\Delta\alpha = \frac{\partial\alpha}{\partial P_{\text{ПΣ}}}\Delta P_{\text{ПΣ}} + \frac{\partial\alpha}{\partial P_{\text{СТΣ}}}\Delta P_{\text{СТΣ}} + \frac{\partial\alpha}{\partial T_{\text{ТΣ}}}\Delta T_{\text{ТΣ}} + \frac{\partial\alpha}{\partial\varphi_1}\Delta\varphi_1 + \frac{\partial\alpha}{\partial\varphi_2}\Delta\varphi_2 +$$
$$+ \frac{\partial\alpha}{\partial\omega_X}\Delta\omega_X + \frac{\partial\alpha}{\partial\omega_Y}\Delta\omega_Y + \frac{\partial\alpha}{\partial\omega_Z}\Delta\omega_Z + \frac{\partial\alpha}{\partial n_Y}\Delta n_Y + \frac{\partial\alpha}{\partial G}\Delta G + \Delta_{\text{ОБР}};$$

$$\Delta\beta = \frac{\partial\beta}{\partial P_{\text{ПΣ}}}\Delta P_{\text{ПΣ}} + \frac{\partial\beta}{\partial P_{\text{СТΣ}}}\Delta P_{\text{СТΣ}} + \frac{\partial\beta}{\partial T_{\text{ТΣ}}}\Delta T_{\text{ТΣ}} + \frac{\partial\beta}{\partial\varphi_1}\Delta\varphi_1 + \frac{\partial\beta}{\partial\varphi_2}\Delta\varphi_2 +$$
$$+ \frac{\partial\beta}{\partial\omega_X}\Delta\omega_X + \frac{\partial\beta}{\partial\omega_Y}\Delta\omega_Y + \frac{\partial\beta}{\partial\omega_Z}\Delta\omega_Z + \frac{\partial\beta}{\partial n_Y}\Delta n_Y + \frac{\partial\beta}{\partial G}\Delta G + \Delta_{\text{ОБР}};$$

$$\Delta\varphi_1 = \frac{\partial\varphi_1}{\partial P_1}\Delta P_1 + \frac{\partial\varphi_1}{\partial P_2}\Delta P_2 + \frac{\partial\varphi_1}{\partial P_{\text{ПΣ}}}\Delta P_{\text{ПΣ}} + \frac{\partial\varphi_1}{\partial P_{\text{СТΣ}}}\Delta P_{\text{СТΣ}};$$

$$\Delta\varphi_2 = \frac{\partial\varphi_2}{\partial P_3}\Delta P_3 + \frac{\partial\varphi_2}{\partial P_4}\Delta P_4 + \frac{\partial\varphi_2}{\partial P_{\text{ПΣ}}}\Delta P_{\text{ПΣ}} + \frac{\partial\varphi_2}{\partial P_{\text{СТΣ}}}\Delta P_{\text{СТΣ}},$$

где $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ – множитель, определяющий влияние погрешностей Δx_i измерения параметров $P_{\text{ПΣ}}$, $P_{\text{СТΣ}}$, P_1, P_2, P_3, P_4, $T_{\text{ТΣ}}$, φ_1, φ_2, ω_X, ω_Z, n_Y, G,; $\Delta_{\text{ОБР}}$ – погрешность канала вычисления.

Так как вероятность одновременного появления составляющих, входящих в соотношения (4) весьма мала, то при допущении об их некоррелированности суммарные погрешности каналов рассматриваемой системы измерения параметров вектора ветра на борту вертолета можно оценивать их среднеквадратическими значениями вида:

$$\sigma_{\Delta V_X} = \sqrt{\left(\frac{\partial V_X}{\partial P_{\Pi\Sigma}}\right)^2\sigma^2_{\Delta P_{\Pi\Sigma}} + \left(\frac{\partial V_X}{\partial P_{C\Gamma\Sigma}}\right)^2\sigma^2_{\Delta P_{C\Gamma\Sigma}} + \left(\frac{\partial V_X}{\partial T_{T\Sigma}}\right)^2\sigma^2_{\Delta T_{T\Sigma}} + \left(\frac{\partial V_X}{\partial\varphi_1}\right)^2\sigma^2_{\Delta\varphi_1} + \left(\frac{\partial V_X}{\partial\varphi_2}\right)^2\sigma^2_{\Delta\varphi_2} + \left(\frac{\partial V_X}{\partial\omega_Y}\right)^2\sigma^2_{\Delta\omega_Y} + \left(\frac{\partial V_X}{\partial\omega_Z}\right)^2\sigma^2_{\Delta\omega_Z} + \sigma^2_{ОБР}}, \quad (5)$$

и далее аналогично для $\sigma_{\Delta V_Y}$, $\sigma_{\Delta V_Z}$, $\sigma_{\Delta V_{ucm}}$, $\sigma_{\Delta\alpha}$, $\sigma_{\Delta\beta}$.

Как видно из соотношений (4), (5) среднеквадратические погрешности $\sigma_{\Delta V_Y}$, $\sigma_{\Delta V_Z}$, $\sigma_{\Delta V_{ucm}}$, $\sigma_{\Delta\alpha}$, $\sigma_{\Delta\beta}$ определяют статические погрешности каналов системы и зависят от параметров полета вер-

толета и погрешностей формирования и преобразования параметров $P_{ПΣ}$, $P_{СТΣ}$, $T_{ТΣ}$, P_1, P_2, P_3, P_4, воспринимаемых неподвижным комбинированным аэрометрическим приемником в поле результирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта в установившемся режиме.

Причинами собственных динамических погрешностей измерительных каналов системы являются инерционность каналов передачи давлений от неподвижного комбинированного аэрометрического приемника ко входам пневмоэлектрических преобразователей (датчиков) давлений и перепадов давлений, а также динамическими свойствами датчиков.

Вынужденные динамические погрешности измерительных каналов бортовой системы измерения параметров вектора ветра обусловливаются внутренними шумами и внешними воздействиями – возмущениями воздушных потоков, набегающих на неподвижный многоканальный проточный аэрометрический приемник и на неподвижный сферический или полусферический приемник.

На стоянке при запуске силовой установки и вращении несущего винта вынужденные динамические погрешности связаны, в основном, с флуктациями потока вихревой колонны несущего винта.

При рулении и маневрировании вертолета по земной поверхности и на взлетно-посадочных режимах вынужденные динамические погрешности измерительных каналов бортовой системы измерения параметров вектора ветра обусловлены совместным влиянием турбулентности атмосферы и флуктуацией индуктивного потока несущего винта.

Снижение вынужденных динамических погрешностей измерительных каналов бортовой системы измерения параметров вектора ветра возможно за счет фильтрации флуктуаций воздушного потока вихревой колонны несущего винта.

Таким образом, проведенный анализ составляющих погрешностей бортовой системы измерения параметров вектора ветра на основе неподвижного комбинированного аэрометрического приемника и информации результирующего воздушного потока вихревой колонны несущего винта позволяют обосновать требования к точ-

ности измерения параметров, входящих в алгоритмы вычисления, на различных режимах эксплуатации вертолета.

Список литературы:

1. *Соколов Ю.Г.* Применение вертолетов с авианесущих кораблей. М.: Воениздат. – 1989. – 180 с.

2. *Ерусалимский М.А., Егоров В.Н.* Экипажам вертолетов – информационную поддержку // Авиасоюз. – 2011. – №2 (35). – С. 24–25.

3. Нормы летной годности гражданских вертолетов, НЛГВ. М.: ЦАГИ. – 1987. – 350 с.

4. *Тихомиров А.А.* Ультразвуковые анемометры и термометры для измерения пульсаций скорости и температуры воздушных потоков. Обзор // Оптика атмосферы и океана. – 2011. – т.23. №7. – С. 585 – 600.

5. *Азбукин А.А., Богушевич Л.Я., Кобров А.А., Корольков В.А., Тихомиров А.А., Шелевой В.Д.* Автоматические метеостанции АМК–03 и их модификации // Датчики и системы. – 2012. – №3. – С. 42 – 52.

6. *Никитин А.В.* Алгоритмы работы каналов бортовой системы измерения параметров вектора ветра на стоянке и взлетно-посадочных режимах // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии». – 2013. – №2. – С.124-134.

ERRORS ANALYSIS OF MEASURING SYSTEM OF PARAMETERS OF THE WIND VECTOR IN STARTING AND TAKEOFF AND LANDING MODES OF HELICOPTER

Gabitova D., Dementyev Yu.

Supervisor: A. Nikitin, Candidate of Technical Sciences, master teacher

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The error sources and ways to reduce them measuring system of parameters of the wind vector on the starting and takeoff and landing modes of the helicopter are shown.

УДК 616-71

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ БИОПОТЕНЦИАЛОВ МЫШЦ

Казакова М.В.
Научный руководитель: С.В. Смирнова, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, Казань)

В данном докладе рассматривается метод электромиографии, как средство контроля тренировочного процесса. Так же анализируются существующие устройства и описывается разработанная концепция построения устройства.

Благодаря развитию спортивной инфраструктуры на сегодняшний день занятие спортом набирает всеобщую популярность. В связи с этим возрастает потребность в разработке и применении новых способов спортивных исследований. В данной работе будет рассматриваться метод спортивной электронейромиографии (ЭНМГ), который направлен на регистрацию электрической активности скелетных мышц и периферических нервов у спортсменов в состоянии покоя и при выполнении произвольных двигательных действий.

Под электронейромиографией (ЭНМГ) понимают комплекс методов оценки функционального состояния нервно-мышечной системы, которые основаны на регистрации и качественно–количественном анализе различных видов электрической активности нервов и мышц.

На сегодняшний день существует множество фирм, осуществляющих разработку и поставку диагностических систем для медицинских и исследовательских задач (Ambu, EMS Biomedical, Neurosign, Mega Electronics и др.). Одной из которых является российская научно-медицинская фирма Нейротех. В основном их продукция направлена исследование и разработку портативных автоматизированных компьютерных систем для нейрофизиологических исследований.

Исходя из проведенного литературного анализа, можно сделать вывод, что в области спорта, методика электромиографии, как средство повышения эффективности тренировочного и восстановительного процессов, применяется недостаточно. Следовательно, актуализируются исследования в данном направлении.

Целью данной работы, является разработка концепции построения устройства регистрации биопотенциалов мышц для диагностики и реабилитации спортсменов.

Основными задачами работы, являются:

1. Анализ методов электромиографии и её разновидностей;
2. Систематизация информации материалов об использовании средств электромиографического исследования в спорте;
3. Обзор существующих устройств регистрации биопотенциалов, концепции построения.

Биоэлектрические потенциалы – это электрические потенциалы, которые возникают в тканях и отдельных клетках человека, а так же в тканях животных и растений. Они являются важными компонентами процессов возбуждения и торможения. Исследование биоэлектрических потенциалов играет большую роль в понимание физико-химических и физиологических процессов в живых системах и применяется в диагностических исследованиях (электрокардиография, электроэнцефалография, электромиография и др.).

Биопотенциалы не являются постоянными величинами. Они могут изменяться в зависимости от физико-химического состояния ткани или клетки, а также от концентрации и состава соприкасающихся с ними солевых растворов. [1]

Обычно различают два потенциала – потенциал покоя и действия. Разность потенциалов, имеющихся на внутренней и наружной сторонах мембраны, называют потенциалом покоя (мембранный потенциал покоя). Потенциал действия – это электрический потенциал, возникающий в ответ на действие раздражителей.

Характерной особенностью потенциала действия, является его подчинение правилу «всё или ничего». То есть он возникает только при достижении раздражителем некоторого критического

значения, и дальнейшее увеличение интенсивности раздражителя уже никак не сказывается на продолжительности или амплитуде. В мышечных волокнах потенциал действия вызывает цепь физико-химических реакций, которые являются основой сокращения мышц. Проведение потенциала действия вдоль волокон осуществляется токами действия, возникающими между возбуждённым и невозбужденными участками мембраны. Токи действия регистрируются обычными неинвазивными электродами. При этом получаемая кривая имеет двухфазный характер: первая фаза соответствует приходу потенциала действия под ближний электрод, вторая – под дальний электрод.

В зависимости от целей исследования электромиографию проводят во время покоя и во время произвольного напряжения или стимуляции мышцы.

Биопотенциалы мышц усиливаются и регистрируются с помощью электромиографа. Электромиограф, в современном понимании, представляет собой устройство, состоящее из электродов, усилительного блока, осциллоскопа, фоторегистратора для записи электромиограммы (ЭМГ).

Электроды для снятия биопотенциалов мышц подразделяются на поверхностные (пластинчатые) и игольчатые. Для спортивных исследований применяется неинвазивный метод исследований, то есть применяются поверхностные электроды. [2]

На экран осциллоскопа выводятся усиленные биопотенциалы. Часть электромиографа, состоящая из усилительного блока и осциллоскопа, называется миоскопом. Миоскоп имеет 1-4 усилительных блоков, которые позволяют одновременно исследовать четыре электромиографических сигнала.

В современных электромиографах имеются так же дополнительные устройства: программируемый электростимулятор, интегратор ЭМГ, анализатор ЭМГ, репродуктор для прослушивания звукового сопровождения. Программируемый электростимулятор используют для исследования вызванных потенциалов.

Основной целью данной работы является определение основных тенденций в разработке устройств для регистрации биопотенциалов.

Задачи: определение основных конструктивных особенностей и схемотехнических решений.

В ходе патентно-информативного поиска, было выявлено несколько устройств направленных на регистрацию биопотенциалов. Одним из которых, является «Портативное устройство контроля и регистрации биопотенциалов» (полезная модель №42 944, A61B 5/04, Опубликовано: 27.12.2004 Бюл. № 36). [4]

Технический результат данного устройства направлен на конструктивные особенности и связан с уменьшением габаритов и веса, а также повышения надежности системы в целом.

Со схемой устройства можно ознакомиться на рис. 1. Рассматриваемое устройство содержит последовательно соединенные датчики биопотенциалов 1, фильтр 2, усилитель 3, АЦП 4, МЭВМ 6 и блок сигнализации 8, при этом выход ГТИ 5 соединен со вторыми входами АЦП 4 и МЭВМ 6, второй и третий выходы которой двунаправленными шинами соединены с флэш-памятью 7 и интерфейсом 9. [3]

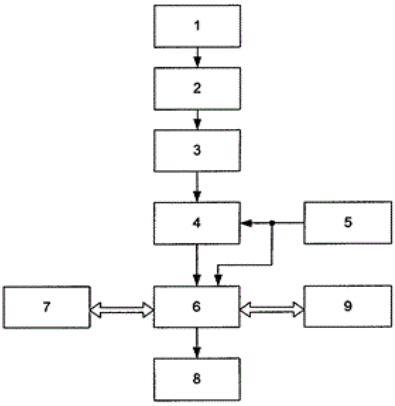


Рис.1. «Портативное устройство контроля и регистрации биопотенциалов»

Рис.1. Схема устройства, где: 1 – датчики биопотенциалов; 2 – фильтр; 3 – усилитель; 4 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 5 – генератор тактовых импульсов (ГТИ); 6 – микроэлектронная вычислительная машина (МЭВМ); 7 – флэш-память; 8 – блок сигнализации; 9 – интерфейс.

Опираясь на это техническое решение, нами была разработана концепция устройства, которое позволит осуществлять регистрацию биопотенциалов (рис.2.). Устройство состоит из электродов, коммутатора отведений, масштабирующего усилителя, аналого-цифрового преобразователя (АЦП), микроконтроллера, канала беспроводной связи, портативного компьютера.

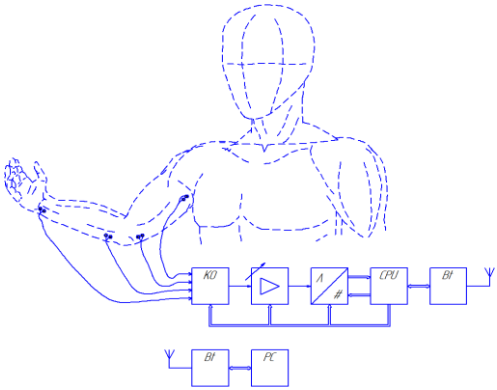


Рис.2. Структурная схема предлагаемого решения

Полученные результаты аналитического исследования по данной тематике, позволят проанализировать особенности метода электромиографии и возможности его применения в спортивной инфраструктуре для исследования характеристик мышц, в ходе тренировки или в период реабилитации.

В дальнейшем на основе полученных данных планируется доработка структурной и функциональной схемы устройства, оформление заявки на объект интеллектуальной собственности (патент на полезную модель). Разработку электрической принципиальной схемы устройства, а также разработку программного обеспечения с помощью программного пакета LabView.

Список литературы:

1. Источники биопотенциалов: [Электронный ресурс] / Седунина Ю.О. //iLab: информационный портал по вопросам биоме-

дицинской инженерии – 2014; URL: http://ilab.xmedtest.net/?q=node/6162 (Дата обращения: 18.02.2017)

2. Съем и обработка биоэлектрических сигналов: Учебное пособие / Под ред. Зайчеко К.В. – СПБ.: Изд-во СПбГУАП, 2001. – 140 с.

3. *Шишкин А.В., Митин А.Е., Филиппова С.О.* Проблема применения электромиографии с целью повышения эффективности тренировочного и соревновательного процессов в адаптивном спорте // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11055 (Дата обращения: 22.10.2016).

4. Полезная модель №42 944, A61B 5/04, Опубликовано: 27.12.2004 Бюл. № 36, Портативное устройство контроля и регистрации биопотенциалов: [Электронный ресурс]; URL: http://www1.fips.ru/fips_servl/fips_servlet?DB=RUPM&DocNumber=42944&TypeFile=html (Дата обращения 05.03.2017).

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF THE DEVICE FOR REGISTRATION OF BIO-POTENTIALS OF MUSC

Kazakova M.
Supervisor: S. Smirnova, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

This report examines the method of electromyography as a means of controlling the training process. Also, existing devices are analyzed and the developed concept of device construction is described.

УДК 681.125

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОКВАРТИРНОГО ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

Карпов К.А.
Научный руководитель: С.В. Смирнова, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический Университет им. А.Н. Туполева, г. Казань)

В данной статье представлено исследование и анализ методов поквартирного измерения расхода теплоносителя для обоснования и разработки нового устройства измерения тепла. Представлена таблица для сравнения методов измерения расхода теплоносителя.

Основным инструментом учета тепловой энергии является теплосчетчик. Он включает в себя: тепловычислитель – главный компонент счетчика; два датчика температуры; первичный преобразователь (расходомер, счетчик) [1]. Тепловычислитель ведет все расчеты по расходу тепла, а также может передавать данные на расстояние, к примеру, на центральный учетный пункт или единый расчетный центр. Датчики определяют разницу температур на входе и выходе отопительного контура, а первичный преобразователь измеряет расход теплоносителя.

По конструкции первичные преобразователи делятся на тахометрические, вихревые, переменного перепада давления, электромагнитные и ультразвуковые. Все они различаются по принципу работы [1]. Тахометрические счетчики могут устанавливаться в квартирах, построенных по проектам с горизонтальной разводкой. Электромагнитные счетчики также применяются для поквартирного и домового учета тепла. Использование вихревых счетчиков с небольшим диаметром трубы (бытовое назначение) будет неоправданным из-за довольно высокой их стоимости, а ультразвуковые требуют повышенного внимания с точки зрения их обслуживания.

К расходомерам и счетчикам предъявляется много требований, удовлетворить которые совместно достаточно сложно и не

всегда возможно. В настоящее время наиболее перспективным является турбинный расходомер жидкости, так как его точностные параметры наивысшие. Подробнее некоторые характерные методы и средства измерения массового расхода теплоносителя в соответствии с классификацией, приведенной в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Методы измерения расхода теплоносителя

Виды расходомеров-счетчиков	Тип чувствительного элемента	Диапазон измерения $м^3/ч$	Погрешность измерения %
Вихревые	Тело обтекания; вихревая камера	0,5-6500	±(1,5-2)
Электромагнитные	Магнит, электроды	0,1-100	1-2,5
Ультразвуковые	Генератор-приемник	0,16-25	±1,5
Тахометрические	Крыльчатка, турбинка	0,01-150	±1

На основе проведённых исследований, я пришел к выводу, что наиболее выгодным и удобным в разработке является турбинный расходомер. Наибольшее применение в промышленности находят турбинные расходомеры, которые сочетают в себе высокие метрологические свойства с достаточно простой конструкцией и высокими эксплуатационными качествами.

Следует отметить, что турбинные расходомеры являются наиболее точными приборами для измерения расхода. Известны серийно выпускаемые расходомеры с относительной погрешностью не более 0,15%, а кратность диапазона измерения некоторых типов приборов достигает 200.

Турбинные расходомеры состоят из двух основных узлов – турбинки, скорость движения, которой пропорциональна объемному расходу, и тахометрического преобразователя, вырабатывающего измерительный сигнал, обычно частоту электрических импуль-

сов, пропорциональную частоте вращения турбинки [1]. Принцип действия турбинного расходомера заключается в преобразовании скорости потока во вращательное движение турбинки.

Список литературы:

1. *Кремлевский П.П.* Расходомеры и счетчики количества веществ: Справочник: Кн. 2 / Под общ. ред. Е.А. Шорникова. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2004. — 412 с.

ANALYSIS OF DOOR-TO-DOOR METHODS OF MEASURING COOLANT FLOW

Karpov K.
Supervisor: S. Smirnova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technicsl University named after A.N. Tupolev, Kazan)

This article presents a study and analysis of door-to-door methods of measuring coolant flow for substantiation and development of a new measurement heat device. The table is presented a comparison of methods of measuring coolant flow.

УДК 681.125

КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ СЧЕТЧИКА ТЕПЛА

Карпов К.А.
Научный руководитель: С.В. Смирнова, к.т.н., доцент
(Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им. А.Н. Туполева, г. Казань)

В данной статье кратко представлена конструкция разрабатываемого счетчика тепла для поквартирного учета теплоэнергии в многоквартирных домах. Описан принцип работы счетчика.

Главная задача на сегодняшний день, это создание системы измерения и учета тепла, которая должна отличаться достаточной унификацией элементов, простотой, возможностью его работы в автономном виде, а также в автоматизированной системе учета и контроля жилищно-коммунальной информации, относительно низкой стоимостью производства и его штатной эксплуатации.

Основным инструментом учета тепловой энергии является теплосчетчик. Он включает в себя[1]: тепловычислитель – главный компонент счетчика; два датчика температуры; первичный преобразователь (расходомер). Тепловычислитель ведет все расчеты по расходу тепла квартиры и имеет возможность передавать их на расстояние, например, на центральный учетный пункт. Датчики определяют разницу температур на входе и выходе в отопительный контур, а первичный преобразователь измеряет расход теплоносителя.

Разрабатываемый расходомер включает в себя:

– Датчик расхода воды по объему G, который в свою очередь состоит из: индуктивного преобразователя (ИП), преобразующего частоту вращения турбинки ω в частоту электрических сигналов f; цифрового датчика температуры (ИТ), определяющего температуру теплоносителя T_1; микроконтроллера (МК), собирающего информацию о температуре и количестве израсходованной жидкости или ее мгновенный расход Q и радиомодема (РМ), который отправляет получен-

ные данные в счетчик тепла. Индукционный преобразователь, содержащий катушку индуктивности с ферритовым сердечником, образующую колебательный контур с конденсатором С1, включённый в микросхему «ИЛИ» типа К561ЛЕ5 для преобразования синусоидальных сигналов в прямоугольный сигнал.

– Локальный датчик температуры, состоящий непосредственно из цифрового датчика для определения температуры T_2 и радиомодема, отправляющего информацию в счетчик тепла. Установка производится на поверхность трубопровода с помощью теплоизоляционного кожуха.

– Счетчик тепла, оснащенного радиомодемом для принятия и последующей передачи микроконтроллеру всех данных; микроконтроллером, обрабатывающим эти данные и дисплеем, на который выводятся рассчитанные данные о затраченной тепловой энергии.

Следует не забывать, что мы разрабатываем счетчик тепла, а значит у нас есть немало погрешностей. Температурные изменения размеров турбинки и других элементов преобразователя расхода воды влияют на зазоры между лопатками и образующей турбинной камеры. Это вызывает температурную погрешность, которая имеет мультипликативный характер и содержит инструментальную и методическую составляющие.

Список литературы:

1. *Кремлевский П.П.* Расходомеры и счетчики количества веществ: Справочник: Кн. 2 / Под общ. ред. Е.А. Шорникова. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2004. — 412 с

DESIGN AND WORK PRINCIPLES OF DOOR-TO-DOOR HEAT METER

Karpov K.
Supervisor: S. Smirnova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technicsl University named after A.N. Tupolev, Kazan)

This article briefly presents the design of the heat meter developed for door-to-door heat metering in apartment buildings. Shows the principle of operation of the counter.

УДК 527.6

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ ОБНУЛЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕШЕХОДНОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ КРЕПЛЕНИЯ БЛОКА ДАТЧИКОВ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Купоросова Е.С.
Научный руководитель: А.А. Потапов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

На основании экспериментальных данных, полученных с выхода блока датчиков первичной информации, закрепленного на операторе, при движении оператора по заданному маршруту проведен сравнительный анализ точности формирования выходного сигнала четырех различных алгоритмов обнуления скорости в момент завершения шага.

Для контроля и управления действиями оператора, выполняющего спасательные или другие работы в опасных внешних условиях, необходима информация о его текущем местоположении на территории выполнения работ. Для получения такой информации среди существующих методов особое значение имеют методы инерциального счисления пути, позволяющие автономно без использования сигналов спутниковой навигации определять местоположение оператора с закрепленным на нем блоком датчиков первичной информации (ДПИ). Блок ДПИ включает в себя три датчика угловых скоростей и три акселерометра, каждый из которых измеряет одну из проекций вектора абсолютной угловой скорости и ускорения блока ДПИ на оси системы координат, связанной с корпусом блока ДПИ. К блоку ДПИ, закрепленному на операторе, предъявляются требования, ограничивающие его размеры и энергопотребление. Этим требованиям удовлетворяют чаще всего датчики, выполненные по технологии *MEMS* (*Micro-Electro-Mechanical Systems*), имеющие малые габариты и низкое энергопотребление. Однако автономной работе пешеходной инерциальной

навигационной системы (ИНС) свойственно наличие ошибок, так как сигнал с блока ДПИ в значительной мере содержит различные типы шумовых составляющих, которые при интегрировании сигналов с выхода блока ДПИ приводят к погрешностям определения местоположения оператора, растущим со временем.

Для повышения точности работы пешеходной ИНС при построении алгоритма счисления пути применяют различные коррекции, основанные на эвристических методах. Один из таких методов состоит в том, чтобы использовать данные о шагах человека, проводя коррекции по нулевой скорости поступательного движения блока ДПИ – так называемые *Zero Velocity Update* (*ZUPT*) коррекции. В этом случае в алгоритм пешеходной ИНС добавляется алгоритм обнуления скорости в момент завершения шага. Известны четыре алгоритма обнуления скорости [1-4]:

- алгоритм оптимального прогнозирования положения (*The Stance Hypothesis Optimal Detector, SHOE*);
- алгоритм анализа дисперсии ускорения при изменении местоположения (*The Acceleration Moving Variance Detector, MV*);
- алгоритм анализа амплитуды ускорения (*The Acceleration Magnitude Detector, MAG*);
- алгоритм анализа интенсивности угловой скорости (*The Angular Rate Energy Detector, ARE*).

Значения выходных сигналов, вычисленных по перечисленным выше алгоритмам обнуления скорости, сравниваются с пороговой границей, определяемой как 10^x, где показатель степени x для каждого алгоритма индивидуален. Так для алгоритма *SHOE* x=4,7, для алгоритма *MV* x=3,5, для алгоритма *MAG* x=3,3, для алгоритма *ARE* x=4,6 [1-4]. Если результат меньше данной границы, то принимается решение, что оператор неподвижен (происходит обнуление скорости), если больше – то оператор движется. Такая коррекция заметно повышает точность определения местоположения, однако ошибки в определении курса сохраняются значительными.

Для оценки эффективности работы алгоритмов *MV, MAG, ARE, SHOE* с их помощью выполнена обработка выходных сигналов блока ДПИ при двух способах его закрепления на операторе –

на поясе и на обуви. Выходные сигналы блока ДПИ получены при выполнении экспериментов:

1) ходьба с периодическими положениями «упор лёжа»;

2) ходьба по произвольной траектории с периодическими остановками;

3) ходьба по прямой с периодическими остановками.

Массивы показаний датчиков обработаны с применением библиотеки программ сглаживания случайных сигналов *Curve Fitting Tool* (*MatLab*) методом скользящего среднего (*Moving Average*) с размером окна (*Span*) 15 дискрет [5]. Блок-схема программы обработки сигналов ДПИ по алгоритмам обнуления скорости *MV, MAG, ARE, SHOE* приведена на рисунках 1-2.



Рис. 1. Блок-схема программы обработки сигналов ДПИ по алгоритмам обнуления скорости

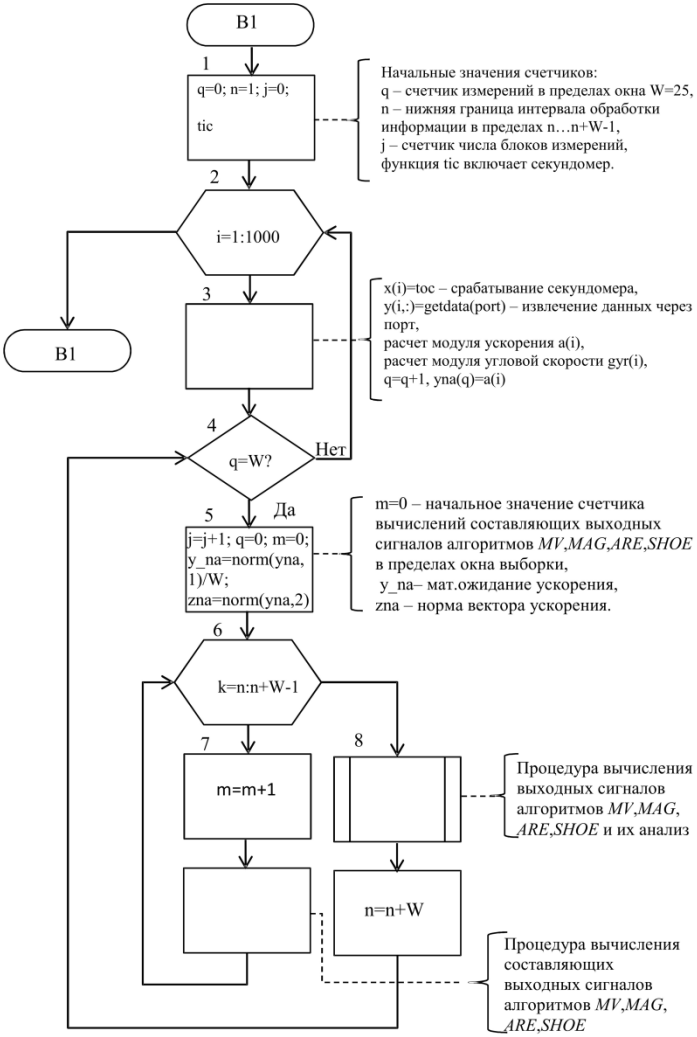


Рис. 2. Блок-схема процедуры вычисления выходных сигналов алгоритмов *MV*, *MAG*, *ARE*, *SHOE* (блок B1 на рисунке 1).

Для оценки истинности определения состояния движения оператора по алгоритмам обнуления скорости вычисленные значения индикаторов движения «0» (шаг завершен) или «1» (шаг в процессе выполнения) сравнивались с данными видеозаписи движения оператора. Погрешность расчета для каждого алгоритма определена как процент суммы ложных показаний к общему числу вычислений.

Погрешности алгоритмов при закреплении блока ДПИ на поясе:

Эксперимент 1: *SHOE* – 4,94%; *MV* – 59,3%; *MAG* – 40,74%; *ARE* – 4,94%.

Эксперимент 2: *SHOE* – 6,25%; *MV* – 45,83%; *MAG* – 54,16%; *ARE* – 9,38%.

Эксперимент 3: *SHOE* – 9,38%; *MV* – 47,92%; *MAG* – 52,08%; *ARE* – 11,46%.

Погрешности алгоритмов при закреплении блока ДПИ на обуви:

Эксперимент 1: *SHOE* – 3,74%; *MV* – 28,88%; *MAG* – 14,97%; *ARE* – 7,49%.

Эксперимент 2: *SHOE* – 3,41%; *MV* – 18,56%; *MAG* – 12,88%; *ARE* – 3,03%.

Эксперимент 3: *SHOE* – 1,47%; *MV* – 19,41%; *MAG* – 10,99%; *ARE* – 4,03%.

Результаты эксперимента показали, что алгоритмы *SHOE* и *ARE* имеют меньшую погрешность оценки состояния движения оператора как при креплении блока ДПИ на поясе оператора, так и на его обуви. Алгоритмы *MV* и *MAG* показали недопустимо большой процент погрешности, особенно при закреплении блока ДПИ на поясе.

При этом эксперимент показал, что вклад алгоритма *ARE,* который является составной частью алгоритма *SHOE*, содержащего кроме информации по угловым скоростям информацию по ускорениям, - в оценку состояния движения оператора более весом при закреплении блока ДПИ на обуви.

Список литературы:

1. *Skog I., Nilsson J.-O., Handel P.* Evaluation of Zero-Velocity Detectors for Foot-Mounted Inertial Navigation Systems // Proc. 2010 Int'l Conf. Indoor Positioning and Indoor Navigation, IEEE, 2010, pp. 172–173.

2. *Jimenez A.R., Seco F., Zampelia F., Prieto J.C. Guevara J.* Improved heuristic drift elimination with Magnetically-aided Dominant Directions (MiHDE) for pedestrian navigation in complex buildings // Journal of Location Based Services, v. 6 (n. 3), 2012, pp. 186-210.

3. *Park S.K., Suh Y.S. A Zero* Velocity Detection Algorithm Using Inertial Sensors for Pedestrian Navigation Systems // Sensors, vol. 10, no. 10, 2010, pp. 9163–9178.

4. http://www.mathworks.com [Электронный ресурс] / MATLAB & Simulink Release Notes for R2008a.

EVALUATION OF ZERO-VELOCITY DETECTORS FOR PEDESTRIAN INERTIAL NAVIGATION SYSTEM WITH DIFFERENT MOUNTING METHODS FOR PRIMARY DATA SENSOR UNITS

Kuporosova E.
Supervisor: A. Potapov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

Experimental data were received after tests of the primary data sensor units mounted on the driver. The driver has been moved along a given route. Herein we introduce the comparative analysis of four zero-velocity detectors accuracy at the end of the step.

УДК 551.508.5

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ СОСТАВА, ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Майоров А.А., Сафиуллин Р.Р., Назаров А.И.
Научный руководитель: В.М. Солдаткин, д.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данном материале изложены результаты разработки структурной схемы устройства контроля состава, параметров воздушных потоков в системах вентиляции в сельском хозяйстве.

Данный материал является продолжением обзорной статьи о методах контроля воздушных масс проходящих в вентиляции агропромышленного комплекса [1].

Целью данной статьи является разработка структурной схемы портативной автономного устройства для регистрации скорости, температуры, влажности, воздушных масс проходящих в системе вентиляции, а также анализа процентного содержания углекислого газа в воздухе и обеззараживания воздуха, с возможностью дистанционной передачи полученных данных до конечного потребителя в лице человека или системы автоматического управления (САУ) вентиляции.

Данное устройство включает в себя:

1. Датчик воздушной скорости;
2. Датчик температуры воздуха;
3. Датчик влажности воздуха;
4. Датчик CO_2;
5. Озонатор;
6. Микроконтроллер;
7. Wi-Fi модуль передачи данных;
8. Батарейный блок.

В ходе исследования рынка датчиков и микропроцессорных устройств с учётом допустимой суммарной погрешности [1] были выбраны следующие датчики:

- Датчик температуры и влажности «DHT22»;
- Анализатор содержания CO_2 «SEN0159»
- Микроконтроллер Arduino Yún mini;
- Батарейный блок Power Bank (Li-Ion, 2000 мА·ч)

В качестве датчика скорости и направления был выбран ионно-меточный датчик воздушной скорости «Скорпион», разработанный на кафедре ПИИС ИАЭП. Данный датчик в ходе своей работы выделяет озон в малом количестве, который в свою очередь обладает бактерицидным свойством, что благоприятно сказывается на борьбу с инфекциями, паразитами в сельском хозяйстве.

Структурная схема датчика выглядит следующим образом:

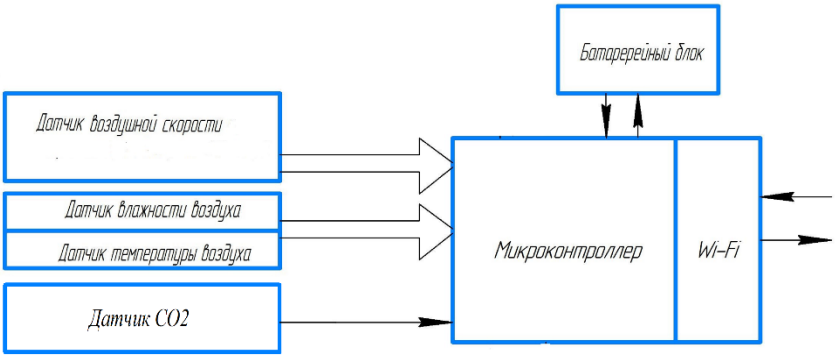


Рис.1. Структурная схема устройства.

Разрабатываемое устройство будет работать следующим образом: данные о воздушной скорости, влажности и температуры воздуха, об уровне заряда на батарейном блоке и о процентном содержании углекислого газа поступают на цифровые и аналоговые порты микроконтроллера. Полученные данные кодированным файлом отправляются по радиоканалу Wi-Fi на систему отображения информации (СОИ) до потребителя и в САУ.

Список литературы:

1. *Майоров, А.А.* Устройство контроля состава, параметров воздушных потоков в системах вентиляции в сельском хозяйстве [Текст]/ Майоров, А.А., Сафиуллин, Р.Р., Назаров, А.И.// Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве: сб.статей.-Воронеж,2017.-С.148-152.

DESIGN OF A STRUCTURE CONTROL DEVICE, AIRFLOW PARAMETERS IN AGRICULTURAL VENTILATION SYSTEMS

Majors A., Safiullin R., Nazarov A.
Supervisor: V. Soldatkin, Doctor of Technical Sciences, Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

This material outlines the results of the design of the composition control structure, the airflow parameters in agricultural ventilation systems.

УДК 551.508.5

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ПОРТАТИВНОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ ДЛЯ НУЖД СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Майоров А.А., Сафиуллин Р.Р., Назаров А.И.
Научный руководитель: В.М. Солдаткин, д.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данном материале изложены результаты разработки структурной схемы портативной метеостанции для осуществления метеорологического мониторинга в зонах посева сельскохозяйственных культур.

Данный материал является продолжением обзорной статьи о методах предотвращения пагубного воздействия порывов ветра на сельскохозяйственные культуры [1].

Целью данной статьи является разработка структурной схемы портативной автономной метеостанции для регистрации скорости ветра, температуры воздуха, температуры почвы, влажности и атмосферного давления, с возможностью дистанционной передачи данных.

Данная метеостанция включает в себя:

1. Датчик малой воздушной скорости и угла направления ветра;
2. Датчик влажности почвы;
3. Датчик температуры воздуха;
4. Датчик влажности воздуха;
5. Датчик атмосферного давления;
6. Датчик освещённости;
7. Микроконтроллер;
8. Wi-Fi модуль передачи данных;
9. Устройство записи данных на внешнюю память;
10. Батарейный блок.

В ходе исследования рынка датчиков и микропроцессорных устройств с учётом допустимой суммарной погрешности многие

датчики были выбраны из ряда модулей, разработанных для платформы ARDUINO:

- Датчик влажности почвы AMP-B025;
- Герметичный датчик температуры DS18B20;
- Датчик освещённости AMP-B004;
- Датчик температуры и влажности SHT1x;
- Барометр AMP-B034;
- Микроконтроллер Arduino Yún mini;
- SD картридер AMP-B073;
- Батарейный блок Power Bank (Li-Ion, 2000 мА/ч)

В качестве датчика скорости и направления был выбран ионно-меточный датчик аэродинамических углов и воздушной скорости с двумя распределенными в плоскости измерения приемниками меток. Один приемник выполнен кольцевым, а другой имеет форму спирали Архимеда [2].

Структурная схема датчика выглядит следующим образом:

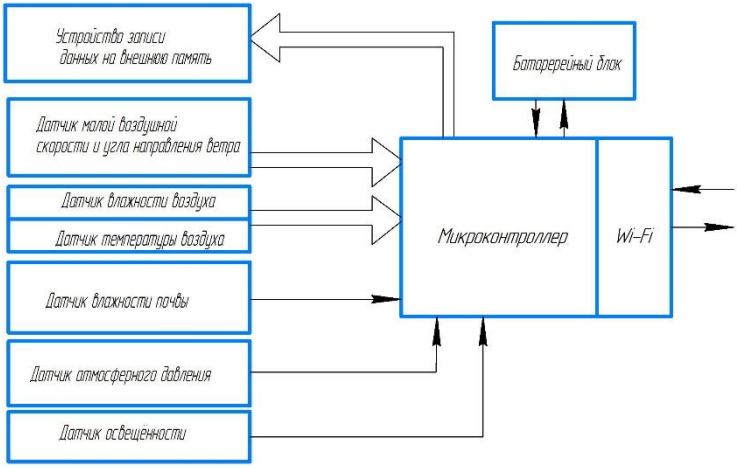


Рис.1. Структурная схема портативной метеостанции.

Метеостанция будет работать следующим образом: данные со всех датчиков 1,2,3,4,5,6 поступают на цифровые и аналоговые порты микроконтроллера 7, происходит формирование файла, со-

держащего метеосводку о состоянии окружающей среды о месте расположения метеостанции, об уровне заряда на батарейном блоке. Полученные данные кодированным файлом отправляются по радиоканалу Wi-Fi на соседние метеостанции, служащие трансмиттерами для доставки информации до главной станции обработки полученных данных.

Список литературы:

1. *Майоров, А.А.* Предотвращение пагубного воздействия порывов ветра на сельскохозяйственные культуры [Текст]/ Майоров, А.А., Сафиуллин, Р.Р., Назаров, А.И.// Современные тенденции развития технологий и технических средств в сельском хозяйстве: сб.статей.-Воронеж,2017.-С.225-230.

2. А.с. 6559775, МКИ G01r 5/18. Устройство для измерения скорости потока газа или жидкости / А.С. Иванчук, В.М. Солдаткин, В.А. Ференец // Б.И. 1979. № 13.

DEVELOP A STRUCTURE FOR A PORTABLE WEATHER STATION FOR AGRICULTURE

Majors A., Safiullin R., Nazarov A.
Supervisor: V. Soldatkin, Doctor of Technical Sciences, Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

This material contains the results of the development of a portable weather observatory for meteorological monitoring in crop areas.

УДК 616.62

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСХОДОМЕТРИЧЕСКОГО КАНАЛА УРОФЛОУМЕТРА

Миннуллина А.М.
Научный руководитель: А.А. Порунов, к.т.н., профессор
М.М. Тюрина к.т.н., ст. преподаватель
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В работе рассматривается вариант структурного построения урофлоуметра, а также приведены результаты моделирования расходометрического канала урофлоуметра.

Современная медицина интенсивно использует при диагностике патологий мочевыделительной системы уродинамические исследования. В частности без этого не обходится не одно обследование больных с нарушениями мочеиспускания, недержанием мочи, неврологической патологией. По данным ВОЗ [1] воспалительные заболевания мочевых путей у детей занимают второе место после ОРВИ. До 90 % мужчин старше 60 лет страдают заболеваниями почек, мочевого пузыря, хроническими простатитами. До 70 % женщин в возрасте старше 50 лет страдают почечно-каменной болезнью, циститами и т.д. При этом основной проблемой при выявлении заболеваний мочевыделительной системы вляется недостаточная оснащенность отделений функциональной диагностики отечественных больниц и клиник урологического профиля техническими средствами контроля параметров уродинамики.

Для урофлоуметрии возможно применение различных способов измерения и регистрации данных о параметрах мочевыделительной системы, построенных на основе различных физических принципов. Метод измерения [2] (весовой, емкостной, ротационный, тензодатчик) определяет используемый в урофлоуметре тип датчика. Наряду с известными методами, используемые в урофлоуметрии для определения объёмной скорости потока мочи, предложено применить метод вытеснения воздуха из внутренней поло-

сти урофлоуметра в сочетании с емкостным методом самокалибровки. Концепция такого структурного построения урофлоуметра [3] представлена на рис.1.

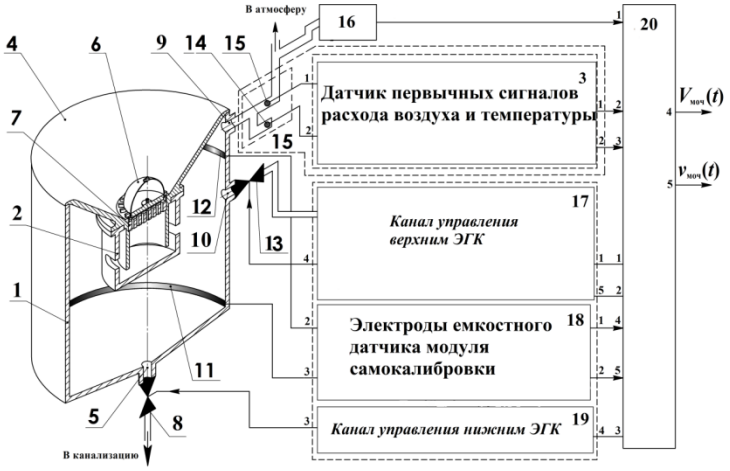


Рис.1. Структурно-функциональная схема урофлоуметра:
1 – наружный стакан; 2 – внутренний стакан; 3 – датчик первичных сигналов расхода воздуха и температуры;4 – воронка; 5 – сливное отверстие; 6 – обтекатель; 7 – разделитель потока; 8 – первый электро-гидроклапан; 9 – отверстие для вытеснения воздуха; 10 –отверстие для заполнения жидкостью; 11 – нижний электрод емкостного датчика; 12 – верхний электрод емкостного датчика; 13 – второй электрогидроклапан; 14 – компенсационный анемочувствительный элемент; 15 – измерительный анемочувствительный элемент; 16 – датчик атмосферного давления; 17,19 – каналы управления соответственно верхним и нижним ЭГК; 18 –электроды емкостного датчика модуля самокалибровки; 20 –микроконтроллер обработки и формирования выходной информации.

Устройство содержит три информационно-измерительных канала, а именно расходометрический канал (канал измерения объемного расхода мочи по вытесняемому расходу воздуха), канал измерения температуры воздуха и канал измерения атмосферного давления. Основным информационным каналом является расходометрический канал, на выходе которого получаем сигнал по значе-

нию объемного расхода (и скорости) выделенной мочи. Информация последних двух каналов является вспомогательной и используется для повышения точности проводимых измерений.

Важной задачей при работе устройства является исследование его динамических характеристик в диапазоне малых значений изменения расхода. Поэтому дальнейшее исследование урофлоуметра с использованием метода имитационного моделирования будет проводить именно на расходометрическом канале.

Процесс моделирования сводится к проведению машинного эксперимента с программами, имитирующими работу исследуемого измерительного канала при тестовых входных воздействиях, отражающих типовые ситуации, возникающие при реальной работе канала. Модели основных функциональных элементов расходометрического канала создавались в реальном масштабе времени на основе использования программного пакета Simulink MatLab 7.

Цель имитационного моделирования расходометрического канала состоит в оценки влияния разброса параметров функциональных элементов (в частности, струйно-конвективного модуля, его постоянной времени τ и его чувствительности $Q_{СКП}$ на динамические свойства измерительного канала (его быстродействие). В рамках проводимых исследований определялись переходные характеристики расходометрического канала в соответствии с имитационной модели, приведенной на рис.2. При проведении все машинных экспериментов коэффициенты передачи основных преобразователей принимались равными значениям, указанным в табл. 1.

Таблица 1.

Значение расхода	Коэффициент передачи сигналов в пневматическом тракте (звено п.2)	Коэффициент передачи сигналов в струйно-конвективном преобразователе (звено п.10)
V,мл/с	$Q_{\Delta p}$, Па/(мл/с)	$Q_{СКП}$, В/(кг/с)
50	390	$1{,}29 \cdot 10^6$

Звенья 1 и 2 имитируют входной сигнал, соответствующий исследуемому расходу в виде скачкообразного входного воздей-

ствия [4]. Далее сигнал передается через пневматический тракт измерительного канала (звенья 3…6). Звено 3 соответствует входу в приемник потока (модуль конфузора), звено 4, 5 – соединительным каналам расходометрического канала. Затем сигнал поступает на звенья, соответствующие газотермодинамическому и теплоэлектрическому преобразователям струйно-конвективного модуля (звенья 9-13). Звено 14 используется для записи полученной информации в память. В звене 15, являющимся звеном индикации, наблюдается переходный процесс при подаче скачкообразного воздействия. При этом менялось время преобразования τ СКП – 0,05; 0,5; 1 с.

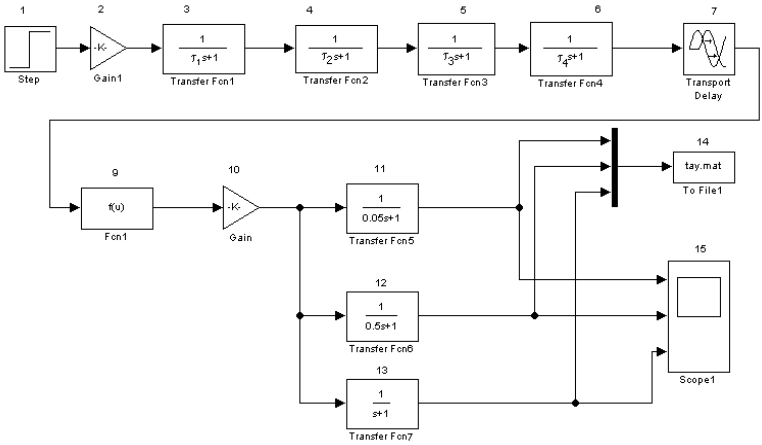


Рис.2. Имитационная модель расходометрического канала.

Погрешность измерения расходометрического канала при исследовании мочевыделительной системы будет максимальной в диапазоне с минимальными значениями потока жидкости. Поэтому исследования динамических характеристик были проведены на значения объемного расхода G_V=50 мл/с и представлены на рис.3.

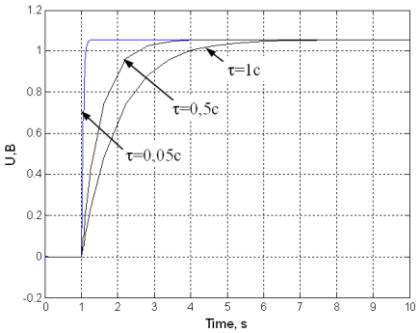


Рис.3. Семейство графиков переходного процесса расходометрического канала урофлоуметра при вариациях постоянной времени СКП (τ=1, 0.5, 0.05 с).

В результате проведенных машинных экспериментов получены следующие результаты (рис. 3): при скачкообразном изменении скорости длительность переходного процесса не превышала 3,5 с, причем наименьшей (0,25-0,3 с) она оказалась при работе струйно-конвективного преобразователя в режиме постоянной температуры, когда постоянная времени τ анемочувствительного элемента была τ=0,05 с. Полученные в результате машинных экспериментов данные сопоставимы с результатами экспериментальных исследований, что подтверждает достаточную адекватность разработанных математических моделей измерительного канала объемного расхода мочи его физической модели и достаточную достоверность полученных результатов.

Список литературы:

1. Заболеваемость всего населения России в 2014 году. Статистические материалы. Часть 1. [Электронный ресурс] // Департамент мониторинга, анализа, и стратегического развития здравоохранения Министерства здравоохранения Российской Федерации. М., 2015. // URL: https://www.rosminzdrav.ru/ documents/9479- statisticheskaya-informatsiya-za-2014.

2. *Миннуллина А.М., Дьячков К.В. Порунов А.А., Тюрина М.М.* Сравнительный анализ методов и средств уродинамического мониторинга и разработка системы измерения параметров мочевыделительных органов.// Материалы конференции XXIX

Всероссийской НТК «Биомедсистемы – 2016». – Рязань. 2016. – С. 120-122.

3. Заявка на ПМ РФ №2016152826/14(08465 от 30.12.2016) Устройство для измерения параметров уростатики и уродинамики мочевыделительной системы /Авт.: Порунов А.А., Тюрина М.М, Долгов П.В., Дьячков К.В., Миннуллина А.М.

4. *Тюрина М.М., Порунов А.А., Козлова О.А.* Функциональные модули струйно-конвективных измерителей физических величин. 3-я Международная научная конференция «Функциональная компонентная база микро-, опто- и наноэлектроника». Сборник научных трудов – Харьков: Изд-во ХНУРЭ, 2010. – С. 251-254.

RESULTS OF FLOUMETER CHANNEL SIMULATION

Minnullina A.

Supervisor: A. Porunov Candidate of Technical Sciences, Professor
M. Tyurina, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The paper considers a variant of the structural construction of the uroflowmeter, and also shows the results of modeling the flowmeter channel of the uroflowmeter.

УДК 629.735.45:551.53

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ И УГЛА НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА, ДРУГИХ ВЫСОТНО-СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА СТОЯНКЕ, СТАРТОВЫХ И ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ РЕЖИМАХ ВЕРТОЛЕТА*

Никитин А.В.
Научный руководитель: В.В. Солдаткин, В.М. Солдаткин
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Рассматриваются конструктивная схема неподвижного комбинированного аэрометрического приемника, алгоритмы обработки первичной информации и вычисления скорости и угла направления ветра, других высотно-скоростных параметров относительно продольной оси вертолета на стоянке, стартовых и взлетно-посадочных режимах.

Измерение параметров вектора ветра и других высотно-скоростных параметров вертолета на стоянке, при рулении и маневрировании по земной поверхности, при взлете и посадке, на режиме висения известными средствами [1, 2] ограничивается значительными аэродинамическими возмущениями, вносимыми вихревой колонной несущего винта.

Учитывая специфику аэродинамики вертолета на указанных режимах, предложено для определения параметров вектора ветра и других высотно-скоростных параметров использовать информацию аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта, а ее восприятие осуществить с помощью неподвижного комбинированного аэрометрического приемника – датчика воздушных сигналов (рис. 1) [3].

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта № 17-48-160209.

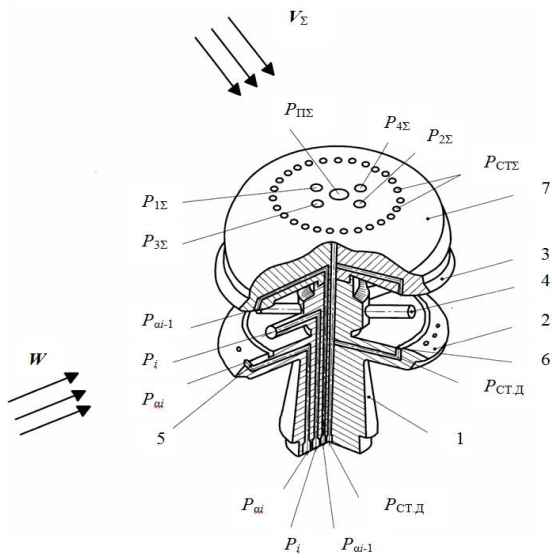


Рис. 1 – Конструктивная схема датчика воздушных сигналов

Датчик содержит неподвижный многоканальный аэрометрический приемник 1, выполненный в виде двух разнесенных по высоте экранирующих дисков 2 и 3, между внутренними профилированными поверхностями которых в азимутальной плоскости под одинаковыми углами расположены трубки полного давления 4 для забора давлений P_i, определяющих величину W и горизонтальный угол направления ψ вектора ветра $\boldsymbol{W}$ на стояночном режиме до запуска силовой установки несущего винта. На внутренних поверхностях экранирующих дисков 2 и 3 расположены кольцевые каналы 6 для забора дросселированного статического давления $P_{СТ.Д}$ при наличии ветра. На внутренних профилированных поверхностях экранирующих дисков 2 и 3 расположены отверстия для забора давлений $P_{\alpha i}$ и $P_{\alpha i-1}$, определяющих угол ветра в вертикальной плоскости.

Для восприятия аэрометрической информации на режиме маневрирования по земле и на взлетно-посадочных (полетных) режимах при вращении несущего винта вертолета, когда неподвижный датчик воздушных сигналов находится в створе вихревой колонны

несущего винта, на наружной поверхности экранирующего диска 3 установлен дополнительный аэрометрический приемник 7 в виде полусферы с диаметром, равным диаметру верхнего экранирующего диска. На поверхности полусферы на оси симметрии расположено отверстие, являющееся приемником полного давления $P_{\Pi\Sigma}$ результирующего воздушного потока вихревой колонны, определяемой вектором скорости $\boldsymbol{V}_{\Sigma}$. В плоскости, параллельной плоскости симметрии вертолета, под углом φ_{01} к оси симметрии, симметрично расположены отверстия, являющиеся приемниками давлений P_1 и P_2. В плоскости, перпендикулярной плоскости симметрии вертолета, под углом φ_{02} к оси симметрии, расположены отверстия, являющиеся приемниками давлений P_3 и P_4. Перпендикулярно оси симметрии сферического приемника, на его поверхности по окружности расположены отверстия, являющиеся приемниками статического давления $P_{\text{СТ}\Sigma}$ результирующего набегающего воздушного потока колонны.

При рулении и маневрировании по земле и на взлетно-посадочных (полетных) режимах, за меру величин составляющих вектора скорости ветра $\boldsymbol{W}$ и вектора истинной воздушной скорости $\boldsymbol{V}_{\text{В}}$ вертолета принимается угловое положение воздушного потока вихревой колонны, определяемое углами скоса φ_1 и φ_2, которые регистрируются ортогонально расположенными приемниками давлений P_1 и P_2, P_3 и P_4.

На стоянке по значению $P_{i\max}$, соответствующему совпадению оси *i*-ой трубки полного давления с направлением набегающего воздушного потока ($\psi = 0$), определяется численное значение величины *W* скорости ветра с использованием выражения вида:

$$W = \sqrt{\frac{2}{\rho_{H_0}}(P_{i\max} - P_{H_0})} = \sqrt{\frac{2P_0T_0}{P_{H_0}T_{H_0}\rho_0}(P_{i\max} - P_{H_0})}, \qquad (2)$$

где $\rho_{H_0} = \rho_0 \dfrac{P_{H_0}T_{H_0}}{T_0P_0}$ – плотность воздуха на высоте стоянке H_0; P_{H_0}

и T_{H_0} – статическое давление и абсолютная температура на высоте стоянки H_0; P_0 = 760 мм рт.ст. = 101325 Па, T_0 = 288,15 К и ρ_0=1,225 кг/м^3 – статическое давление, абсолютная температура и плотность воздуха на высоте H=0 стандартной атмосферы.

При работе двигательной установки и раскрутки трансмиссии, при рулении и маневрировании по земной поверхности, на взлетно-посадочных режимах, при снижении и на режиме висения величину V_Σ скорости результирующего набегающего воздушного потока можно определить по полному $P_{\text{ПΣ}}$ и статическому $P_{\text{СТΣ}}$ давлениям и температуре $T_{\text{ТΣ}}$ заторможенного результирующего воздушного потока, воспринимаемой приемником температуры торможения, используя зависимость [5]:

$$V_\Sigma = 44{,}826\sqrt{T_{\text{тΣ}}\left[\left(\frac{P_{\text{ПΣ}}}{P_{\text{СТΣ}}}\right)^{0{,}2857143} - 1\right]\Bigg/\left(\frac{P_{\text{ПΣ}}}{P_{\text{СТΣ}}}\right)^{0{,}2857143}}, \qquad (3)$$

где параметры, входящие в формулу (5) имеют размерности в единицах системы СИ.

По давлениям P_1, P_2 и P_3, P_4, воспринимаемым отверстиями, расположенными на верхней поверхности полусферического приемника (рис. 1), используя известные соотношения, можно вычислить углы φ_1 и φ_2, определяющие положение вектора скорости $\boldsymbol{V}_\Sigma$ результирующего набегающего воздушного потока вихревой колоны несущего винта вертолета относительно осей приемника.

Тогда по давлениям P_1 и P_2, P_3 и P_4, $P_{\text{ПΣ}}$ и $P_{\text{СТΣ}}$ и по температуре торможения $T_{\text{ТΣ}}$, параметры вектора истинной воздушной скорости вертолета при рулении и маневрировании по земной поверхности и на взлетно-посадочных режимах вычисляются в соответствии с уравнениями вида:

$$V_x = V_\Sigma \cos\left[90° - \frac{1}{2}\arcsin\left(\frac{4}{9\sin 2\varphi_{01}}\frac{P_1 - P_2}{P_{\text{ПΣ}} - P_{\text{СТΣ}}}\right)\right]\times$$

$$\times\cos\left[90° - \frac{1}{2}\arcsin\left(\frac{4}{9\sin 2\varphi_{02}}\frac{P_3 - P_4}{P_{\text{ПΣ}} - P_{\text{СТΣ}}}\right)\right] - K_{ix}|V_{i0}| - (\omega_y x - \omega_x z);$$

$$V_y = V_\Sigma \sin\left[90° - \frac{1}{2}\arcsin\left(\frac{4}{9\sin 2\varphi_{01}}\frac{P_1 - P_2}{P_{\Pi\Sigma} - P_{CT\Sigma}}\right)\right]\times \quad (6)$$

$$\times\cos\left[90° - \frac{1}{2}\arcsin\left(\frac{4}{9\sin 2\varphi_{02}}\frac{P_3 - P_4}{P_{\Pi\Sigma} - P_{CT\Sigma}}\right)\right] - K_{iy}|V_{i0}| - (\omega_z x - \omega_x z);$$

$$V_z = V_\Sigma \sin\left[90° - \frac{1}{2}\arcsin\left(\frac{4}{9\sin 2\varphi_{02}}\frac{P_3 - P_4}{P_{\Pi\Sigma} - P_{CT\Sigma}}\right)\right] - K_{iz}|V_{i0}| - (\omega_x y - \omega_y x);$$

$$V_B = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}; \quad \alpha = \operatorname{arctg}\frac{V_y}{V_x}; \quad \beta = \arcsin\frac{V_z}{\sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}} = \arcsin\frac{V_z}{V_B}.$$

Используя информацию о величине $V_П$ и углу сноса ψ_c вектора путевой скорости $\boldsymbol{V_п}$ вертолета от доплеровского измерителя скорости и угла сноса (ДИСС) и информацию о составляющих вектора истинной воздушной скорости, можно определить величину W и направление ψ вектора скорости ветра $\boldsymbol{W}$ или продольную W_x и боковую W_z составляющие вектора ветра на взлетно-посадочных режимах:

$$\Psi = \beta + \psi_c; \quad W_x = V_x - V_п\cos\psi; \quad W_z = V_z - V_п\sin\psi; \quad W = \sqrt{W_x^2 + W_z^2}. \quad (7)$$

Таким образом, предлагаемая бортовая система измерения параметров вектора ветра и других высотно-скоростных параметров решает задачу информационного обеспечения экипажа вертолета на стоянке, при рулении и маневрировании по земной поверхности (стартовые режимы), на взлетно-посадочных режимах.

Список литературы:

1. *Тихомиров А.А.* Ультрозвуковые анемометры и термометры для измерения пульсаций скорости и температуры воздушных потоков. Обзор // Оптика атмосферы и океана. – 2011. – Т.23. №7. – С. 585 – 600.

2. *Азбукин А.А., Богушевич Л.Я., Кобров А.А., Корольков В.А., Тихомиров А.А., Шелевой В.Д.* Автоматические метеостанции АМК–03 и их модификации // Датчики и системы, 2012. – №3. – С. 42 – 52.

3. Патент РФ на изобретение №2426995, МПК G 01 P 5/00. Система измерения малых воздушных скоростей вертолета / В.В. Солдаткин, В.М. Солдаткин, Н.А. Порунов, Н.Н. Макаров, В.П. Белов, Д.А. Истомин. Заявл. 23.11.2009. Опубл. 20.08.2011. Бюл. №23.

4. *Солдаткин В.М.* Методы и средства измерения аэродинамических углов летательных аппаратов. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2001. – 448 с.

5. *Солдаткин В.В.* Система воздушных сигналов вертолета на основе неподвижного аэрометрического приемника и информации аэродинамического поля вихревой колонны несущего винта: Монография. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2012. – 284 с.

PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF ONBOARD MEASURING SYSTEM OF VELOCITY AND DIRECTION ANGLE OF WIND, OTHER ALTITUDE-VELOCITY PARAMETERS IN PARKING, STARTING AND TAKEOFF AND LANDING MODES OF HELICOPTER

Nikitin A.
Supervisor: V. Soldatkin, V. Soldatkin
(*Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan*)

Structural diagram of stationary combined aerometric receiver, primary information processing algorithms and calculating of velocity and direction angle of wind, other altitude-velocity parameters relative to longitudinal axis of helicopter in parking, starting and takeoff and landing modes are considered.

УДК 616-005.6

ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТРОМБОЭМБОЛИИ

Рыжова Э.А.
Научный руководитель: А.А. Порунов, к.т.н., профессор
М.М. Тюрина к.т.н., ст. преподаватель
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье приведен анализ методов диагностики кровеносной системы на основе определения структурных изменений сосудов и вариаций гидродинамических параметров кровотока. Рассмотрены особенности задачи прогнозирования тромбоэмболии.

Профилактика и своевременное лечение заболеваний системы кровообращения в настоящее время является одной из существенных проблем здравоохранения. Ежегодно более 10 миллионов человек, как в России, так и во всем мире, переносят ишемический инсульт. Россия по этому показателю, к сожалению, занимает одно из первых мест. Результаты опроса населения в рамках исследования ONTARGET [1] показали, что более половины людей, имеющих риск развития инсульта, считают тяжелый инсульт хуже смерти. Лишь около 10% больных после заболевания возвращаются к активной профессиональной деятельности, 40% остаются тяжелыми инвалидами, часто требующими постоянного ухода. Это представляет значительную социально-медицинскую проблему, для решения которой требуется увеличить расходы государства на пенсии по инвалидности.

В настоящее время методы диагностики системы кровообращения приобрели широчайшее применение так, как при их использовании можно получить всю необходимую информацию о строении различных кровеносных сосудов, природе происхождения патологического очага, о его функциональном состоянии и т.п. Сейчас существует ряд методов, позволяющих проводить исследова-

ния микроциркуляторного русла различных кровеносных сосудов. Среди них выделяют микроскопические техники, используемые часто в офтальмоскопии, компьютерной *TV*-микроскопии сосудов конъюнктивы глазного яблока, ногтевого ложа, сосудов кожи. Они позволяют оценить структуру и диаметр микрососудов, состояние их тонуса, выявить различные внутри и внесосудистые изменения (замедление кровотока, стаз, липидные включения и т.д.). Ряд методов позволяет определить линейную скорость кровотока. Однако данные методы исследования не позволяют оценить тканевой кровоток в целом, выявить особенности его регуляции. Существуют методы оценки тканевого кровотока, в том числе окклюзионная плетизмография, вымывание радиоактивных изотопов, флюоресцентная микроангиография, введение меченых микросфер и т.д.

Однако некоторые из них нашли применение лишь в экспериментальной медицине из-за сложности применения у человека, другие связаны с необходимостью использования дорогостоящей техники. Кроме того, вышеперечисленные методы исследования микрокровотока позволяют лишь косвенно оценить особенности регуляции периферической гемодинамики [2].

Основным параметром гемодинамики кровеносной системы является скорость кровотока. Определение этого параметра крайне важно для исследования гемодинамики конкретного участка сосудистого русла или определенного органа и по его изменению можно говорить о наличии патологических сужении на протяжении сосуда, препятствий току крови (пристеночные тромбы, атеросклеротические бляшки), повышенной вязкости крови [4]. Сужение просвета артерии (рис.1) приводит к локальному увеличению скорости кровотока. Если в постстенотическом сегменте снижается давление и кровоток развивается гемодинамический эффект. Этот эффект является клинически важным, поскольку в этом случае увеличивается вероятность наличия бляшки с неоднородной структурой и высокой эмбологенностью. Поэтому в настоящее время неинвазивная, объективная оценка кровотока по сосудам разного калибра является самой актуальной задачей современной ангиологии. От успеха в ее решении зависит успех ранней диагностики таких

сосудистых заболеваний, как диабетическая микроангиопатия, синдром Рейно, различных окклюзий и стенозов сосудов.

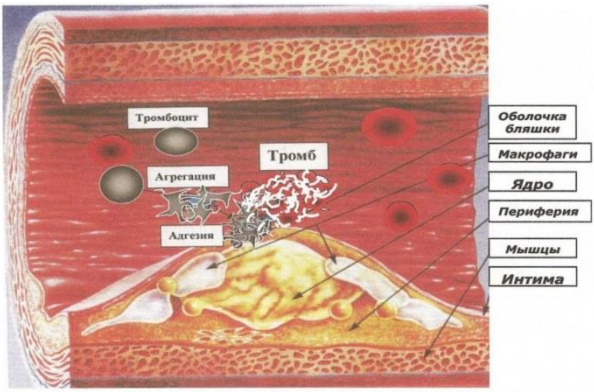


Рис.1. Участок сосуда с присутствием атеросклеротического образования.

Для того чтобы снизить риск летальных исходов при протекании ишемического инсульта, связанный с нестабильностью атеросклеротических образований (АСО) (подвижностью), известны следующие методы исследований кровеносной системы, основанные на проведении: коронарной ангиографии (для позиционирования АСО и определения близости ее к режиму флотации), флюоресцентной ангиографии, компьютеро-томографической коронарографии, лучевой диагностики сосудов, интервенционной радиологии, компьютерной томографии, а также на ультразвуковой доплеровской флоуметрии.

Сравнительный анализ методов измерения скорости кровотока показал[1], что предпочтительным для решения задачи прогнозирования и построения системы диагностики тромбоэмболии является ультразвуковой доплеровский метод. В настоящее время этот метод является наилучшим методом для оценки толщины стенки артерии и небольших бляшек, поскольку позволяет получить изображение самой сосудистой стенки, а не только толщи потока крови. Кроме того, при умеренном атеросклеротическом поражении можно получить продольное и поперечное изображение

измененного участка [3]. Этот метод отличается высокой информативностью, уникальной возможностью наблюдения кровотока с количественной оценкой параметров функционирования сосудов, относительно невысокой стоимостью обследования, практической безвредностью и возможностью использования портативных моделей при медицине катастроф и в машинах скорой помощи.

Таким образом, можно сделать вывод, что ультразвуковые методы диагностики обладают высоким потенциалом в плане достоверной классификации и оценки степени атеросклеротического поражения артерии, поскольку учитывают морфологические и комплексные гемодинамические параметры. Эти параметры отражают физиологические факторы, коррелирующие с прогнозом заболевания. Представленные в работе результаты исследования методов диагностики кровеносной системы позволяют сделать вывод, о том что оценка подвижности АСО имеет высокую информативную ценность для прогнозирования тромбоэмболии и делают актуальной задачу создания этих систем

Список литературы

1. *Мельников Л.В.* Дуплексное сканирование брахиоцефальных артерий: Учеб. Пособие – Пенза, 2009.-27с.

2. *Рашмер Р.* Динамика сердечно-сосудистой системы / Пер. с англ. М.: Медицина, 1981. – 600 с.

3. *Воронова О.* Разработка моделей и алгоритмов автоматизированной транспортной функции сердечно-сосудистой системы. Докторская дисс. на соиск. ст. доктор философии, Воронеж: Изд-во ВГТУ, 1995.

4. *Рыжова Э.А., Тюрина М.М.* Теоретическое обоснование состава исходной информации, необходимой для оценки подвижности атеросклеротического образования/ Сборник Всероссийской молодежной научно-технической конференции «Автоматика и электронное приборостроение» (АЭП-2017), посвященной 85-летию КНИТУ-КАИ – Казань, 2017.(в печати)

PECULIARITIES OF THE FORECASTING PROBLEM AND CONSTRUCTION OF THE DIAGNOSTIC SYSTEM THROMBOEMBOLS

Rizhova E.
Supervisor: A. Porunov, Candidate of Technical Sciences, Professor
M. Tyurina, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

This article analyzes the methods of diagnosing the circulatory system on the basis of determining the structural changes in blood vessels and variations in the hydrodynamic parameters of the blood flow. Specific features of the prediction of thromboembolism are considered.

УДК 621.3:629.7

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВЕРТОЛЕТОВ С КОМБИНИРОВАННЫМИ СИЛОВЫМИ УСТАНОВКАМИ

Хисматуллин Х.И., Архипов С.А.
Научный руководитель: В.Г. Новосельский, к.воен.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлен подход к разработке систем электроснабжения вертолетов с комбинированными силовыми установками.

В настоящее время на вертолётах с одним несущим винтом для обеспечения устойчивости и маневренности в полете применяются движители, в основном механического типа (рулевой винт), а также движители, использующие реактивную тягу воздушной или газовой струи. При применении рулевого винта по классической схеме, расположенного в хвостовой части вертолета, необходима механическая система передачи вращающего момента от силового двигателя к винту. Однако, данная система отбирает у двигательной установки до 20% мощности, что, негативно отражается на эксплуатационных характеристиках вертолета, особенно во время взлета и посадки и ведет к повышенному расходу топлива.

За рубежом ведутся работы по созданию электрифицированной системы компенсации реактивного момента несущего винта вертолета. Они позиционирует свою электрическую систему противовращения в качестве более экологичной, технологичной и легкой альтернативы NOTAR. Эта система предполагает установку в хвостовой балке электрического вентилятора с управляемым направлением выдува воздуха, который будет питаться от генератора, приводимого основным двигателем вертолета, а реактивный момент регулируется и меняется по линии воздушных (газовых) заслонок.

Данная система противовращения не учитывает зимний период эксплуатации вертолета. Проблема обледенения закрылок вентиляторов на хвостовой балке инженерами BellHelicopter не

решена не до конца. Также минус данной системы противовращения в том, что вертолеты с такой системой, не смогут летать свыше 4,8 км, потому что плотность воздуха достаточно мала и вентиляторы не смогут обеспечить момент противовращения.

Таким образом, более предпочтительный вариант использования комбинированных установок противовращения в вертолетах – это рулевой винт работающий на электродвигателе (Рис 1).

Кроме того, на вертолет с новой системой можно будет установить двигатель меньшей мощности, т.к. момент рулевого винта будет обеспечиваться не за счет момента несущего винта.

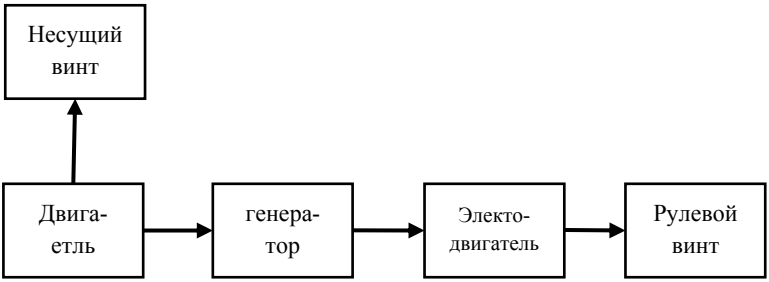


Рис. 1. Схема работы передачи момента от двигателя к рулевому винту

Данная система устойчива к различным климатам, будь то морозные антарктические условия, дождливый экватор или жаркая пустыня.

Из всего выше сказанного, можно сделать следующие выводы: во-первых, комбинированные установки противовращения имеют место быть, т.к. экономичны, не загрязняют окружающую среду, технология введения их в производство не сложна и дешева; во-вторых, наиболее надежно и практично использовать рулевой винт на электродвигателе, нежели американскую систему противовращения, основанную на вентиляторах вдоль всех хвостовой балки.

Список литературы:

1. *Сычев В.Ф.,* вертолет будущего [Электронный ресурс] // Технологии - 2017г. https://nplus1.ru/news/2017/03/07/bell (дата обращения: 15.05.2017).

HELICOPTER SYSTEMS WITH COMBINED POWER ISTALLATIONS

Khismatullin Kh., Arkhipov S.
Supervisor: V. Novoselsky, Candidate of Military Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The approach to the development of power supply systems for helicopters with combined power units is presented.

УДК 543.423

АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРИБОРА КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ ИЗНОСА ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Штейнфельд М.П.
Научный руководитель: С.В. Смирнова, к.т.н., доцент
(Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им. А.Н. Туполева, г. Казань)

В данной статье представлен алгоритм работы прибора контроля степени износа поршневой группы двигателя внутреннего сгорания автомобиля. Представлены основные формулы расчета и рассмотрены ключевые моменты работы прибора.

Рассмотрим алгоритм работы прибора контроля степени износа двигателя. Блок-схема такого алгоритма представлена на рис. 1.

Работа комплекса начинается с подачи питания на аппаратную часть и включения персонального компьютера. После включения ПК и загрузки ПО комплекс готов к работе.

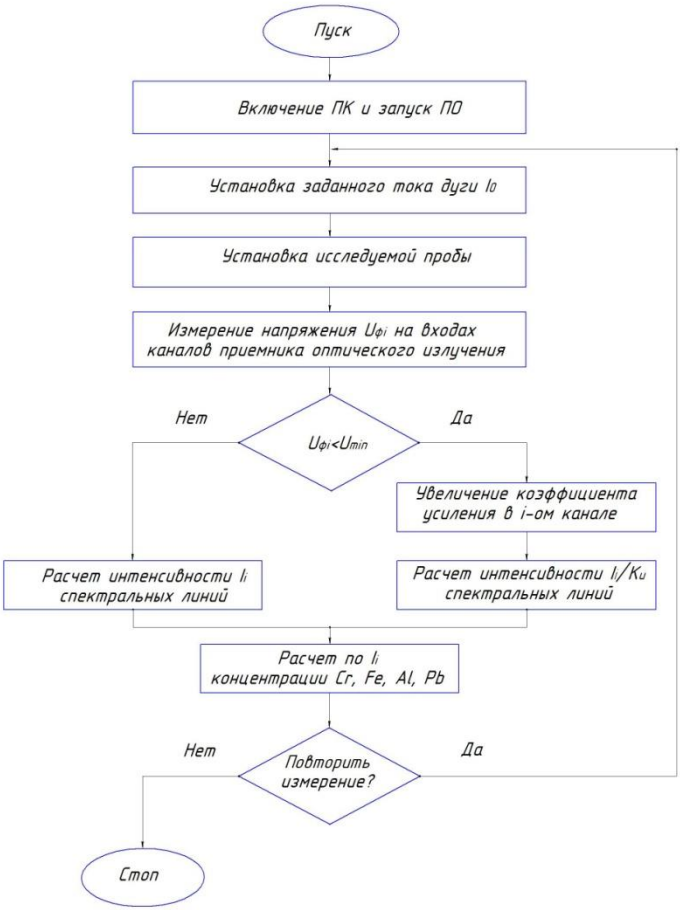


Рис. 1. Блок-схема алгоритма информационно-измерительного комплекса

Исследуемую пробу помещают в углубление графитовых электродов. Электроды закрываются металлическим экраном и производиться запуск аппаратной части. Ток дуги при этом поддерживается постоянным путем измерения такого тока датчиком тока и регулирования напряжения дуги тиристорами регулируемо-

го выпрямителя. Регулирование тока дуги производиться на всем протяжении работы комплекса.

После загорания дуги исследуемая проба сгорает в ее пламени и атомы пробы переводятся в возбужденное состояние. Полихроматор выделяет спектральные линии исследуемых атомов – железа, хрома, алюминия и свинца, а фотоприемные устройства измеряют интенсивности I_i каждой спектральной линии. При проведении такого измерения проводиться сравнение напряжения $U_{\phi i}$ каждого ФПУ с порогом U_{min}. Если выполняется условие $U_{\phi i}<U_{min}$, то в тракт данного ФПУ подключается усилитель, при этом напряжение ФПУ усиливается в K_{yc}=1000 раз.

Измеренные значения $U_{\phi i}$ запоминаются в памяти ПК и далее проводиться расчет интенсивностей спектральных линий по формуле:

$$I_i = \frac{U_{\phi i}}{\kappa \cdot S_\phi \cdot S_i \cdot K} = \frac{U_{\phi i}}{0{,}5 \cdot 3{,}84 \cdot 10^{-5} \cdot 0{,}6 \cdot 2 \cdot 10^{10}} = U_\phi \cdot 4{,}34 \cdot 10^{-6}\, Bm/м^2 \qquad (1)$$

После этого проводиться расчет концентрации железа, хрома, алюминия и свинца по формуле:

$$C \approx 100\% \frac{\frac{M_i}{N_A} \cdot \frac{I_i}{h\nu_{mn} \cdot A_{mn} \cdot (g_m / g_0) \cdot \exp(-E_m / k \cdot T)}}{m_{пр}} \qquad (2)$$

где, M_i – молярная масса исследуемого металла; $m_{пр}$ – масса пробы.

По (2) измеряется массовая концентрация металлов в пробе.

Измеренные значения индицируются на экране ПК и комплекс готов к повторному измерению.

При проведении повторного измерения весь цикл измерения повторяется заново.

Список литературы:

1. *Харитонов Ю.Я.* Аналитическая химия (аналитика). В 2 кн. Кн. 2. Количественный анализ. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. Учеб. для ВУЗов. 3-е изд. испр. М.: Высшая школа, 2005. 559 с.

2. *Б.В. Дворяшин.* Основы метрологии и радиоизмерений.

М.: Радио и связь, 1995 г. 271 с.

3. *Штейнфельд М.П., Смирнова С.В.* Экспресс-анализатор степени износа поршневой группы внутреннего сгорания автомобиля. Автоматика и электронное приборостроение: Всероссийская молодежная научно-техническая конференция, 25-28 апреля 2017 г.: Материалы конференции. Доклад.

ALGORITHM OF WORK OF THE DEVICE OF THE CONTROL OF THE DEGREE OF WEAR OF THE PISTON GROUP OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Shteinfeld M.
Supervisor: S. Smirnova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

This article presents an algorithm for the operation of the wear control device for the piston group of an internal combustion engine of a car. The basic calculation formulas are presented and the key moments of the device operation are considered.

ПОДСЕКЦИЯ 4.2

УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 62-52

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PID CONTROLLER AND FUZZY LOGIC CONTROLLER FOR CONTROLLING THE SPEED OF A DC MOTOR

Bikmurzin A.
Supervisors: V. Garkushenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
G. Zakirova, Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor.
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

Simulation speed of the DC motor using a PID controller and fuzzy logic controller was performed using the software package MATLAB/SIMULINK. The findings of our research illustrate why fuzzy logic controller shows a significant improvement in parameters compared to the PID controller.

Introduction

DC motors are used in different industries, robots and home appliances. In practice the DC motor design includes processes such as selecting a control circuit, modeling and setting parameters. For settings the parameters of speed DC motors are needed expert knowledge of the system to select the desired controller and configure it to get optimal performance. Recently, various modern control solutions are proposed for the speed control of a DC motor. For example, using a PID controller or FL controller to control the motor speed.

PID-controller

The PID controller is used to control speed DC motor, where it generates a control signal with the aim of obtaining the necessary accuracy and quality of the temporary process. The PID controller generates a control signal that is the sum of three terms, the first of which is proportional to the difference between the input signal and the feedback signal (the error signal), the second is the error signal integral, and the third is the derivative of the error signal.

The general equation of PID controller:

$$U(S) = \left[\mathrm{Kp} + \mathrm{SKd} + \frac{K_i}{S}] + \mathrm{E(S)}\right]$$

Where, Kp = proportional gain, Ki = Integral gain, Kd = Derivative gain.

The variable E(S) represents the tracking error which is the difference between the desired input value and the actual output. This error signal will be sent to the PID controller and both the derivative and the integral of this error signal are computed by the controller. PID-controller model (fig.1) and simulation results (fig.2):

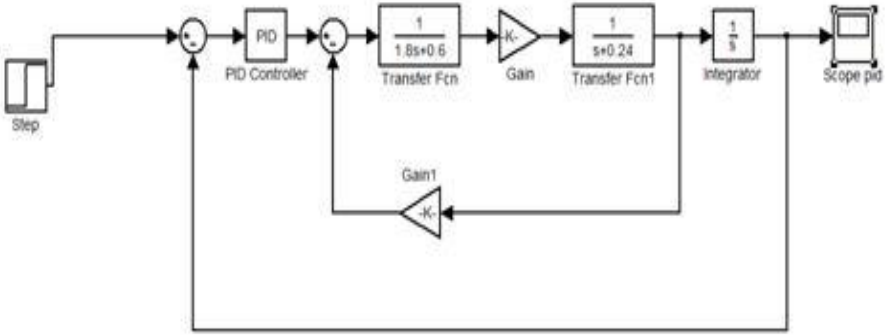


Fig. 1: Simulation dia. for PID controller

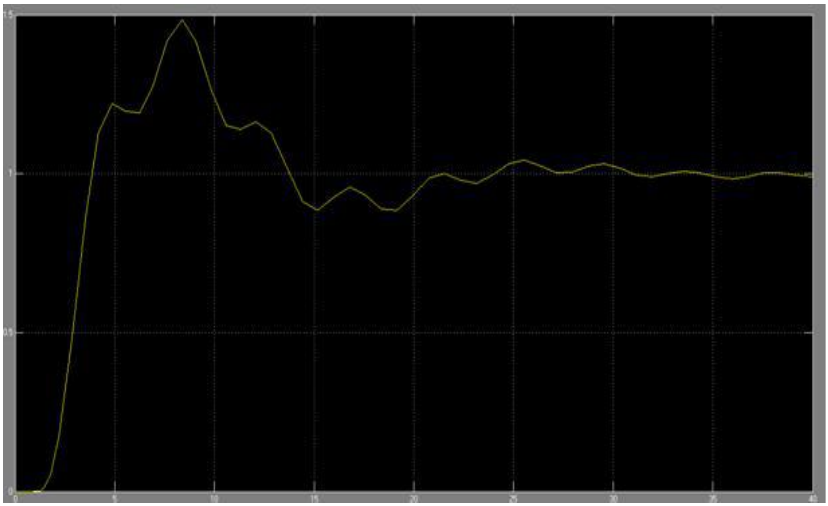


Fig. 2: Response of PID controller tuned by Z-N method

Fuzzy logic controller

The fuzzy logic controller is based on fuzzy sets theory, which became important due to Lotfi Zaden in the 1960s. Fuzzy set theory permits partial membership, or a degree of membership, which might be any significance along the continuum of 0 to 1. The membership function concretely defines degrees of membership based on the speed of a DC motor. With these functions set for controller or expert system inputs and outputs, the definition of a rule base of IF-THEN type conditional rules is presented. These rules are used to analyze controller inputs and define controller outputs by the process of fuzzy logic conclusion. Thus, fuzzy logic can be used to control the speed of a DC motor that a human can't control. The control rules from linguistic point of view that an expert can describe in a general manner can be transferred to a rule base for a fuzzy logic controller of control speed DC motor.

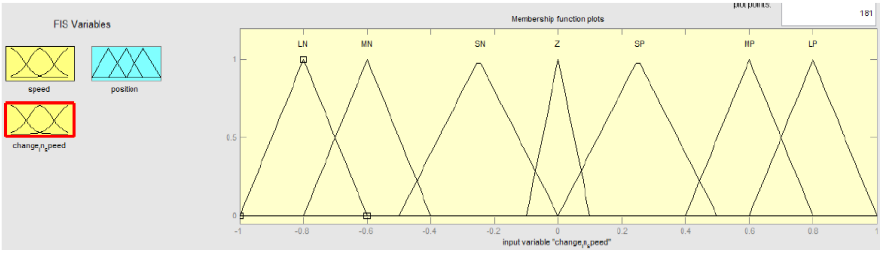


Fig. 4: Triangular input membership function for input (change in error).

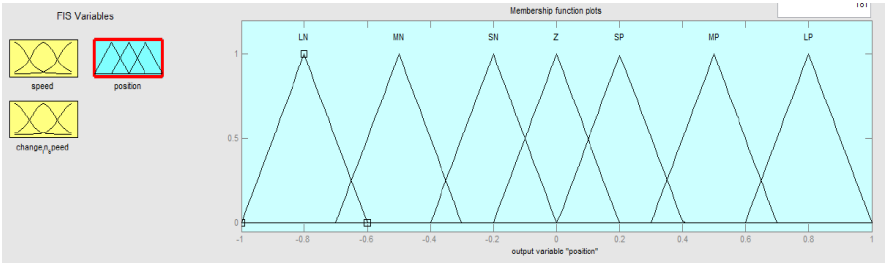


Fig. 5: Triangular input membership function for output (position).

Table 1:

IF-THEN rule base for fuzzy logic control.

E / CE	LN	MN	SN	Z	SP	MP	LP
LN	LN	LN	LN	LN	MN	SN	Z
MN	LN	LN	LN	MN	SN	Z	SP
SN	LN	LN	MN	SN	Z	SP	MP
Z	LN	MN	SN	Z	SP	MP	LP
SP	MN	SN	Z	SP	MP	LP	LP
MP	SN	Z	SP	MP	LP	LP	LP
LP	Z	SP	MP	LP	LP	LP	LP

Fuzzy logic controller model (fig.6) and simulation results (fig.7):

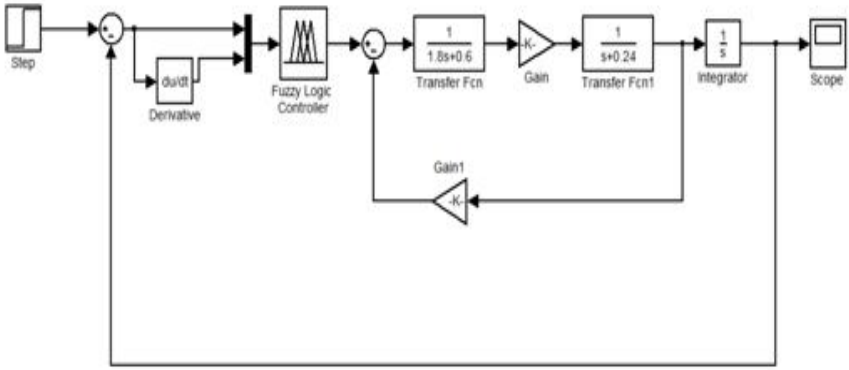


Fig. 6

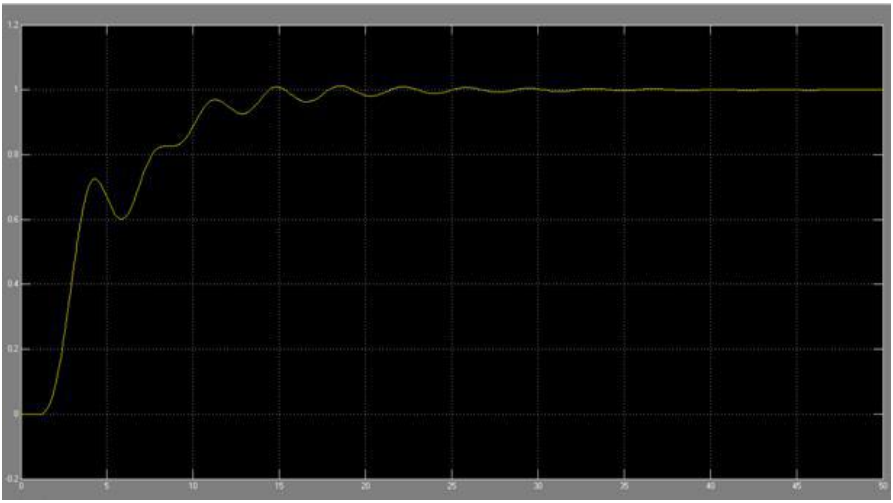


Fig. 7

Conclusion

Firstly, theoretical overview of the material shows that both controllers were used. Secondly, the obtained simulation results prove that the PID controller gives unsatisfied results. This allows us to take the

fuzzy logic controller. As a result, we came to conclusion that the operation of both controllers confirms that the latter controller shows better results in comparison with the previous one.

References:

1. *H.X.Li and S.K.Tso,* "Quantitative design and analysis of Fuzzy Proportional-Integral- Derivative Control- a Step Towards Autotuning", International journal of system science, Vol.31, No.5, 2000, pp.545-553.

2. *Zadeh, L. A., Fuzzy Sets.* Information and Control, 8, 338-353, 1965.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПИД-КОНТРОЛЛЕРА И НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧСЕКОГО КОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Бикмурзин А.М.
Научный руководитель: В.И. Гаркушенко, к.т.н., доцент.,
Г.Ш. Закирова, к.п.н., доцент.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Моделирование скорости двигателя постоянного тока с помощью ПИД-контроллера и нечеткого логического контроллера выполнялось с использованием программного пакета MATLAB/SIMULINK. Результаты нашего исследования поясняют, почему нечеткой логический контроллер показывает значительное улучшение параметров по сравнению с ПИД-контроллером.

УДК 681.5.01:658.5

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПРОДОЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ САМОЛЕТА В СКОЛЬЗЯЩЕМ РЕЖИМЕ НЕ ИНВАРИАНТНОМ К ВОЗМУЩЕНИЯМ

Богданов С.О., Султанова А.Ф.
Научный руководитель А.С. Мещанов А.С., к.т.н., с.н.с.
(*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, Казань)*

Синтезированы многообразия скольжения и управления при возмущениях, не удовлетворяющих условиями инвариантности. Представлены методы регулирование колебаний управления и уменьшения его энергетических затрат.

Постановка задачи. Рассматривается система уравнений

$$\dot{x} = Ax + Bu + DF, \qquad (1)$$

где $x = (x_1 \ldots, x_4)^T = (V, \alpha, \vartheta, \dot{\vartheta})$, $A = A_0 + \Delta A$, $B = B_0$, $u = (u_1, u_2)^T$, u_1 и u_2 - управления по тяге и рулю высоты, $D = D_0$, $F = \Delta F$; составляющие с символом « Δ » - неопределенные ограниченные возмущения:

$$A_0 = \left(a_{ij}^0\right)_1^4 = \begin{pmatrix} 0{,}010 & 0{,}080 & -0{,}200 & 0 \\ -0{,}680 & -2{,}500 & 0 & 1{,}000 \\ 0 & 0 & 0 & 1{,}000 \\ 1{,}276 & -14{,}250 & 0 & -2{,}900 \end{pmatrix}, \quad B = B_0 = (b_{ir}) = \begin{pmatrix} 0{,}020 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -100{,}000 \end{pmatrix}, \quad D = D_0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix},$$

$\Delta F = (\Delta f_1 \ \ \Delta f_2 \ \ \Delta f_3)$; $\Delta f_1 = d(V_x \ N_0)/dt$, где V_x - горизонтальная составляющая порывов ветра, V_0 – установившаяся (программная) скорость самолета [1, с.25], принимается $-0{,}01 \le \Delta f_1 \le 0{,}01$, $\Delta f_1 = 0{,}01 \sin \omega_1 t$, $\omega_1 = \pi$ *рад/с*; Δf_2 – определяется массой и расстоянием от центра масс самолета сбрасываемого груза, принимается $-1 \le \Delta f_2 \le 1$ и моделируется различными функциями, например, $\Delta f_2 = 1 \cdot \cos \omega_2 t$ с частотой $\omega_2 = 2\pi$ *рад/с*; Δf_3 – определяется не малыми и взаимно не компенсируемыми порывами ветра с изменением массы самолета при сбросе грузов и действии взрывов, принимается $-1 \le \Delta f_3 \le 1$ и моделируется, например, функцией $\Delta f_3 = 1 \cdot \sin \omega_3 t$ с частотой $\omega_3 = \pi$ *рад/с*, не удо-

влетворяет условиям инвариантности (третий столбец матрицы $D = D_0$ линейно независим со столбцами матрицы $B = B_0$); матрица ΔA параметрических возмущений $\Delta A = \left(\Delta a_{ij}\right)_1^4$ представлена Δa_{11} и Δa_{14}, обусловленными неопределенными местными изменениями плотности атмосферы, при моделировании учитываются ограничения $-0{,}001 \le \Delta a_{11} \le \le 0{,}001;\ -0{,}0004 \le \Delta a_{14} \le 0{,}0004$ и полагаются равными $\Delta a_{11} = 0{,}001\sin\omega_3 t,\ \Delta a_{14} = 0{,}0004\sin\omega_4 t,\ \omega_3 = \omega_4 = 1\ рад/с$; определение их более точных значений не влияет на качество процессов скользящего режима, так как $\Delta A(t)$ и $D = D_0$ удовлетворяют условиям инвариантности: $\Delta A(t) = B_0\lambda_{\Delta A}(t)$, $D = D_0 = B_0\lambda_F$ (В.И.Уткин, 1974 г.).

Задача качественной стабилизации продольного движения самолета на скользящем режиме без учета возможного влияния возмущения Δf_3 решена (Мещанов А.С. Известия вузов. Авиационная техника, 1981, № 2, С.39-44.). По результатам численного моделирования в установившемся сигнале управления по рулю высоты проявляются частоты возмущений Δf_1 и Δf_2 и выбранный шаг интегрирования, а также возникают резкие нарастания по модулю обоих управлений в начале процесса, что несколько увеличивает их энергетические затраты (оцениваемые интегралом от модулей управлений с коэффициентами размерностей за время переходного процесса). В этой связи решаются две задачи.

Задачи. 1. Синтезировать для продольного движения самолета многообразие скольжения и векторное управление нового типа при невыполнении условий инвариантности к возмущению Δf_3.

2. Повысить эффективность стабилизации путем регулирования параметров установившихся колебаний управления с устранением их возможного негативного воздействия на звенья системы и уменьшением энергетических затрат на управление.

Синтез многообразия скольжения и управления. Для синтеза система (1) преобразуется к регулярной форме, при которой управление входит только в последние два уравнения. Переходя от координат вектора $x = (x_1\ x_2\ x_3\ x_4)^T = (v\ \alpha\ \vartheta\ \dot{\vartheta})^T$, к $z = (z_1\ z_2\ z_3\ z_4)^T = Tx = (\alpha\ \vartheta\ v\ \dot{\vartheta})^T$, получаем

$$\dot{z} = A_z(t)z + B_z u + D_z F(t), \qquad (2)$$

где $A_z = A_{z0} + \Delta A_z(t)$, $B_z = B_{z0}$, $D_z = D_{z0}$, $F = \Delta F(t) = (\Delta f_1, \Delta f_2, \Delta f_3)^T$, $-1 \le \Delta f_i(t) \le 1$, $i = \overline{1,3}$,

$$A_{z0} = \left(a_{zij}\right)_1^4 = \begin{pmatrix} A_{z011} & A_{z012} \\ A_{z021} & A_{z022} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -2{,}500 & 0 & -0{,}680 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0{,}080 & -0{,}200 & 0{,}010 & 0 \\ -14{,}250 & 0 & 1{,}276 & -2{,}900 \end{pmatrix}, \quad B_z = B_{z0} = \begin{pmatrix} B_{z01} \\ B_{z02} \end{pmatrix} = \left(b_{zir\,0}\right) = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0{,}020 & 0 \\ 0 & -100{,}000 \end{pmatrix},$$

$r = 1{,}2, \quad i = \overline{1,4}$; $B_{z01} = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$; $D_z = D_{z0} = \begin{pmatrix} D_{z01} \\ D_{z02} \end{pmatrix} = (d_{z1}, d_{z2}, d_{z3}) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$, $D_{z01} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$,

$D_{z02} = \begin{pmatrix} D_{z02}^1 & D_{z02}^2 \end{pmatrix}$, $D_{z02}^1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$, $D_{z02}^2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$, $\Delta A_z(t) = \begin{pmatrix} \Delta A_{z1} \\ \Delta A_{z2} \end{pmatrix}$, $\Delta A_{z1} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$,

$\Delta A_{z2}(t) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \Delta a_{z33}(t) & \Delta a_{z34}(t) \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$, $\quad 0{,}001 \le \Delta a_{z33} \le 0{,}001, \quad -0{,}0004 \le \Delta a_{z34} \le 0{,}0004.$

В скольжении на некотором подвижном многообразии

$$S(s = (s_1, s_2)^T = C(t)z = 0) \qquad (3)$$

инвариантность по отношению к параметрическим $\Delta a_{z33}(t), \Delta a_{z34}(t)$ и к внешним $\Delta f_1(t), \Delta f_2(t)$ возмущениям выполняется, а к возмущению $\Delta f_3(t)$ нет, так как $\Delta A_z = B_z \lambda_{\Delta A_z}$, $d_{zi} = B_z \lambda_{\Delta f_i}$, $i = 1{,}2$, а $d_{z3} \ne B_z \lambda_{\Delta f_i}$

Для вывода уравнений скольжения и синтеза $2 \times 4-$ матрицы $C(t)$ по заданному качеству представим систему (2) в виде

$$\dot{z} = (A_{z0} + \Delta A_z(t))z + B_{z0}u + d_{z1}\Delta f_1(t) + d_{z2}\Delta f_2(t) + h(t), \qquad (4)$$

где через вектор $h(t)$ обозначено произведение $d_{z3}\Delta f_3(t)$, не удовлетворяющее условиям инвариантности. Применяя метод эквивалентного управления, означающий выражение управления из равенства нулю производной $\dot{s}$ в силу системы (4) и его подстановку в эту же систему, а также учета условий инвариантности, нулевой $2 \times 2-$ субматрицы B_{z01} в системе (2), разбиения $4 \times 1-$ векторов z, $d_{z1}\Delta f_1, d_{z2}\Delta f_2$ и $h = d_{z3}\Delta f_3$ по два $2 \times 1-$ субвектора $z^1 = (z_1, z_2)^T$, $z^2 = (z_3, z_4)^T$ и $d_{z1}\Delta f_1 = (0{,}0, \Delta f_1, 0)^T$, $(d_{z1}\Delta f_1)^1 = (0{,}0)^T$, $(d_{z1}\Delta f_1)^2 = (\Delta f_1, 0)^T$, $(d_{z2}\Delta f_2)^1 = (0{,}0)^T$, $(d_{z2}\Delta f_2)^2 = (0, \Delta f_2)^T$, $h^1(t) = d_{z3}^1 \Delta f_3(t) = (\Delta f_3(t), 0)^T$, $h^2(t) = d_{z3}^2 \Delta f_3(t) = (0{,}0)^T$, и разбиения $2 \times 4-$ матрицы $C(t)$ на две $2 \times 2-$ субматрицы $C^1(t)$ и $C^2 = E$, получаем после отбрасывания обращающихся в тождество последних 2-х уравнений, систему скользящего режима

$$\dot{z}^1 = A_{011}z^1 - A_{012}C^1(t)z^1 + h^1(t), \quad z^2 = -C^1(t)z^1. \qquad (5)$$

где матрица A_{012} принимается за матрицу входа управления скольжения

$$u_c = -C^1(t)z^1, \tag{6}$$

где матрицу $C^1(t)$ в u_c (6) предлагается формировать в виде суммы

$$C^1(t) = C^1_{const} + C^1_{h^1}(t, z^1(t)), \tag{7}$$

в которой $C^1_{h^1}(t, z^1(t)) = A^{-1}_{z012} diag\{\kappa_1 / |z_1|, \kappa_2 / |z_2|\}$, $\kappa_i > \max_t |h^1_i(t)|$, $i = \overline{1,2}$.

Многообразие S (3), управление u_c (6), (7) и система скользящего режима (5) преобразуются к виду:

$$\begin{gathered} S(s = C(t)z = C^1(t)z^1 + z^2 = (C^1_{const} + C^1_{h^1}(t, z^1(t)))z^1 + z^2 = C^1_{const}\, z^1 + A^{-1}_{z012}(\kappa_1 sign\, z_1, \kappa_2 sign\, z_2)^T + \\ + z^2 = 0), \qquad u_c = -C^1 z^1 = -(C^1_{const} + C^1_{h^1}(t, z^1(t)))z^1 = -(C^1_{const}\, z^1 + A^{-1}_{z012}(\kappa_1 sign\, z_1, \kappa_2 sign\, z_2)^T), \\ \dot z^1 = (A_{0z11} - A_{z012}\, C^1_{const})\, z^1 + (h^1(t) - diag\ \{\kappa_1, \kappa_2\}\ sign\ z^1), \qquad z^2 = -C^1(t)z^1, \end{gathered} \tag{8}$$

где $sign\, z^1 = (sign\, z_1, sign\, z_2)^T$, $diag\{\kappa_1, \kappa_2\}\ sign\, z^1 = (\kappa_1 sign\, z_1, \kappa_2 sign\, z_2)^T$ и составляющие вектора $(h^1(t) - diag\{\kappa_1, \kappa_2\} sign\, z^1) = (h_1(t) - \kappa_1 sign\, z_1,\ h_2(t) - \kappa_2 sign\, z_2)^T$ имеют знаки, доставляющие (при κ_i больших по модулю составляющих h_i вектора $h^1(t)$), координатам субвектора z^1 дополнительные к действию матрицы C^1_{const} скорости их убывания по модулю. Управление скольжением u_c (8) преодолевает (превышает) действие вектора неопределенных $h^1(z^1, t)$ возмущений.

Рассмотрим синтез управления, приводящего систему (4) в полученный скользящий режим (8). Представим производную $\dot s$ функции переключений $s = C(t)z$ (2), (8) и управление в системе (4) в виде сумм

$$\dot s = \dot s_0 + \dot s_{\Delta A_z} + \dot s_{\Delta f_{1,2}} + \dot s_h, \qquad u = u_0 + u_{\Delta A_z} + u_{\Delta f_{1,2}} + u_h, \tag{9}$$

где, согласно приведенным выше разбиениям в системе (4), имеем

$$\begin{gathered} \dot s_0 = C^1_{const}(A_{z011} z^1 + A_{z012} z^2) + A^{-1}_{z012}(\kappa_1 d(sign\, z_1)/dt, \kappa_2 d(sign\, z_2)/dt)^T + \\ + A_{z021} z^1 + A_{z022} z^2 + B_{z02} u_0, \quad \dot s_{\Delta A_z} = \Delta A_{z2} z + B_{z02} u_{\Delta A_z}, \quad \dot s_{\Delta f_{1,2}} = D_{z02} \Delta f_{1,2} + \\ + B_{z02} u_{\Delta f_{1,2}}, \quad \dot s_h = C^1_{const} h^1(t) + B_{z02} u_h. \end{gathered}$$

Управление u_0 находится из необходимого условия равенства $\dot{s}_0$ (9) выражению $\dot{s}_0 = K_g g + K_s s$ с диагональными матрицами K_g, K_s разрывных коэффициентов

$\kappa_{gj} = \kappa_{gj}^{+} < 0 \ \ при \ \ s_j g_j > 0$, $\kappa_{gj} = \kappa_{gj}^{-} > 0 \ \ при \ \ s_j g_j \le 0$,

$\kappa_{sj} = \kappa_{sj}^{+} < 0 \ \ при \ \ s_j g_j > 0$, $\kappa_{sj} = \kappa_{sj}^{-} < 0 \ \ при \ \ s_j g_j \le 0$, $j = 1,2$:

$$u_0 = B_{z02}^{-1}[K_g g + K_s s - (C_{const}^1 (A_{z011} z^1 + A_{z012} z^2) + A_{z012}^{-1}(\kappa_1 d(sign\, z_1)/dt, \quad (10)$$
$$\kappa_2 d(sign\, z_2)/dt)^T + A_{z021} z^1 + A_{z022} z^2)],$$

где знаки разрывных коэффициентов определяются известными условиями существования скользящего режима и попадания изображающей точки (далее – и.т.) на многообразие скольжения, $g_j = d_j^T z$ -вспомогательная функция переключений структур u_0, производные сигнатур $d(sign\ z_i)/dt$, аппроксимируются известными непрерывными функциями (Г.Корн, Т. Корн, 1973 г.), с учетом $sign\ z_i$ в моменты «прошивания» и.т. гиперплоскости $z_i = 0$, $i = 1,2$.

Управления $u_{\Delta A_z} = (u_{1\Delta A_z}, u_{2\Delta A_z})^T$, $u_{\Delta f_{1,2}} = (u_{\Delta f_{1,2}}, u_{\Delta f_{1,2}})^T$, $u_h = (u_{h1}, u_{h2})^T$ находятся по достаточным условиям попадания и.т. на гиперплоскости $S_1(s_1 = 0), S_2(s_2 = 0)$: $\dot{s}_{j\Delta A_z} s_j < 0$, $\dot{s}_{\Delta f_j} s_j < 0$, $\dot{s}_{h_j} s_j < 0$, $j = \overline{1,2}$, и выражениям производных $\dot{s}_{\Delta A_z}, \dot{s}_{\Delta f_{1,2}}, \dot{s}_h$ (9) с заданными структурами:

$u_{\Delta A_z} = (u_{1\Delta A_z}, u_{2\Delta A_z})^T = B_{z02}^{-1} u_{\Delta A_z}^*$, $u_{\Delta A_z}^* = (u_{1\Delta A_z}^*, u_{2\Delta A_z}^*)^T$; $u_{\Delta f_{1,2}} = (u_{\Delta f_1}, u_{\Delta f_2})^T = B_{z02}^{-1} u_{\Delta f_{1,2}}^*$,

$u_{\Delta f_{1,2}}^* = (u_{\Delta f_1}^*, u_{\Delta f_2}^*)^T$; $u_h = (u_{h1}, u_{h2})^T = B_{z02}^{-1} u_h^*$, $u_h^* = (u_{h1}^*, u_{h2}^*)^T$.

Качество процессов по координатам субвектора z^2 (5)

$$z^2 = -(C_{const}^1 z^1 + A_{0z12}^{-1}(\kappa_1 sign\ z_1, \kappa_2 sign\ z_2)^T)$$

повышается аппроксимацией сигнатур непрерывными функциями.

Регулирование установившихся колебаний управления и уменьшения его энергетических затрат. Одним из общих подходов является обнуление в малой окрестности многообразия скольжения $|s_j| \le \Delta s_j$, $\Delta s_j > 0$, $j = \overline{1,2}$, в номинальных управлениях u_0 (10) разрывных переключаемых коэффициентов матрицы K_g и приравнивание переключаемых коэффициентов матрицы K_s. Ха-

рактеристическое уравнение системы скользящего режима не должно содержит комплексно-сопряженные корни, так как координаты вектора состояния данного режима входят в управление. В случаях не инвариантности по $h(t)$ или недостаточно точной компенсации возмущений ΔA_z и $\Delta f_{1,2}$ предлагается переход на гибридное управление, которое в указанной малой окрестности многообразия S (3) переключается с разрывного управления $u = u_0 + u_{\Delta A_z} + u_{\Delta f_{1,2}} + u_h$ (9)-(13) на непрерывное управление (Мещанов А.С., ВСПУ-2014. Москва. С. 564-577), которое имеет достаточно малую амплитуду установившихся колебаний и осуществляет в малой заданной окрестности асимптотическое приведение и.т. на многообразие S с процессом достаточно мало отличающимся от идеального скользящего режима.

Для уменьшения энергетических затрат на управление предлагается использование: 1) динамических свойств самого объекта; 2) отключения управления на определенных промежутках времени с большей скоростью уменьшения производной положительно-определенной функции; 3) гибридного управления; 4) настройки коэффициентов управления с их экспоненциальным нарастанием по модулю до предельных значений за треть времени процесса.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 16-31-00463 мол_а.

Список Литературы

1. *Боднер В.А.* Теория автоматического управления полетом. М.: Наука, 1964. -700 с.

STABILIZATION OF THE LONGITUDINAL MOTION OF THE AIRCRAFT USING A SLIDING MODE NOT INVARIANT TO PERTURBATIONS

Bogdanov O., Sultanova A.

Supervisor A. Meshanov, Candidate of Technical Sciences,
Senior Researcher Officer
(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev, Kazan)

Synthesized diversity skidding and control when disturbances do not satisfy the conditions of invariance. Presents methods for regulation of oscillation control and reduce its energy costs.

УДК 519.622.2+621.646.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АКСИАЛЬНОГО РЕГУЛИРУЕМОГО ДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА

Болдырев А.В., Карелин Д.Л., Мулюкин В.Л.
(Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжский) федерального университета,
г. Набережные Челны)

Разработана математическая модель динамических процессов в аксиальном регулируемом объемном делителе потока. Построены переходные динамические характеристики при изменении рабочего объема секции делителя.

В виду привлекательности преимуществ гидрообъемной трансмиссии (ГОТ) продолжаются работы по совершенствованию ее конструкции и разработке систем автоматического управления.

В работах [1, 2] авторы предлагают схемное решение с приводом от 3-х гидроприводов (по одному на каждую ось) для автомобиля 6х6 «Гидроход-49061» в котором каждый гидромотор соединен с ведущим колесом через бортовой и колесный редуктор. При этом регулирование момента на колесе, при изменении величины коэффициента сцепления, в предложенной схеме [1, 2] осуществляется за счет изменения рабочего объема гидромотора. Это ведет к необходимости увеличения расхода рабочей жидкости и дополнительным гидравлическим потерям и усложняет систему управления.

Использование аксиального делителя (см. рис. 1) в составе ГОТ позволит реализовать регулирование момента на мотор-колесе за счет динамики давления без увеличения расхода рабочей жидкости, а так же упростить систему управления.

Учитывая актуальность вопроса применения ГОТ и совершенствования ее конструкции необходимо исследование переходных характеристик предлагаемого аксиального делителя потока рабочей жидкости.

С этой целью в данной статье разработана математическая модель динамических процессов в аксиальном регулируемом объемном делителе потока, содержащем четыре регулируемые аксиально-поршневые секции.

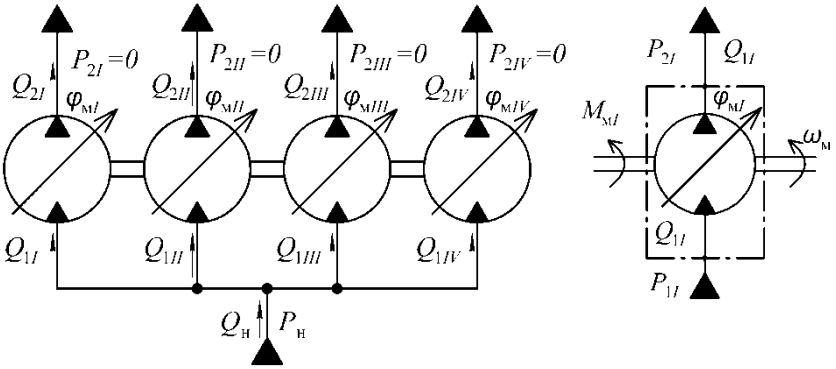


Рис. 1. Расчётная схема регулируемого делителя потока

Рабочий объем одной секции делителя потока

$$q_{мI} = \frac{S_п \cdot z \cdot D_п}{2\pi} tg(\varphi_{мI}) \qquad (1)$$

Уравнение крутящих моментов на валу секции делителя потока

$$q_{мI} \cdot (P_{1I} - P_{2I}) = J_м \frac{d\omega_м}{dt} + k_{тр}\omega_м \qquad (2)$$

С учётом рабочего объёма получаем

$$\frac{S_п \cdot z \cdot D_п}{2\pi} tg(\varphi_{мI}) \cdot (P_{1I} - P_{2I}) = J \frac{d\omega_м}{dt} + k_{тр}\omega_м \qquad (3)$$

Расход теоретический, потребляемый секцией делителя

$$Q_м = Q_{1I} - Q_{перI} - Q_{у1I} - \frac{V_0}{E_{пр}} \frac{d(P_{1I})}{dt} \qquad (4)$$

и

$$Q_м = Q_{2I} - Q_{перI} + Q_{у2I} - Q_{сжI} \qquad (5)$$

Принятые допущения:

1) мощность источника гидравлической энергии не ограничена;

2) $P_{1I} = P_{1II} = P_{1III} = P_{1IV} = P_н$;

3) $P_{2I} = P_{2II} = P_{2III} = P_{2IV} = 0$.

Окончательно получаем систему шести уравнений.

$$\begin{cases} \dfrac{V_м}{2\pi} \cdot \left(tg(\varphi_{мI}) + tg(\varphi_{мII}) + tg(\varphi_{мIII}) + tg(\varphi_{мIV})\right) \cdot p_н = \\ = 4J \dfrac{d\omega_м}{dt} + 4k_{тр}\omega_м \\ \dfrac{V_м}{2\pi} \cdot tg(\varphi_{мI}) \cdot \omega_м = Q_{1I} - \left(k_{пер} p_н + k_y p_н + \dfrac{V_0}{E_ж} \dfrac{d(P_н)}{dt} \right) \\ \ldots \ \ldots \ \ldots \\ \dfrac{V_м}{2\pi} \cdot tg(\varphi_{мIV}) \cdot \omega_м = Q_{1IV} - \left(k_{пер} p_н + k_y p_н + \dfrac{V_0}{E_ж} \dfrac{d(P_н)}{dt} \right) \\ Q_н = Q_{1I} + Q_{1II} + Q_{1III} + Q_{1IV} \end{cases} \qquad (6)$$

Для упрощения уравнений вводим следующие коэффициенты.

$$\begin{cases} K1 = \dfrac{4 \cdot J_м}{\dfrac{V_м}{2\pi} \cdot \left(tg(\varphi_{мI}) + tg(\varphi_{мII}) + tg(\varphi_{мIII}) + tg(\varphi_{мIV})\right)} \\ K2 = \dfrac{4 \cdot k_{тр}}{\dfrac{V_м}{2\pi} \cdot \left(tg(\varphi_{мI}) + tg(\varphi_{мII}) + tg(\varphi_{мIII}) + tg(\varphi_{мIV})\right)} \\ K3 = \dfrac{V_м}{2\pi} \dfrac{\left(tg(\varphi_{мI}) + tg(\varphi_{мII}) + tg(\varphi_{мIII}) + tg(\varphi_{мIV})\right)}{4} \end{cases} \qquad (7)$$

$$A1 = \frac{V_м K1}{E_{ж}}; \ A2 = \left(k_{пер} \cdot K1 + k_y \cdot K1 + \frac{V_м K2}{E_{ж}} \right); \qquad (8)$$

$$A3 = \left(k_{пер} \cdot K2 + k_y \cdot K2 + K3\right); \qquad A4 = \frac{Q_н}{4}$$

В результате преобразований получили дифференциальное

уравнение углового ускорения вала регулируемого делителя потока

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{A4}{A1} - \frac{A2}{A1}\varepsilon - \frac{A3}{A1}\cdot\omega \qquad (9)$$

Переходные динамические характеристики делителя построены в предположении, что в момент времени $t = 5$ с изменяется угол наклона шайбы одной из секций.

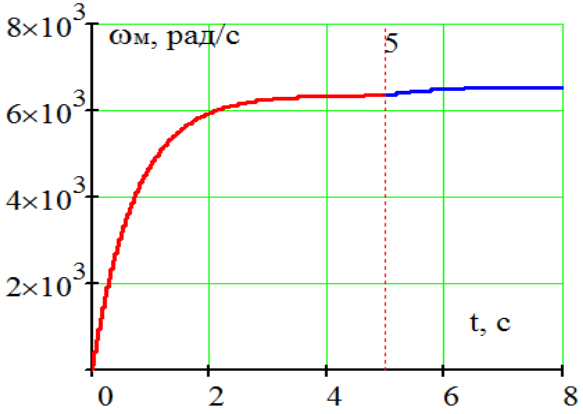


Рис. 2. Угловая скорость вала делителя потока, рад/с.

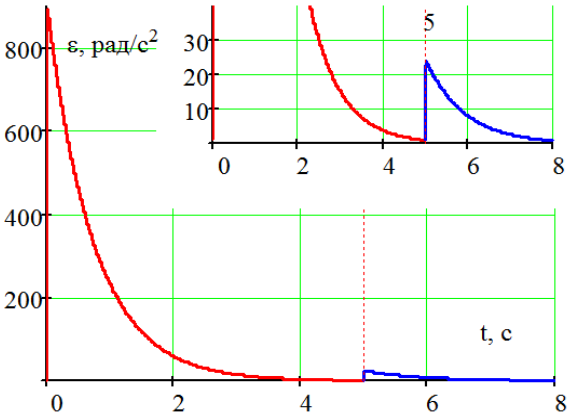


Рис. 3. Угловое ускорение вала делителя потока, рад/с^2

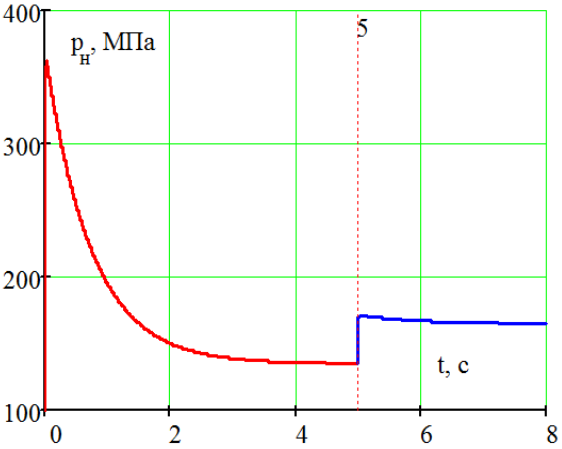


Рис. 4. Давление в напорной линии, МПа.

Для решения уравнения (9) использован метод Рунге-Кутты 4-го порядка с фиксированным шагом. По найденному значению углового ускорения вала делителя из уравнения $d\omega/dt = \varepsilon$ определена угловая скорость в каждый момент времени, а затем из 1-го уравнения системы (6) методом численного дифференцирования рассчитано давление жидкости на входе в делитель.

На рисунках 2-4 представлены полученные зависимости угловой скорости и углового ускорения вала, а также давления жидкости на входе в делитель в зависимости от времени соответственно.

На основании результатов, полученных при данной постановке задачи и сделанных допущениях, видно, что переходный процесс при изменении угла наклона шайбы одной из секций происходит апериодически без возникновения незатухающих гармонических колебаний.

В дальнейшем, целесообразно оценить другие динамические характеристики аксиального регулируемого объемного делителя: расход на входе в делитель, расходы и давления на выходе каждой секции делителя, а также взаимовлияние этих параметров.

Список литературы:

1. *Шухман С.Б., Бахмутов С.В., Маляревич В.Э.* Схемные решения автоматического управления гидрообъемной трансмиссией полноприводного АТС // Автомобильная промышленность. – 2007, № 3. – С. 15-18.

2. *Лепешкин А.В.* Система автоматического адаптивного управления полнопоточной гидрообъемной трансмиссией для трехосного полноприводного автомобиля // Машины и Установки: проектирование, разработка и эксплуатация. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. № 04. – С. 76–104.

RESEARCH OF TRANSITIONAL DYNAMIC CHARACTERISTICS OF AXIAL ADJUSTABLE FLOW DIVIDER

Boldyrev A., Karelin D., Mulyukin V.
(Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny Institute, Naberezhnye Chelny)

A mathematical model of dynamic processes in an axial adjustable volumetric flow divider was developed. Transitional dynamic characteristics were obtained when the displacement of the divider section changed.

УДК 681.5.013

СИНТЕЗ КОМБИНИРОВАННОГО ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО КАНАЛА БЛА МУЛЬТИКОПТЕРНОГО ТИПА

Виноградов С.С.
Научный руководитель: В.И. Гаркушенко, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Разработана и верифицирована аналитическая модель вертикального канала БЛА нестандартной конфигурации, учитывающая влияние земли и работу аккумуляторных батарей. Для управления движением синтезируется комбинированный закон управления, изменяющий свое состояние исходя из выполняемых этапов полета. Компенсация влияния воздушной подушки осуществляется путем корректировки управления нечеткой логикой Мамдани типа. Эффективность используемых методов подтверждается экспериментально.

Вводная часть. Объектом управления является вертикальный канал малоразмерного БЛА мультикоптерного типа (см. рисунок 1). Данный аппарат сочетает в себе соосную вертолетную и квадрокоптерную схемы. Необходимая тяга создается восьмью управляющими винтами поз. 1, расположенными по периметру ОУ, и двумя несущими винтами поз. 2, расположенными в центральной части. Управление в вертикальном направлении осуществляется путем подачи необходимого напряжения на электродвигатели несущих винтов. Электродвигатели питаются от батарей поз. 6 и 7. В качестве датчиковой группы выступают инерциальный датчик, барометр и лидар поз.3. Поз. 4 отмечены отклоняемые пластины для управления направлением полета, поз. 5 – шасси.

Целью работы является разработка закона управления вертикального канала БЛА, обеспечивающего выполнение этапов взлёта, удержания высоты и приземления со следующими показателями качества: перерегулирование при выходе на заданную высоту не более 10%, статическая ошибка при удержании высоты на низких

высотах (менее 10 метров) и отсутствии внешних возмущений не более 0.5 м., при приземлении в момент касания поверхности земли скорость не более 2 м/с.

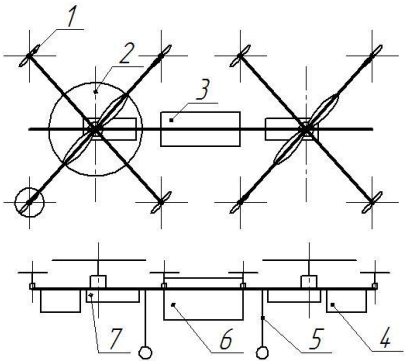


Рис. 1 – Схема БЛА

Математическая модель. Математическая модель ОУ формируется путем описания подсистем известными аналитическими зависимостями с параметрами, определяемыми путем прямых измерений, и определением структуры уравнения с последующей экспериментальной идентификацией параметров.

Уравнения динамики и кинематики получены путем использования уравнения Ньютона-Эйлера и матриц перехода из системы координат связанной с телом в земную систему координат. Массово-габаритные характеристики получены путем прямых измерений.

Для изучения эффекта воздушной подушки и идентификации параметров подсистем был разработан стенд замера тяги, состоящий из платформы, на которой фиксируется БЛА, двух тензодатчиков с основанием, на котором размещены тензодатчики и аппаратуры считывания сигналов. Результаты экспериментов на стенде проанализированы с использованием инструментов «System Identification Toolbox» и «Curve Fitting Toolbox» пакета MATLAB.

Согласно [1] воздушная подушка оказывает прирост к тяге в зависимости от высоты полета. Определение зависимости коэффициента тяги от высоты полета произведено путем размещения БЛА на различных высотах от поверхности земли и последующего

замера тяги с помощью стенда при оборотах винтов соответствующих приземлению. Разработанная модель земли также содержит в себе логику, не позволяющую БЛА проваливаться под землю при множестве взлетов и посадок в течение одного цикла моделирования, обеспечивая при этом реальное поведение аппарата.

Синтез регулятора. В вертикальном направлении принимается три основных режима полета: взлёт; удержание высоты и приземление. Самым ответственным режимом является приземление. Превышение скорости приземления при касании земли может привести к удару и как минимум поломке шасси, снижение скорости и плавное касание увеличивает влияние воздушной подушки, нагрузка на управляющие винты при этом возрастает и повышается риск опрокидывания аппарата. Поэтому применяются методы, обеспечивающие компенсацию влияния внешних возмущений на режиме приземления.

За основу берется пропорционально-интегрально-дифференциальный метод регулирования. Используется три контура регулирования: по положению – П-регулирование, скорости – ПИ-регулирование, и ускорению – И-регулирование. В режиме приземления внешний контур по положению отключается и изменяются коэффициенты регулятора, что позволяет сделать удержание скорости более жестким. Первоначальная настройка коэффициентов осуществлена с использованием инструмента «Control System Toolbox» пакета MATLAB.

В связи с тем, что во внутреннем контуре используется только интегральная составляющая, появляется возможность исключить измерение ускорения путем переноса интегрирующего звена.

Также для внешнего контура разработан «антивиндап» (англ. anti-windup, AW), осуществляющий борьбу с насыщением интегратора путем введения дополнительных логических операций и обратных связей.

С использованием Simulink пакета MATLAB собрана полная модель рассматриваемой системы. Результаты корректировки коэффициентов и моделирования показали, что аппарат выполняет режимы полета в соответствии с требованиями качества регулирования, однако присутствует незначительное влияние воздушной

подушки, выражающееся в «подпрыгивании» БЛА на высоту 5-10 сантиметров в момент касания земли. Данный эффект также выявлен при реальном эксперименте.

На основе метода, представленного в [2, 3], разработан блок нечеткой логики, вычисляющий коэффициент K для корректировки управления тягой, в зависимости от ошибок скорости и высоты полета вблизи с поверхностью земли в режиме приземления. Две входные функции принадлежности треугольного вида связаны с двумя выходными функциями принадлежности Гауссового вида с помощью следующих четырех правил:

1. если ΔH большая и ΔV низкая, то K обычный;
2. если ΔH большая и ΔV большая, то K обычный;
3. если ΔH низкая и ΔV низкая, то K обычный;
4. если ΔH низкая и ΔV большая, то K низкий.

На рисунке 2 представлена поверхность коэффициента K в зависимости от ошибки высоты ΔH (на рисунке hEr) и ошибки скорости ΔV (на рисунке vEr).

Разработанный и отлаженный на модели алгоритм с использованием инструмента «Embedded coder» пакета MATLAB скомпилирован в код C++ и отлажен для работы в составе автопилота Pixhawk PX4.

Для отработок алгоритмов взлета/посадки разработан специальный стенд со страховочной системой, обеспечивающий свободные перемещения в вертикальной плоскости, с ограничением по углам и вертикальной скорости.

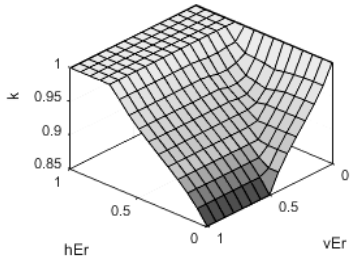


Рис. 2 – Поверхность коэффициента тяги

На рисунке 3 представлены результаты моделирования и эксперимента на стенде при взлете на 1 метр, удержания высоты

и приземлении. Команда на взлёт подается на 7,5-ой секунде, команда на удержание высоты на 12,5 секунде, команда на снижение на 15,6 секунде.

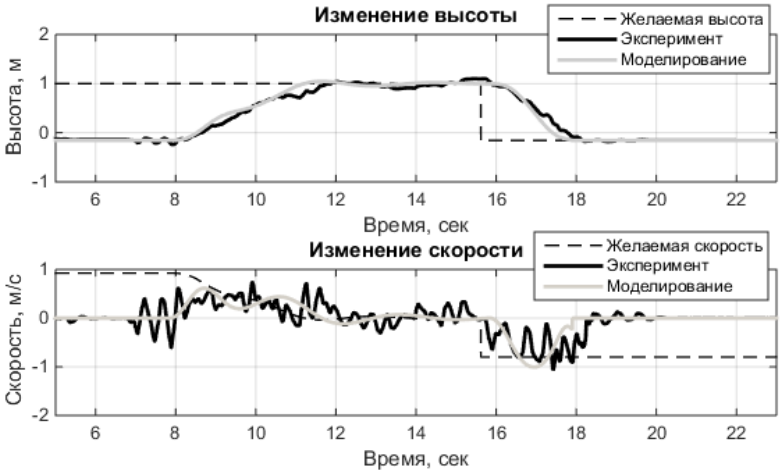


Рис. 3 – Результаты работы синтезированного комбинированного закона управления

Выводы. На основе данных об объекте управления, полученных с использованием специально разработанных стендов, синтезирован комбинированный закон управления, удовлетворяющий требованиям качества регулирования. Для борьбы с внешним возмущением в виде воздушной подушки на самом ответственном этапе полета использован корректирующий блок нечеткой логики. Работоспособность полученного алгоритма подтверждена экспериментально.

Способ построения модели эффекта земли и метод борьбы с ним также может быть использован для анализа работы и усовершенствования других законов управления, таких как в работе [4].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 15-08-05575.

Список литературы:

1. *Акимов А.И.* Аэродинамика и летные характеристики вертолетов // М.: Машиностроение, 1988. – 144 с.

2. *Виноградов С.С.* Синтез нечёткого навигационного регулятора для малоразмерного вертолёта «Раптор»// Электронный журнал «Труды МАИ», Выпуск №73.

3. *Гаркушенко В.И., Виноградов С.С., Баракос Дж.* Синтез робастных законов управления беспилотным вертолетом // Вестник КГТУ им. А. Н. Туполева, 2014 г., №1 – Стр. 96-103, ISSN 2078-6255.

4. *Гаркушенко В.И., Виноградов С.С., Баракос Г.Н.* Синтез управления беспилотным вертолетом с учетом запаздывания при неопределенных внешних возмущениях // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника, 2016 г., №2 – Стр. 3-9, ISSN 0579-2975.

COMBINED CONTROL LAW SYNTHESIS FOR UNMANNED MULTICOPTER VERTICAL CHANNEL

Vinogradov S.

Supervisor: V. Garkushenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The analytic model of the UAV vertical channel is developed and verified. UAV has non-standard configuration. The model takes into account a ground effect and a battery discharge. Next, the combined control law, that cans changes states based on flight modes, is synthesized. Compensation of the ground effect is carried out using Mamdani type fuzzy logic control. Effectiveness of the methods is confirmed experimentally.

УДК 681.5.01:658.5

К ЭФФЕКТИВНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ОБОРОТОВ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Гатауллина Л.А., Каратаева М.В.
Научный руководитель А.С. Мещанов, к.т.н., с.н.с.
(*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, Казань)*

Применяются и развиваются методы управления в скольжении [1, 2]. Предлагаются регулирование установившихся колебаний и малые энергетические затраты управления.

Постановка задачи. Рассматривается структурная схема системы стабилизации с управляющим устройством переменной структуры (УУ СПС) на скользящем режиме, содержащая передаточные функции электро-машинного усилителя ($W_{эму}$), генератора ($W_г$), двигателя ($W_д$), двигателя по возмущению ($W_д^f$) и тахогенератора ($W_{тг}$) (рис.1).

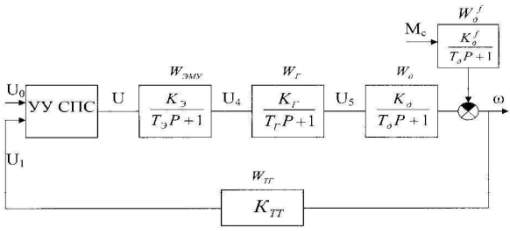


Рис.1. Структурная схема системы стабилизации оборотов.

Задача 1. Найти такое управление U, чтобы: 1) время переходного процесса не превышало одной секунды, $t_{пп} \le 1c$; 2) установившаяся ошибка и перерегулирование были нулевыми; 3) затухание ошибки до нулевых значений осуществлялось по экспоненте и занимало большую часть времени $t_{пп}$.

Задача 2: 1) промоделировать полученную САУ СПС

в системе программирования Матлаб; 2) представить к применению методы регулирования параметров установившихся колебаний управления (во избежание их возможного негативного влияния на звенья системы стабилизации) и методы уменьшения энергетических затрат на управление.

Вывод системы дифференциальных уравнений по ошибке

Для формирования УУ СПС сначала переходим в координаты ошибки и ее производных:

$$\omega(p) = W_{ЭМУ} W_Г W_\partial U - W_\partial^f M_C, \tag{1}$$

откуда следует

$$(T_Э P+1)(T_Г P+1)(T_\partial P+1)\omega(p) = K_Э K_Г K_\partial U - K_Д^f (T_Э P+1)(T_Г P+1) M_C(p). \tag{2}$$

Перейдем в уравнении (2) к ошибке ε. Согласно

$$U_0 - U_1 = \varepsilon, \quad U_1 = K_{ТГ}\omega, \tag{3}$$

где $U_0 = K_0 \cdot 1(t)$, получаем выражение для $\omega(p)$:

$$\omega(p) = U_1 / K_{ТГ} = (U_0(p) - \varepsilon(p))/K_{ТГ}. \tag{4}$$

Левая часть уравнения (2) по степеням p запишется

$$\left[T_Э T_Г T_\partial P^3 + [(T_Г + T_Э)T_\partial + T_Э T_Г]P^2 + (T_\partial + T_Г + T_Э)P + 1\right]\omega(p). \tag{5}$$

Тогда после подстановки выражения $\omega(p)$ (4) в уравнение (2) и переноса всех входных воздействий U_0, U, M_C в правую часть получаем дифференциальное уравнение относительно координаты ошибки

$$\begin{aligned}&\left[T_Э T_Г T_\partial D^3 + [(T_Э + T_Г)T_\partial + T_Э T_Г]D^2 + (T_Э + T_Г + T_\partial)D + 1\right]\varepsilon = -K_Э K_Г K_\partial K_{ТГ} U + \\ &+ K_{ТГ} K_\partial^f \left[T_Э T_Г D^2 + (T_Э + T_Г)D + 1\right] M_C + u_0 \left[T_Э T_Г T_\partial D^3 + \right. \\ &\left. + [(T_Э + T_Г)T_\partial + T_Э T_Г]D^2 + (T_Э + T_Г + T_\partial)D + 1\right].\end{aligned} \tag{6}$$

Далее в уравнении (6) ступенчатые воздействия U_0, M_C полагаем известными постоянными величинами и, полагая производные от них нулевыми, переходим к исследованию уравнения с отличной от уравнения (6) правой частью (и, следовательно, соответствующими отличными начальными условиями):

$$(a_0 D^3 + a_1 D^2 + a_2 D + a_3)\varepsilon = -K_{раз} U + K_{ТГ} K_\partial^f M_C + a_3 U_0, \tag{7}$$

где $a_0 = T_Э T_Г T_\partial$, $a_1 = (T_Э + T_Г)T_\partial + T_Э T_Г$, $a_2 = T_Э + T_Г + T_\partial$, $a_3 = 1$,

$K_{раз} = K_Э K_Г K_д K_{ТГ}$.

Вводим обозначения

$$x_1 = \varepsilon, \quad x_2 = \dot{\varepsilon} = \dot{x}_1, \quad x_3 = \dot{x}_2 = \ddot{\varepsilon} \tag{8}$$

и переходим от уравнения (7) к системе уравнений в нормальном виде (в форме Фробениуса)

$$\dot{x}_1 = x_2, \quad \dot{x}_2 = x_3, \quad \dot{x}_3 = -(a_3/a_0)x_1 - (a_2/a_0)x_2 - (a_1/a_0)x_3 - (K_{раз}/a_0)U + \\ + (K_{ТГ}K_д^f/a_0)M_C + (a_3/a_0)U_0. \tag{9}$$

Управление U задаем в виде суммы

$$U = U_P + U_{ном}, \tag{10}$$

где U_P - разрывное управление, которое необходимо найти, $U_{ном}$ – номинальное постоянное управление, компенсирующее действие на процессы управления постоянных U_0 и M_C:

$$U_{ном} = \left(K_{ТГ}K_д M_C + a_3 U_0\right)/K_{раз}. \tag{11}$$

Числовые значения коэффициентов передач, постоянных времени и момента нагрузки известны и равны:

$$K_Э = 75; \quad K_Г = 2; \quad K_д = 0{,}5\ рад/с; \quad K_д^f = 0{,}0005\,(рад/с)/Нм; \\ K_{ТГ} = 0{,}666\ В/(рад/с); \quad K_{раз} = K_Э K_Г K_д K_{ТГ} = 50; \ T_Э = 0{,}1\ с; \\ T_Г = 0{,}5\ с; \quad T_д = 0{,}3\ с; \quad M_C = 2000\ Нм. \tag{12}$$

Построение плоскости скольжения

Она задается в виде

$$S(s = C_1x_1 + C_2x_2 + C_3x_3 = 0), \quad C_3 = 1, \tag{13}$$

где C_i - постоянные коэффициенты, находимые по заданному времени переходного процесса $t_{пп}$ и нулевым установившейся ошибке и перерегулированию. Применяя, в частности, метод эквивалентного управления В.И. Уткина [1], получаем систему

$$\dot{x}_1 = x_2; \quad \dot{x}_2 = -C_1x_1 - C_2x_2, \tag{14}$$

для которой, в силу условия $s = C_1x_1 + C_2x_2 + x_3 = 0$ в скольжении

$$x_3 = -C_1x_1 - C_2x_2, \tag{15}$$

а характеристическое уравнение принимает вид

$$p^2 + C_2p + C_1 = 0. \tag{16}$$

Коэффициенты C_1, C_2 определяются из равенства

$$t_{nn} = (5 \div 10) / \min_i \left|\mathrm{Re}\, P_i\right|, \quad i = 1,2, \tag{17}$$

и по формулам Виета $C_1 = P_1 P_2$, $C_2 = -(P_1 + P_2)$.

Полагая корни вещественными и левыми

$$P_1 = -5,\ P_2 = -7, \tag{18}$$

получаем $t_{nn} = 0{,}5 \div 1\,c$ и

$$C_1 = P_1 P_2 = 5 \cdot 7 = 35,\ C_2 = -(P_1 + P_2) = 5 + 7 = 12. \tag{19}$$

Перерегулирование и частота колебаний будут минимальными в силу задания корней P_1, P_2 вещественными отрицательными, а установившаяся ошибка нулевой в силу только отрицательности вещественной части корней.

Приведение системы в скользящий режим

Для определения управления U_p в сумме U (10), подставим в исходную систему (9) выражение номинального управления $U_{ном}$ (11). Получаем систему:

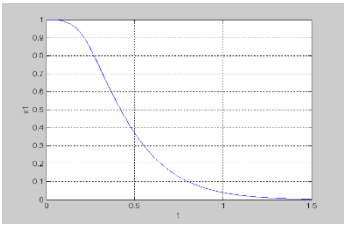
$$\dot{x}_1 = x_2;\quad \dot{x}_2 = x_3;\quad \dot{x}_3 = -(a_3/a_0)x_1 - (a_2/a_0)x_2 - (a_1/a_0)x_3 - (K_{раз} a_0)U_P. \tag{20}$$

Для нахождения управления U_p воспользуемся алгоритмом [1]:

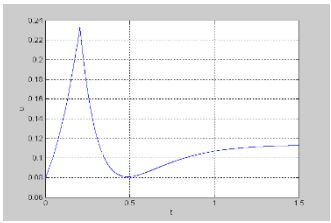
$$U_P = \psi_1 x_1 + \psi_2 x_2 + \psi_3 x_3;\quad \psi_i = \alpha_i \ при\ sx_i > 0;\quad \psi_i = \beta_i \ при\ sx_i \le 0,\quad i = \overline{1,3}, \tag{21}$$

не накладывающим ограничений на задание плоскости скольжения и тем самым на качество скользящего режима:

$$\alpha_1 > -\left|a_3/K_{раз}\right|,\ \beta_1 < -\left|a_3/K_{раз}\right|;\ \alpha_2 > (C_1 - |a_2/a_0|)a_0/K_{раз},\ \beta_2 < (C_1 - |a_2/a_0|)a_0/K_{раз}; \tag{22}$$
$$\alpha_3 > (C_2 - |a_1/a_0|)a_0/K_{раз},\quad \beta_3 < (C_2 - |a_1/a_0|)a_0/K_{раз}.$$



а)



б)

Рис.2. а) Процесс по ошибке $x_1 = \varepsilon$ с нулевым перерегулированием, нулевой установившейся ошибкой и заданным временем переходного про-

цесса t_{nn} ; б) Процесс по сигналу полного управления.

Таким образом, сформировано полное разрывное управление УУ СПС (10), (11), (21) для стабилизации оборотов двигателя в заданной структурной схеме (рис.1) с коэффициентами передачи и постоянными времени (12). Качество переходных процессов по ошибке $x_1 = \varepsilon$ и получаемое разрывное управление следуют из рисунков 2а) и 2б).

Методы повышения эффективности управления

Эффективность управления помимо выполнения заданных показателей качества определяется, как известно: 1) простой и надежной реализацией; 2) параметрами установившихся колебаний; 3) предельными по модулю значениями; 4) энергетическими затратами.

Для значительного повышения эффективности САУ СПС по указанным четырем пунктам 1) - 4) без существенных потерь впоказателях качестве предлагается:

- по пункту 1) заменить управление (21), (22) U_p с тремя логическими переключающими устройствами (ЛПУ) на управление с одним ЛПУ[2];

- по пункту 2) заменить управление (21), (22) или управление с ЛПУ [2] на соответствующие гибридные управления [3], которые в малой окрестности плоскости скольжения S (13) переключаются с разрывных управлений на особые линейные управления, приводящие систему на данную плоскость экспоненциально и устраняющие тем самым «прошивания» изображающей точкой плоскости скольжения; в результате устраняются возможные негативные воздействия установившихся колебаний на звенья системы и уменьшаются энергетические затраты на управление, оцениваемые интегралом от модуля управления за время переходного процесса;

- по пункту 3) заменить, согласно экспериментальным данным, постоянные значения модулей переключаемых параметров управления, приводящего систему в скольжение, на экспоненциально возрастающие, ориентировочно за вторую по-

ловину времени переходного процесса, до постоянных значений; устраняются пики управления (рис.3) и уменьшаются энергетические затраты;

- по пункту 4), частично решаемому и по выполнению п.п. 2) и 3), применить динамику самого объекта управления [4]: сформировать плоскость скольжения S (13) по двум собственным векторам самого объекта, в случае соответствующих им собственных значений, являющихся вещественными и отрицательными и не меньше, или близкими, по модулю корням (18), находимым по изложенной методике; отключать управление (21), (22) в случаях отрицательной производной функции Ляпунова, определяемой по объекту, меньшей чем определяемой при действии управления.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 16-31-00463 мол_а

Список литературы

1. *Уткин В.И.* Скользящие режимы и их применение в системах с переменной структурой. М., Наука, 1974,- 272 с.

2. *Мещанов А.С.* Об одном алгоритме управления в системах переменной структуры. Труды КАИ,1975, вып.187. С. 42-48.

3. *Мещанов А.С., Давлетшина Л.А.* Регулирование параметров установившихся колебаний на скользящем режиме в системах с линейными нестационарными объектами при неопределенных возмущениях. Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2014, № 1. I, С. 109-116, II, С.117-124.

4. А.*С. Мещанов, М.В. Каратаева.* Преобразования структуры управления в уменьшении его энергетических затрат и регулировании колебаний в скользящем режиме. «Вестник технологического университета». Казань, КНИТУ, т.20, № 9, С.97-103.

FOR EFFECTIVE STABILIZATION OF REVOLUTIONS OF THE DC MOTOR

Gataullina L., Karataeva M.
Supervisor A. Meshanov, Candidate of Technical Sciences,
Senior Research Officer
(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev, Kazan)

Apply and develop methods of control in the slide [1, 2]. Proposed regulation of the steady-state oscillation and small energy cost management.

УДК 62-503.55

РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УГЛОМ КРЕНА И КУРСОМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА РАЗНЫХ ВЫСОТАХ

Кабирова А.Н., Нургалиев Р.Р.
Научный руководитель: Л.Ю. Емалетдинова, д.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В статье рассматривается задача построения нейросетевого регулятора для двумерного управления креном и курсом беспилотного летательного аппарата на разных высотах. Приводится алгоритм его построения и результаты работы.

В управлении техническими объектами сегодня широко применяются пропорционально-интегральные дифференциальные контроллеры (ПИД-регуляторы). Достоинствами ПИД – регуляторов являются отсутствие статической ошибки и быстродействие. Однако существенным недостатком ПИД - регуляторов является необходимость перерасчета коэффициентов регулирования при изменении рабочих точек процесса.

В [1] предложен метод построения нейрорегулятора для системы автоматического одномерного управления техническим объектом. Нейрорегулятор аппроксимирует зависимость управляющего воздействия от отклонения регулируемого параметра, его скорости и ускорения: $u(t_i) = \psi(\varepsilon(t_i), \dot{\varepsilon}(t_i), \ddot{\varepsilon}(t_i))$. Поскольку нейроны являются нелинейными элементами, а нейронные сети являются нелинейными системами, то они могут использоваться для решения задач управления сложными объектами. Поэтому для решения поставленной задачи – автоматического управления креном и курсом БЛА на разных высотах, применим метод, описанный авторами в [1].

Известны:

1) упрощенная модель бокового движения беспилотного летательного аппарата (БЛА) с идеальными приводами управления креном и курсом

$$\begin{cases} \dfrac{d^2\gamma}{dt^2} + l_\gamma \dfrac{d\gamma}{dt} + l_\psi \dfrac{d\psi}{dt} = -l_э \delta_э \\ \dfrac{d^2\psi}{dt^2} + \eta_\gamma \dfrac{d\gamma}{dt} + \eta_\psi \dfrac{d\psi}{dt} = -\eta_н \delta_н \end{cases}, \quad (1)$$

где γ - угол крена; ψ - угол курса; $\delta_э$ - управление элеронами (канал крена); $\delta_н$ - управление рулем направления (канал курса); $l_\gamma, l_\psi, l_э, \eta_\gamma, \eta_\psi, \eta_н$ - коэффициенты характеризующие аэродинамику БЛА и динамику его движения.

2) требуемые поведения крена и курса

Требуется:

построить нейросетевые регуляторы, аппроксимирующие зависимости управляющих воздействий от отклонений регулируемых параметров, скоростей и ускорений их изменений:

$$u_1(t_i) = \psi(\varepsilon_1(t_i), \dot{\varepsilon}_1(t_i), \ddot{\varepsilon}_1(t_i), \varepsilon_2(t_i), \dot{\varepsilon}_2(t_i), \ddot{\varepsilon}_2(t_i), \quad u_2(t_i) = \theta(\varepsilon_1(t_i), \dot{\varepsilon}_1(t_i), \ddot{\varepsilon}_1(t_i), \varepsilon_2(t_i), \dot{\varepsilon}_2(t_i), \ddot{\varepsilon}_2(t_i)) \quad (2)$$

$$\varepsilon_1(t_i) = r(t_i) - x(t_i), \dot{\varepsilon}_1(t_i) = \frac{\varepsilon_1(t_i) - \varepsilon_1(t_{i-1})}{h}, \ddot{\varepsilon}_1(t_i) = \frac{\dot{\varepsilon}_1(t_i) - \dot{\varepsilon}_1(t_{i-1})}{h}$$

Здесь $\varepsilon_2(t_i) = \mathrm{q}(t_i) - \mathrm{y}(t_i), \dot{\varepsilon}_2(t_i) = \frac{\varepsilon_2(t_i) - \varepsilon_2(t_{i-1})}{h}, \ddot{\varepsilon}_2(t_i) = \frac{\dot{\varepsilon}_2(t_i) - \dot{\varepsilon}_2(t_{i-1})}{h}$,

где h- шаг дискретизации, $r(t_i)$ - задающее воздействие для крена $x(t_i)$, $\mathrm{q}(t_i)$ - задающее воздействие для курса $y(t_i)$, $\dot{\varepsilon}_\gamma(t_i)$ и $\ddot{\varepsilon}_\gamma(t_i)$, $\gamma = \overline{1,2}$ – первая и вторая производные ошибки, записанные в виде конечных разностей.

При этом разработанные нейросетевые регуляторы должны удовлетворять следующим критериям качества управления:

1) отсутствие перерегулирования;

2) обеспечение заданной величины статической ошибки e_0 в установившемся режиме работы системы;

3) обеспечение заданного времени установления T_e требуемого выхода с погрешностью e_0.

Для экспериментальных исследований были выбраны значения коэффициентов математической модели (1), соответствующие БЛА с 50% запасом топлива для скорости $v = 500$ км/ч. и множества $\{1,2,3\}$ (км) высот полета:

1) $l_\gamma = 17.439\left(сек^{-1}\right)$, $l_\psi = 4.38\left(сек^{-1}\right)$, $l_э = 554.737\left(сек^{-2}\right)$, $\eta_\gamma = 0.093\left(сек^{-1}\right)$, $\eta_\psi = 0.931\left(сек^{-1}\right)$, $\eta_н = 6.892\left(сек^{-2}\right)$;

2) $l_\gamma = 15.865\left(сек^{-1}\right)$, $l_\psi = 3.985\left(сек^{-1}\right)$, $l_э = 504.663\left(сек^{-2}\right)$, $\eta_\gamma = 0.085\left(сек^{-1}\right)$, $\eta_\psi = 0.847\left(сек^{-1}\right)$, $\eta_н = 6.27\left(сек^{-2}\right)$;

3) $l_\gamma = 14.352\left(сек^{-1}\right)$, $l_\psi = 3.605\left(сек^{-1}\right)$, $l_э = 456.553\left(сек^{-2}\right)$, $\eta_\gamma = 0.077\left(сек^{-1}\right)$, $\eta_\psi = 0.766\left(сек^{-1}\right)$, $\eta_н = 5.672\left(сек^{-2}\right)$.

Решение.

1. Дискретизовать заданные поведения крена и курса.

2. Записать уравнение (1) в конечно разностной форме и выразить $\delta_э$ и $\delta_н$:

$$\delta_э = \frac{\frac{\left(\gamma(t_{i+1}) - 2\cdot\gamma(t_i) + \gamma(t_{i-1})\right)}{h^2} + l_\gamma \cdot \frac{\left(\gamma(t_{i+1}) - \gamma(t_i)\right)}{h} + l_\psi \cdot \frac{\left(\psi(t_{i+1}) - \psi(t_i)\right)}{h}}{-l_э}$$

$$\delta_н = \frac{\frac{\left(\psi(t_{i+1}) - 2\cdot\psi(t_i) + \psi(t_{i-1})\right)}{h^2} + \eta_\gamma \cdot \frac{\left(\gamma(t_{i+1}) - \gamma(t_i)\right)}{h} + \eta_\psi \cdot \frac{\left(\psi(t_{i+1}) - \psi(t_i)\right)}{h}}{-\eta_н} \quad (3)$$

3. Сформировать выборки для построения НР соответственно по крену и курсу

$$\left\{\left(u_1^k(t_j), \varepsilon_1^k(t_j), \dot{\varepsilon}_1^k(t_j), \ddot{\varepsilon}_1^k(t_j), \varepsilon_2^k(t_j), \dot{\varepsilon}_2^k(t_j), \ddot{\varepsilon}_2^k(t_j)\right), k = \overline{1,5},\ j = \overline{0,m}\right\},$$

$$\left\{\left(u_2^k(t_j), \varepsilon_1^k(t_j), \dot{\varepsilon}_1^k(t_j), \ddot{\varepsilon}_1^k(t_j), \varepsilon_2^k(t_j), \dot{\varepsilon}_2^k(t_j), \ddot{\varepsilon}_2^k(t_j)\right), k = \overline{1,5},\ j = \overline{0,m}\right\}.$$

Разделить их на обучающую (80%) и тестирующую (20%) части.

4. Построить персептрон для управления по крену, опреде-

лить вход нейросети как вектор $(\varepsilon_1, \dot{\varepsilon}_1, \ddot{\varepsilon}_1, \varepsilon_2, \dot{\varepsilon}_2, \ddot{\varepsilon}_2)$, выход – управление u_1 и построить персептрон для управления по курсу, определить вход нейросети как вектор $(\varepsilon_1, \dot{\varepsilon}_1, \ddot{\varepsilon}_1, \varepsilon_2, \dot{\varepsilon}_2, \ddot{\varepsilon}_2)$, выход – управление u_2. Определить структуру и веса нейронных сетей на основе алгоритма последовательного наращивания числа слоев и нейронов.

Алгоритм построения нейронной сети на основе последовательного наращивания числа слоев и нейронов

1. Вычислить интервал синаптических связей по формуле:

$$\frac{N_y \cdot Q}{1+\log_2(Q)} \le N_w \le N_y \cdot \left(\frac{Q}{N_x}+1\right)\cdot(N_x+N_y+1)+N_y \quad (4)$$

где, N_y — размерность выходного сигнала; Q — число элементов множества обучающих примеров; N_w — необходимое число синаптических связей; N_x — размерность входного сигнала.

2. Разбить полученный интервал на 3 части и приравнять N_w к правому концу первого интервала (*рекомендуется!*).

3. Задать число слоев равным двум $s = 2$. Количество нейронов a_1, a_2 в слоях подобрать, чтобы выполнялось равенство

$$k \cdot a_1 + \sum_{i=1}^{s-1} a_i \cdot a_{i+1} + a_s \cdot 1 = N_w \quad (5)$$

где k – количество входов нейронной сети. Выбрать $a_i = a_{i+1}$ (*рекомендуется!*).

4. Вычислить (5) и найти $a_1, a_2, ..., a_s$.

5. Задать максимальное количество M эпох обучения - **epochs**, ***e*** – допустимую величину ошибки обучения, ***e'*** - допустимую величину ошибки тестирования, ***e''*** - допустимую величину ошибки валидации. Инициализировать синаптические веса w_{ij}, соединяющие *i*-ый нейрон с j-ым нейроном соседних слоев, маленькими случайными значениями.

6. Обучить персептрон с помощью пакета Neural Network/Data Manager: nntool. Алгоритм обратного распространения ошибки сети, метод тренировки Левенберга – Марквардта. Функ-

ция активации – гиперболический тангенс.

7. Проверить условие останова:

а) достижение ошибки сети заданной погрешности ***e:***

$$E_o = 1/n \sum_{i=1}^{n} (u_i - \hat{u}_i)^2 \le e$$

Здесь, n – количество элементов обучающей выборки, u_i - желаемый выход сети, $\hat{u}_i$ - реальный выход сети.

Если условие выполняется, перейти к п.8. Иначе к п.10.

б) Достижение максимального числа эпох обучения: **epochs** =M . Перейти к п.8.

8. Протестировать нейронную сеть. Если $E_m = 1/n \sum_{i=1}^{n} (\tilde{u}_i - \hat{\tilde{u}}_i)^2 \le e'$, то к п.9, иначе к.п.10.

9. Осуществить валидацию сети в модели САУ (Simulink):

а) Критерии качества управления 1-3 выполнены и $E_в = 1/n \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2 \le e''$ – перейти к п. 13.

б) Критерии качества управления 1-3 не выполнены или $E_в > e''$ – перейти к п. 11.

Здесь, y_i - желаемый выход объекта, $\hat{y}_i$ - реальный выход объекта при управлении нейронной сетью.

10.Подкорректировать веса сети для минимизации ошибки обучения: $\Delta w_{ij} = -\eta \cdot \partial E_o / \partial w_{ij}$, $0 < \eta < 1$ - коэффициент скорости обучения и перейти к п.6.

11.Увеличить количество нейронов в первом слое на 1, а количество нейронов второго слоя зафиксировать. Проверить неравенство (5). Если (5) выполняется, то перейти к п.6. Если не выполняется, то перейти к п.12.

Замечание! Количество нейронов в 1 слое увеличивать пока: а) выполняется (5) б) $E_o = 1/n \sum_{i=1}^{n} (u_i - \hat{u}_i)^2 \le e$ *. Если не выполняется п.11а), то перейти к п.12. Если не выполняется п.11б), то зафиксировать предыдущее количество нейронов 1 слоя и начать увели-*

чивать количество нейронов второго слоя по такому же принципу.

12.Добавить дополнительный слой, чтобы выполнялись (5) и (6). Перейти к п.6.

13.Завершить алгоритм.

В результате работы алгоритма были построены нейрорегуляторы для управления по крену и управления по курсу с двумя скрытыми слоями, каждый скрытый слой содержит соответственно 25 и 20 нейронов. Создание нейросетевых регуляторов было осуществлено с помощью системы MATLAB в Network/Data Manager:nntool. Для проверки работы разработанных регуляторов была построена модель системы автоматического управления БЛА по двум каналам в графической среде имитационного моделирования Simulink.

Примеры результатов работы построенных нейросетевых регуляторов для системы автоматического управления при высоте равной 5 км показаны на рис.1. Пунктирные линии на рисунке – заданные воздействия, непрерывные – поведения крена и курса.

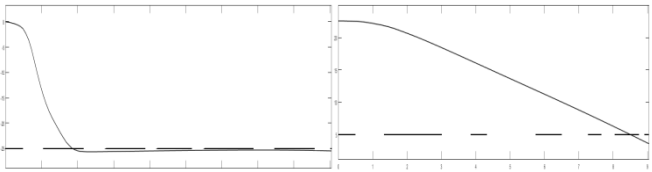


Рис. 1. Поведение крена и курса на высоте 5 км.

Заключение

Проведенные экспериментальные исследования показали целесообразность использования нейросетевых регуляторов с законами $u_1(t_i) = \psi(\varepsilon_1(t_i), \dot{\varepsilon}_1(t_i), \ddot{\varepsilon}_1(t_i), \varepsilon_2(t_i), \dot{\varepsilon}_2(t_i), \ddot{\varepsilon}_2(t_i))$, $u_2(t_i) = \psi(\varepsilon_1(t_i), \dot{\varepsilon}_1(t_i), \ddot{\varepsilon}_1(t_i), \varepsilon_2(t_i), \dot{\varepsilon}_2(t_i), \ddot{\varepsilon}_2(t_i))$ в управлении креном и курсом беспилотного летательного аппарата на разных высотах. Как видно из результатов, построенные нейрорегуляторы применимы и на высотах полета, не участвующих в обучающей выборке.

Список литературы:

1. *Емалетдинова Л.Ю., Матвеев И.В., Кабирова А.Н.* Метод построения нейрорегулятора для системы автоматического одномерного управления техническим объектом // Известия вузов. Авиационная техника.2015. №2. С. 87-92.

DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK REGULATOR FOR AUTOMATIC CONTROL OF THE ANGLE OF HEEL AND THE COURSE OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE AT DIFFERENT HEIGHTS

Kabirova A., Nurgaliev R.
Supervisor: L. Emaletdinova, Doctor of Technical Sciences, Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The article discusses the problem of constructing the neural network regulator for two-dimensional control of the angle of heel and the course of an unmanned aerial vehicle at different heights. The algorithm of it is construction and the results of it is work is given.

УДК 629.78

К УПРАВЛЕНИЮ МНОГОРАЗОВЫМ КОСМИЧЕСКИМ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ ОТ СХОДА С ОРБИТЫ ДО ПРИЗЕМЛЕНИЯ

Калимуллин Р.Ф., Туктаров Э.А.
Научный руководитель А.С. Мещанов А.С., к.т.н., с.н.с.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Сход с орбиты многоразового космического беспилотного летательного аппарата (МКБЛА) удлиненной цилиндрической формы с конической носовой частью и вращением относительно продольной оси сопровождается его быстрым торможением в плотных слоях атмосферы с предотвращением сгорания. Смещением центра масс (ЦМ) относительно центра давления (ЦД) управляется его боковое движение. Мягкое вертикальное приземление осуществляется многошаговым терминальным управлением (МТУ).

Задача. Представить конструктивно-компоновочную схему МКБЛА и методы управления маршевым и рулевыми ракетными двигателями (МРД и РРД) с решением задачи его спасения для повторных применений.

Конструктивно-компоновочная схема МКБЛА. Аппарат, показанный на рис.1, представляет собой вторую ступень ракеты-носителя среднего класса ($5 \div 20$ тонн). Данная многоразовая космическая транспортная система (МКТС) служит для доставки размещаемых в конусообразном отсеке МКБЛА грузов на МКС и спутников зондирования Земли на орбиту и других грузов с МКС и орбиты на Землю. Первая ступень ракеты-носителя является также многоразовой и может иметь пакетную компоновку из двух ракет [1].

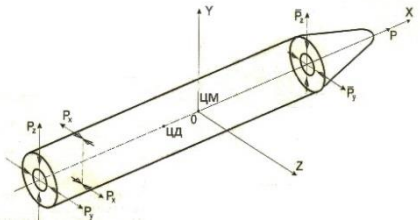


Рис.1. Многоразовый космический БЛА (МКБЛА).

После отстыковки от МКС МКБЛА разворачивается строго против вектора скорости и включает кратковременно маршевый ракетный двигатель (МРД), теряет скорость и входит в верхние слои атмосферы. Для быстрого гашения скорости его центр масс (ЦМ) перемещается до совпадения с центром давления (ЦД) в результате чего аппарат принимает устойчивое положение с продольной осью, направленной под прямым углом с вектором подъемной силы [1, 2]. Для перемещения аппарата в боковом направлении с целью его достаточно точного выхода на место посадки по двум координатам осуществляется малое перемещение его ЦМ от ЦД и вращение МКБЛА с заданной угловой скоростью $\pm\omega$ относительно продольной оси двумя противоположными парами сил P_X и углом прецессии ψ МКБЛА. Изменение скорости продольного вращения ω по направлению и величине позволяет регулировать скорость прецессии $\dot{\psi}$ таким образом, чтобы плоскость, содержащая вектор скорости и подъемную силу, совпадала с заданным направлением изменения полета МКБЛА [1]. Сравнительно быстрое гашение скорости и вращение МКБЛА вокруг продольной оси с распределением тепловых потоков предотвращает сгорание МКБЛА в атмосфере. С высоты около 10 км устанавливается квазиустановившееся падение аппарата со скоростью около 100 м/с перед встречей с земной поверхностью, если нет дополнительной тормозящей силы [3]. С данной высоты, 100 ÷ 500 м, при малом боковом отклонении от точки приземления и практически полном совпадении положений ЦМ и ЦД в результате перемещения ЦМ осуществляется программа углового движения МКБЛА относительно ЦМ в вертикальное (стартовое) положение [4]. Дан-

ная задача решается с помощью тяг P_y, P_z и/или $\overline{P}_y, \overline{P}_z$ РРД. Для более точного горизонтального перемещения вертикально расположенного МКБЛА относительно заданной на поверхности Земли точки посадки применяются по две тяги РРД в кормовой и носовой частях, расположенные на одной и той же из двух взаимно перпендикулярных продольных плоскостей и направленные в одну и ту же сторону, то есть тяги $P_y, \overline{P}_y$ и $P_z, \overline{P}_z$. По мере приближения к месту посадки данные программные управления угловым и поступательным движениями МКБЛА могут повторяться для новых начальных условий, чем частично преодолевается действие неопределенных ограниченных внешних и параметрических возмущений (в частности, порывов ветра). С этой же целью при указанных неопределенностях могут применяться и методы стабилизации по угловым и поступательным движениям в отклонениях от соответствующих программных движений в скользящих режимах при выполнении и невыполнении условий инвариантности [5].

Одновременно с указанными угловыми и поступательными программными движениями МКБЛА осуществляется и его вертикальное приземление. С этой целью предлагается применить МТУ.

Метод МТУ в мягком вертикальном приземлении аппарата. Рассматривается вариант МТУ [6] с достаточно точной моделью приземления для численного контрольного моделирования

$$\dot{V} = -(P + X)/m + g + F; \quad \dot{h} = -V; \quad \dot{m} = -P/(gJ), \tag{1}$$

где h, V и m - текущие значения высоты, скорости и массы аппарата; $t \in I = (t_0, t_к]$, t_0 и $t_к$ - начальный и конечный моменты времени ($t_к$ - не фиксирован); $X = C_x \rho V^2 S/2$ - сила аэродинамического сопротивления; $S -$ характерная площадь аппарата; $J -$ удельная тяга двигателя, P - суммарная тяга – управляющее воздействие. Параметры системы управления C_x, ρ, J, g (коэффициент аэродинамического сопротивления, плотность атмосферы, удельная тяга, ускорение свободного падения) и внешнее возмущение F (вызываемое порывами ветра с различными силой и направлением) содержат известные номинальные составляющие $(C_{xн}, \rho_н, J_н, g_н, F_н)$ и

неопределенные ограниченные отклонения от них $(\Delta C_x, \Delta\rho, \Delta J, \Delta g, \Delta F)$. По данной системе (1) получают достаточно точные дискретные значения координат состояния при формировании МТУ по упрощенной модели, учитывающей вместе с тем все нелинейности:

$$\dot{V} = -P/m - \sigma\rho V^2 + g + F_н; \quad \dot{h} = -V, \quad \sigma = C_x S/2m, \tag{2}$$

с начальными $t = t_0$, $V(t_0) = V_0$, $h(t_0) = h_0$ и конечными условиями $t = t_к$, $V(t_к) = 0$, $h(t_к) = 0$. Параметры движения аппарата V, h измеряются в полете в начале $t = t_i$ каждого шага построения управления. Остальные величины, а именно: m и σ, ρ, g в модели (2), вычисляются в полете в начале $t = t_i$ каждого шага (по третьему уравнению системы (1) без учета неопределенностей и по выражениям (2) для номинальных составляющих) и принимаются на всем оставшемся промежутке $t \in (t_i, t_к]$ постоянными и равными своим значениям при $t = t_i$: $m = m_i$ и $\sigma = \sigma_i$, $\rho = \rho_i$, $g = g_i$, $i = \overline{0, к-1}$. Воздействие $F_н$ принимается известным. Находится наиболее простой и надежный по реализации на бортовом компьютере метод построения МТУ $P = P(t)$ по упрощенной модели (2) с измерениями и вычислениями координат реального состояния системы управления (отображаемой при моделировании на ПК системой (1) с вычисленным на предыдущем шаге управлением $P = P(t)$) в начале $t = t_i$ каждого $i-$го шага управления $t \in I_i = (t_i, t_{i+1}]$, $i = \overline{0, к-1}$; метод должен обеспечивать приведение МКБЛА в терминальную точку с заданными координатами $h(t_к) = 0;\ V(t_к) = 0;\ \dot{V}(t_к) = \dot{V}_{кз}$ где $\dot{V}_{кз}$ - заданное конечное (терминальное) значение ускорения, например, равное нулю или $g(0)$), с требуемой достаточно высокой точностью:

$$|h(t_к)| \le \Delta h(t_к)_з;\ |V(t_к)| \le \Delta V(t_к)_з;\ |\dot{V}(t_к) - \dot{V}_{кз}| \le \Delta\dot{V}(t_к)_з, \tag{3}$$

где $\Delta h(t_к)_з,\ \Delta V(t_к)_з,\ \Delta\dot{V}(t_к)_з -$ заданные точности приведения аппарата в терминальное состояние.

Показано, что благодаря малости шага управления $t_{i+1} - t_i \le 0{,}4\,c$, $i = \overline{0, \kappa - 1}$, достаточно вычислять тягу P_i при $t = t_i$ и выдержать ее постоянной в течение шага $t \in I_i = (t_i, t_{i+1}]$. На каждом шаге реализуется кусочно-постоянное управление (тяга):

$$P_i = \frac{2}{3}\frac{m}{h_i}V_i^2 - m\sigma\rho V_i^2 + mF_H(t_i) + m_\kappa g_\kappa = const, \quad t \in I_i = (t_i, t_{i+1}],\ i = \overline{0, \kappa - 1}. \tag{4}$$

Порядок численного моделирования решения задачи мягкого приземления методом МТУ.

Моделирование системы (1) на ПК с управлением МТУ P_i (4) проводится в следующем порядке.

1. Вводятся начальные условия t_0, V_0, h_0, m_0.
2. Задаются $i = 0,\ t_i = t_0,\ V_i = V_0,\ h_i = h_0,\ m_i = m_0,\ \Delta t = 0{,}4\,c.$
3. Вычисляются номинальные значения плотности атмосферы $\rho_i = \rho_H(h_i)$, коэффициента силы аэродинамического сопротивления C_{xi} (принимается $C_{xi} = C_x = const = 2{,}5$), ускорения силы притяжения Земли g_i.
4. Вычисляется значение тормозящей силы P_i, если оно окажется больше максимального значения тяги P_0, то принимается $P_i = P_0$.
5. Интегрируется система (1) с шагом Δt и получаются значения параметров V_{i+1}, h_{i+1}, m_{i+1} в конце текущего шага управления.
6. Проверяется условие $h_{i+1} > 0$ и, если оно выполняется, вычисляется начало следующего шага управления $t_{i+1} = t_i + \Delta t$, фиксируются значения i, P_i, V_{i+1}, h_{i+1}, m_{i+1} и осуществляется переход к действию 8.
7. Вычисляется дробный шаг интегрирования $\Delta t = \Delta t\, h_i / (h_i - h_{i+1})$ и следует переход к действию 5.

8. Проверяется условием $h_{i+1} \le 0{,}5 \cdot 10^{-3}$ и, если оно не выполняется, полагается $t_i = t_{i+1}$, $V_i = V_{i+1}$, $h_i = h_{i+1}$, $m = m_{i+1}$, $i = i+1$ и следует переход к действию 3.

9. Выход из алгоритма.

Публикация осуществлена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта № 15-48-02040.

Список литературы:

1. *Афанасьев В.А., Дегтярев Г.Л., Мещанов А.С., Сиразетдинов Т.К.* К математическому описанию движения многоразовых спускаемых летательных аппаратов нетрадиционных аэродинамических компоновок. Изв. вузов, Авиационная техника, 2001, № 3, С.10-14.

2. Пат. 2202500, МПК 7B64G 1/62, 1/14; F42B 15/10. Способ спасения ракет-носителей многоразового применения и устройство для его осуществления/ В.А. Афанасьев, В.С. Борзов, В.А. Данилкин, Г.Л. Дегтярёв, В.Г. Дегтярь, А.Ф. Марусик, А.С. Мещанов, Т.К. Сиразетдинов, Г.Г. Сытый, Ю.С. Телицын// Б.И., 2003, № 11.

3. *Афанасьев В.А., Мещанов А.С., Мещеряков М.Г., Сиразетдинов Т.К.* Многошаговое терминальное управление приземлением спускаемого летательного аппарата// Изв. вузов. Авиационная техника. 1993. № 1. С. 13 – 17.

4. *А.С. Мещанов, Р.Ф. Калимуллин.* Синтез скользящего режима в стабилизации многоразового космического аппарата в угловом движении при спуске в атмосфере с учетом неопределенных возмущений. «Вестник технологического университета». Казань, КНИТУ, т.20, №13, 2017 , С.100 -106.

5. *Мещанов А.С.* Скользящие режимы в системах с нелинейными нестационарными объектами при невыполнении инвариантности. В кн.: Аналитическая механика, устойчивость и управление: Труды XI Международной Четаевской конференции. Т. 3; Секция 3. Управление. Ч. 1. Казань, 14-16 июня, 2017 г. - Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2017. С. 105-119.

6. *Афанасьев В.А., Дегтярев Г.Л. Мещанов А.С., Сиразетдинов Т.К.* Обратная задача мягкого приземления многоразового спускаемого космического аппарата // Изв. вузов. Авиационная техника. 2003, №4. С.20-23.

TO CONTROL FOR REUSABLE LAUNCH UNMANNED AIRCRAFT FROM DEORBIT TO LANDING

Kalimullin R.., Tuktarov E.
Supervisor A. Meshanov, Candidate of Technical Sciences,
Senior Research Officer
(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev, Kazan)

Deorbit the space Shuttle unmanned aerial vehicle (MCBL) an elongated cylindrical shape c, conical nose and rotation about the longitudinal axis is accompanied by its rapid braking in the dense layers of the atmosphere to prevent combustion. The displacement of the center of mass (CM) relative to the center of pressure (CSD) is controlled by the lateral movement. Soft vertical landing is a multistep terminal control (MGS).

УДК 004.891

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ

Ковалева А.В.
Научный руководитель: А.А. Цой, к.т.н.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В настоящее время перед предприятиями электрических сетей остро стоят проблемы рационального распределения и своевременного сокращения ресурсов, повышение надежности сети. Техническое обслуживание является ключевым и затратным фактором поддержания высокого уровня надежности в процессе их эксплуатации. С целью организации должного уровня обслуживания, применяют экспертные системы.

Для оптимального рассмотрения проблематики технического обеспечения надежности и экономии ресурсов при эксплуатации электрических сетей необходимы своевременные и радикальные решения. К таким решениям можно отнести IT-технологии, использующие современные разработки в области информационного обеспечения этапов жизненного цикла сложных объектов, каковым и являются электрические сети.

Одной из форм реализации оптимального решения задач и распределения ресурсов на поддержание технического состояния распределительных сетей является использование экспертных систем (ЭС). Данные программы представляют собой компьютерные системы, способные аккумулировать и оперировать комплексом знаний высококвалифицированного персонала, имеющие возможность применять их на равнее с экспертами.

Экспертная система позволяют формализовать процесс принятия решений человеком. Представляет собой - аппаратно-программную систему, выполняющая действия аналогичные тем, которые выполняет эксперт в некоторой предметной области, делая определенные заключения в ходе выдачи советов и консультаций.

Принцип работы ЭС представляет собой воспроизведение опыта и навыков специалистов при решении проблем.

Основными составляющими экспертных систем являются:

База данные (рабочая память)- является хранилищем исходных и промежуточных данных (в момент решения задачи)

База знаний - является хранилищем долгосрочных данных, которая изучает область и правила, для целесообразного использования.

Решатель – сформированный алгоритм, состоящий из правил, будучи примененным к входным данным, приведет к получению решения.

Компонент приобретения знаний – производит пополнение экспертной системы дополнительной информацией с помощью специалиста.

Объяснительный компонент – выводит алгоритм решения, что позволяет эксперту тестировать и анализировать полученный результат.

Диалоговый компонент - предназначен для улучшения качества связи с пользователем программы, включая ввод данных и объяснение результатов.

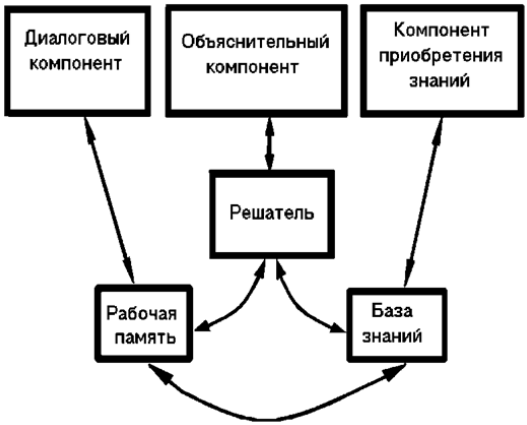


Рис.1 Структура принципа работы ЭС

Знания от эксперта посредством модуля приобретения знаний поступают в базу знаний, которая тесно связана с базой целей. База данных формируется в процессе первоначального общения пользователя с системой. Именно для информации, составляющей эту БД, будет осуществляться поиск решения проблемы путём привлечения к работе модуля механизма логических выводов. Результат работы ЭС выдается пользователю в понятной и удобной форме. В нём должна найти отражение логика рассуждений ЭС. Эта функция возложена на модуль советов и объяснений.

Назначение экспертных систем подразумевает консультацию и формирование решения в соответствии с полученными данными, процесс общения происходит через «диалоговый компонент».

Алгоритм построения экспертной системы:

1) Выбор проблемы - необходимо знать область, в которой будет происходить расчетная работа, разумеется, все принципы, свойства и функции предмета так же должны быть известны. Чтобы более четко определить область, необходимо задать цель.

2) Сбор и систематизация фактов – структурирование полученных данных, для облегчения работы с этой информацией.

3) Построение правил – определив предметную область, используем для решения прямую или обратную задачу.

4) Формулирование вопросов – для общения с экспертной системой будут использоваться входные данные, но для их обработки необходим примерный курс рассмотрения проблемы или примерный тип вопросов, способные отвечать запросам пользователя.

5) Построение дерева решений – представляет собой пути решения, есть несколько позиционных точек, через которые и будет происходить поиск решений, во время построения решения, курс будет выбран с использованием этих базовых точек, поиск решения напоминает структуру дерева.

Экспертная система является одним из направлений искусственного интеллекта. Не удивительно, что их функционирование подразумевает постоянное обучение с помощью специалиста или иным способом. Так же способность обосновывать свой выбор и

выводить алгоритм, который привел к этому решению, указывает на высокий уровень программы.

Представленный в данной работе материал является начальным этапом разработки экспертной системы предназначенной для решения вопросов оптимального распределения ресурсов на техническое обслуживание (ТО) и обеспечения максимальной надежности распределительных электросетей (РС). На данном этапе исследуются вопросы разработки структуры, информационного обеспечения и конкретизации задач создания ЭС ТО РС.

Список литературы:

1. *Татжибаева О.А.* Разработка экспертных систем// Оренбург. 2005. С. 6-19.Евдокимов Ю.К. Распределенные измерительные среды и континуум-измерения: принципы, топология, алгоритмы // Нелинейный мир. 2007. Т. 5. № 10–11. С. 639–656.

2. *Джексон П.* Ведение в экспертные системы // П. Джексон. Вильямс. 2001. С. 11-54.

3. Интеллектуальные информационные системы [лекции] // Санкт-Петербургская лесотехническая академия Кафедра информатики и информационных систем. Хабаров С.П. URL: http://www.habarov.spb.ru/new_es/index.htm/ (Дата обращения: 18.04.2017)

PROBLEMS RESEARCH OF INFOWARE EXPERTISE, MAINTENANCE OF DISTRIBUTION NETWORKS.

Kovaleva N.
Supervisor: A. Tsoy, Candidate of Technical Sciences
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

Currently, entrepreneurs of electrical networks face with acute problems of rational distribution, timely reduction of resources and increase in network reliability. Maintenance is a key and costly factor of keeping the high level of operational reliability. To organize the required level of service, there can be applied export systems.

УДК 629.734

РАЗРАБОТКА ЗАКОНОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ ВЕРТОЛЁТНОГО ТИПА ПРИ ОБЛЁТЕ ПРЕПЯТСТВИЙ В ЗОНЕ НЕВИДИМОСТИ

Коныk Д.А., Ломакин А.Ю., Кильдияров А.А.
Научный руководитель: Е.А. Куклев, д.т.н., профессор
(Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, г. Санкт-Петербург)

Рассматривается автоматический полёт беспилотного летательного аппарата (БПЛА) без вмешательства оператора с пункта дистанционного управления. Это необходимо при потере радиосвязи или визуального контакта с БПЛА (зона невидимости). Следует разработать БПЛА, способный приземляться или возвращаться в зону досягаемости без внешних воздействий.

В настоящее время над проектированием новых моделей БПЛА занимаются крупнейшие компании в мире. Дроны являются новой волной IT-революции в разных сферах. На казанском вертолётном заводе создаётся образец дрона типа FLIP (с участием КАИ).

Цель работы — построение законов и принципов автоматического полёта и посадки БПЛА с учётом требований безопасности.

Требования к законам управления заключаются в следующем:

- выполнение полёта из начальной точки (А) с заданными координатами (x,y);
- допустимые режимы полёта: горизонтальный, вертикальный, под углом к горизонту;
- совершение манёвра при облёте заданного препятствия в пределах полосы безопасности во время отсутствия связи с оператором;
- проникновение в труднодоступные зоны и облёт пустот.

Постановка задачи управления: Поддержание заданных параметров движения БПЛА в пределах зоны безопасности. Математически это обозначается [1]:

$$A(x,y) \sim f(t) \xrightarrow{U} f_*(t) \sim A_*(x_*,y_*), \quad (1)$$

где f(t) – управляющая функция. В контрольной задаче в качестве f(t) выступает зависимость угла наклона вектора скорости к горизонту θ(t).

Суть задачи управления (1) состоит в изменении траектории движения при нарушении требований безопасности. БПЛА оборудован устройствами типа «сонаров» для измерения удаления от БПЛА до препятствия. БПЛА движется с постоянной для участка скоростью V. Изначальное движение – горизонтально. На пути беспилотника находится препятствие. Требование к управлению — осуществить манёвр облёта препятствия для избежания выхода БПЛА из зоны безопасности. Для решения этой задачи её следует описать математически.

Описание решения производится с помощью решения дифференциальных уравнений скоростей: горизонтальная и вертикальная скорости будут равны $\dot{x} = V\cos\theta$ и $\dot{y} = V\sin\theta$ соответственно [2]. Таким образом, выполнение полёта контролируется изменением параметра угла наклона θ. При удалении БПЛА от препятствия менее чем минимально допустимое начинается процесс облёта: $\Delta x \le \Delta x_{доп}$ или $\Delta y \le \Delta y_{доп}$.

Модель системы для численного интегрирования:

$$\dot{x} = V\cos\theta \equiv V\cos\theta^* = V\cos(\theta^* \in \{\theta_0, \theta_1, \theta_2 \ldots\}), \quad (2)$$

$$\dot{y} = V\sin\theta \equiv V\sin\theta^* = V\sin(\theta^* \in \{\theta_0, \theta_1, \theta_2 \ldots\}), \quad (3)$$

где $(\{\theta_0, \theta_1, \theta_2 \ldots\})$ – множество значений углов $\theta_i \equiv \theta_i(t_i)$ в заданные моменты времени.

Функция $\theta^*(t_i)$ – является программным управлением во времени объектом (1) с $\dot{x}$ и $\dot{y}$.

приложении к работе представлены: рисунок со схематичным изображением результата облёта препятствия типа «Ангар» (рис. 1), а также видеоматериал полета мультикоптера с результатами выполненной работы.

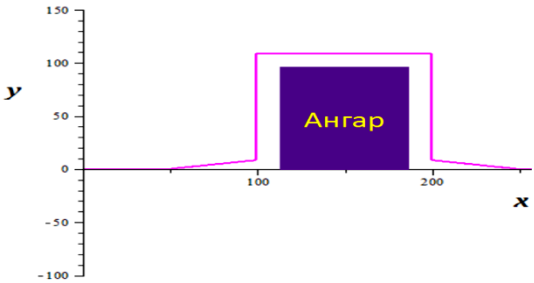


Рис. 1. Схематичное изображение полёта БПЛА

Список литературы

1. *Куклев Е.А., Смуров М.Ю., Байрамов А.Б.* Моделирование систем и процессов: Методы разработки математических и комбинационных моделей систем и процессов в гражданской авиации: Уч. пособие / Под общ. ред. проф. Е.А. Куклева / СПБГУГА, СПб, 2015.

2. *Куклев Е.А. Смуров М.Ю., Евдокимов В.Г., Гипич Г.Н.* Безопасность полётов ВС ГА с учётом рисков возникновения негативных событий // Транспорт Российской Федерации 2012 № 1.

DEVELOPING LAWS OF AUTOMATIC CONTROL OFF UNMANNED AERIAL VEHICLE COPTER TYPE WHEN FLYING OVER OBSTACLES IN BLIND ZONE

Konyk D., Lomakin A., Kildiyarov A.
Supervisor E. Kuklev, Doctor of Technical Science, Professor
(Saint-Petersburg state University of civil aviation, Saint-Petersburg)

The report focuses on the problems of modern copters and developing new automatic systems for controlling different type of drones. It is necessary when connection with drone is lost and it should back to it starting or ending point.

УДК 621.798.34

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ МАНИПУЛИРОВАНИЯ ГИБКИМ КОНТЕЙНЕРОМ ПРИ НАПОЛНЕНИИ СЫПУЧИМ МАТЕРИАЛОМ

Мушкин О.В., Лапиков М.А
Научный руководитель: Ю.П. Сердобинцев, д.т.н., профессор
А.М. Макаров, к.т.н., доцент
(Волгоградский государственный технический университет, Волгоград)

Разработана конструкция и система управления устройством для автоматического манипулирования гибким контейнером при расфасовке сыпучих материалов. Выполнено компьютерное моделирование процесса захвата гибкого контейнера и проведены экспериментальные исследования точности позиционирования пневмоцилиндра при его захвате.

Введение

Вопросы автоматизации процессов расфасовки сыпучих материалов в мягкую тару охватывают значительную область научных исследований. Это связано с тем, что процессы дозирования, упаковки и транспортировки сыпучих материалов (СМ) занимают одно из ведущих мест в отраслях пищевой, химической, металлургической промышленности, в строительстве и сельском хозяйстве.

Для полной автоматизации процесса расфасовки СМ было разработано устройство [9], осуществляющее автоматическое манипулирование гибким контейнером (ГК) при его наполнении.

Предложенное устройство обладает рядом преимуществ по сравнению с аналогами:

1. простота конструкции и кинематической схемы, что обеспечивает применение автоматизированного привода для перемещения захватов;

2. обеспечивается полный цикл расфасовки, включающий отделение ГК от стопы, его захват, открытие и подача под загру-

зочный патрубок, дозировка СМ, прошивка ГК и его транспортировка;

3. использование вакуумного захватного устройства (ВЗУ) [1, 3, 4, 6, 8, 10] при простоте конструкции обеспечивает надежный захват и удержание ГК.

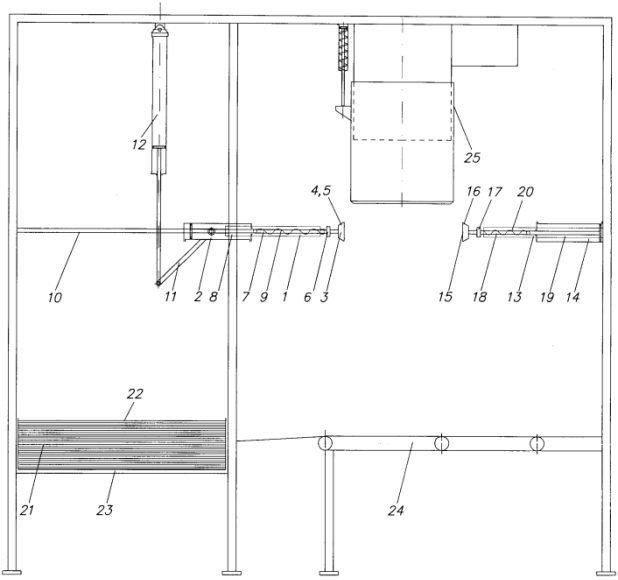


Рисунок 1 – Общий вид устройства

1-захватный механизм, 2-пневматический цилиндр, 3-ВЗУ, 4, 5-вакуумные присоски, 6-планка, 7-рычаг, 8-опорный элемент, 9-пружина, 10-рама, 11-стержень, 12-поворотный пневмоцилиндр, 13-раскрывающий механизм, 14-пневмоцилиндр, 15-ВЗУ, 16-вакуумные присоски, 17-планка, 18-рычаг, 19-опорный элемент, 20-пружина, 21-стопа ГК, 22-ГК, 23-подъемный стол, 24-лента транспортера, 25-загрузочный патрубок

Система управления

Для реализации различных режимов работы устройства спроектирована система автоматического управления. Она строится по иерархическому принципу. Датчики и исполнительные механизмы располагаются непосредственно на технологическом оборудовании.

В качестве датчиков положения, установленных на исполнительных пневмоцилиндрах, используются герконовые датчики *CST*-220*S*.

В качестве исполнительных механизмов (ИМ) используются пневмоцилиндры двустороннего действия с демпфированием в обе стороны фирмы *Camozzi*. Для управления этими ИМ используются пневмораспределители золотникового типа с электрическим управлением.

В основе этого уровня промышленных регуляторов лежит промышленный логический контроллер *FX3U-16MT/DSS* компании *Mitsubishi Electric*.

Питание контроллера и подключенной к нему графической панели *GT1055-QSBD* обеспечивается блоком питания *ALPHA POWER 24-2.5*.

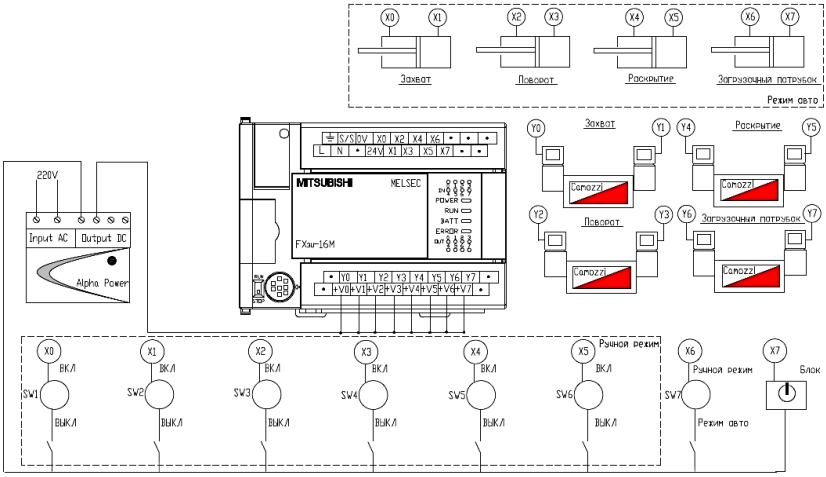


Рисунок 2 – Электрическая схема подключения установки по автоматической расфасовке СМ в ГК

Информационный обмен между уровнем микропроцессорных регуляторов и уровнем управления и сбора данных осуществляется по интерфейсам *RS*-422 и *RS*-485 с использованием прото-

кола *Fieldbus*. Стоит отметить, что управление установкой может происходить в ручном и автоматическом режиме (рисунок 2).

Компьютерное моделирование и исследование точности позиционирования пневмоцилиндра с ВЗУ

Для исследования динамики движения воздушных потоков внутри вакуумного захвата произведено компьютерное моделирование [2, 7] процесса захвата и удержания гибкого контейнера ВЗУ. Моделирование производилось в специализированном прикладном пакете *Solid Works (*библиотека *Flow simulation).* В рамках компьютерного моделирования исследовалось влияние конструктивных параметров ВЗУ на степень вакуума в зоне контакта с ГК (таблица 1).

Вопрос точного позиционирования ВЗУ (когда пневматический привод должен остановиться в промежуточном положении) играет важную роль при захвате верхнего гибкого контейнера из стопы, его правильном раскрытии для наполнения сыпучим материалов, а также при перенастройке системы на гибкие контейнеры другого типоразмера в приделах допуска без необходимости вносить изменения в размеры конструктивных элементов устройства.

Таблица 1

Параметры вакуумного захвата

Варьируемый параметр	**Величина, мм**	
Диаметр присоски	Ø30	Ø50
Диаметр питающего трубопровода	Ø4	Ø6

Было проведено исследование точности позиционирования пневмоцилиндра *Camozzi* 60M2L032A0250 с магнитным поршнем и ходом штока 250 мм в промежуточном положении с установленным на нем ВЗУ. Эксперименты проводились при давлении в пневмосистеме 0,3 и 0,5 МПа.

Для оценки вероятности и надежности захвата, перемещения и раскрытия гибких контейнеров были проведены дополнительные исследования на экспериментальной установке, построенной по схеме, приведенной и описанной в [5]. Проводились серии опытов

по захвату, перемещению и открытию гибкого контейнера с помощью ВЗУ при различной степени вакуума.

Анализ полученных данных

На рисунке 3 представлены результаты компьютерного моделирования движения воздушных потоков внутри ВЗУ при его диаметрах 30 и 50 мм и диаметре питающего трубопровода 4 мм.

Степени вакуума более 0,2 атм достаточно для надежного захвата и удержания ГК. Как видно из рисунка 3, давление в зоне контакта ВЗУ с ГК для диаметра ВЗУ 30 мм равно 0,270 атм, а для диаметра 50 мм 0,203 атм. Таким образом при увеличении диаметра ВЗУ необходим больший вакуум для отрыва ГК.

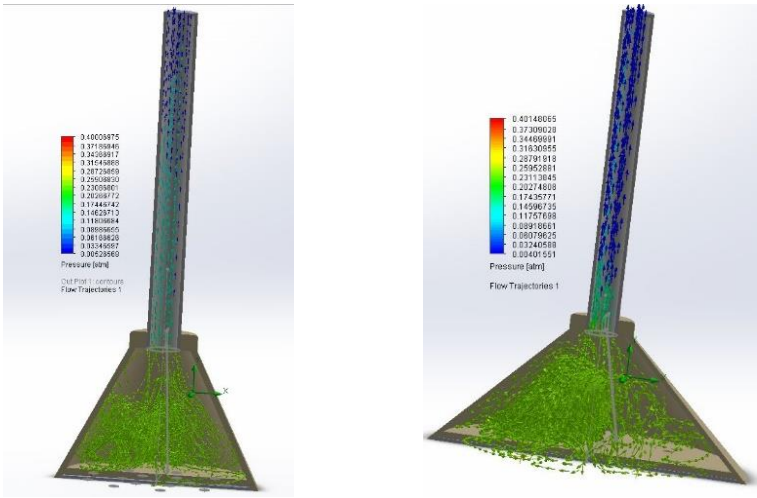


Рисунок 3 – Результаты расчетов для диаметров присосок 30 и 55 мм и диаметра питающего трубопровода 4 мм

В результате увеличения диаметра питающего трубопровода с 4 мм до 6 мм, степень вакуума уменьшается. Для диаметра ВЗУ 30 мм оно равно 0,147 атм, а для диаметра 50 мм – 0,110 атм. Таким образом, предпочтительнее использовать ВЗУ диаметром 30 мм и меньше, с диаметром питающего трубопровода 4 мм и меньше.

Были обработаны результаты эксперимента по исследованию точности позиционирования пневмоцилиндра с установленным на его штоке захватным устройством с пятью вакуумными захватами.

В обоих случаях позиционирование происходит с достаточной степенью точности, причем позиционирование штока пневмоцилиндра с установленным на нем ВЗУ при рабочем давлении 0,5 МПа происходит значительно точнее, разность между максимальным и минимальным значением не превышает 1 мм, а дисперсия составляет всего 0,004.

На основе описанного устройства разработан лабораторный стенд, который внедрен в учебный процесс кафедры автоматизации производственных процессов Волгоградского государственного технического университета.

Исследования выполняются при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для молодых российских ученых - кандидатов наук МК-2619.2017.8.

Список литературы:

1. Автоматизация расчёта основных параметров устройств для расфасовки сыпучих материалов / А.М. Макаров, Ю.П. Сердобинцев, Е.Г. Крылов, В.К. Власов // Известия ВолгГТУ. Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении». Вып. 9: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2013. - № 7 (110). - С. 92-94.

2. Компьютерное моделирование процесса расфасовки сыпучих материалов в открытую мягкую тару / А.М. Макаров, В.Ф. Кучинский, О.В. Мушкин, М.А. Лапиков // Известия ВолгГТУ. Сер. Прогрессивные технологии в машиностроении. – Волгоград, 2016. – № 8 (187). – С. 79-81.

3. *Макаров А.М.* Автоматическая расфасовка сыпучих материалов в мягкую тару. Повышение эффективности процесса / А.М. Макаров, Ю.П. Сердобинцев.– Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013.– 128 с.

4. *Макаров А.М.* Automated Filling of Flexible Containers with Free-Flowing Products / Макаров А.М., Сердобинцев Ю.П., Крылов

Е.Г. // Russian Engineering Research. - 2014. - Vol. 34, No. 11. - С. 734-736.

5. *Макаров А.М.* Transfer Machine Line for Packaging Granular Materials in a Soft Open Container / А.М. Макаров, Ю.П. Сердобинцев, М.П. Кухтик // Journal of Applied Packaging Research. – 2012. – Vol. 6, No. 4 (October). – С. 203-209.

6. *Макаров А.М.* Автоматизация расфасовки сыпучих материалов в нежёсткую тару / А.М. Макаров, Л.А. Рабинович // Mechanika (Poland). Nr 279. - 2011. - Z. 83 (nr 1/2011). - С. 233-237.

7. *Макаров А.М.* Использование твердотельного компьютерного моделирования при разработке и модернизации конструкций захватных устройств для гибких контейнеров / А.М. Макаров, М.П. Кухтик, О.В. Мушкин // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2016. – № 8. – С. 15-19.

8. *Макаров А.М.* Исследование устройства для автоматического наполнения гибких контейнеров сыпучим материалом / А.М. Макаров, Ю.П. Сердобинцев, А.С. Сергеев // Известия ВолгГТУ. Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении». Вып. 10: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. - Волгоград, 2013. - № 20 (123). - С. 114-117.

9. П.м. 169411 Российская Федерация, МПК B65B67/12. Устройство для автоматического захвата, раскрытия и удержания гибких контейнеров / А.М. Макаров, М.А. Лапиков, О.В. Мушкин, Ю.П. Сердобинцев; ВолгГТУ. - 2017.

10. Патент РФ на изобретение №2469928. Устройство для автоматического раскрытия, удержания и закрытия мешков. А.М. Макаров, Л.А. Рабинович, Ю.П. Сердобинцев. Регистр 31.05.2011. ВолгГТУ. 12.20.2012. B 65 B 7/02, B 65 B 5/00.

DEVELOPMENT OF THE DESIGN AND CONTROL SYSTEM OF THE DEVICE FOR MANIPULATION WITH A FLEXIBLE CONTAINER WHEN FILLING A BULK MATERIAL

Mushkin O., Lapikov M.

Supervisor: Yu. Serdobintsev, Doctor of Technical Sciences, Professor,
A. Makarov, Candidate of Technical Sciences, Docent.
(Volgograd State Technical University, Volgograd)

The design and control system of the device for automatic manipulation of a flexible container for the packaging of bulk materials have been developed. A computer simulation of the capture of a flexible container was performed and experimental studies of the accuracy of the positioning of the air cylinder during its capture were carried out.

УДК 644.6; 62-791.2

ВЛИЯНИЕ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ НА МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСХОДОМЕРОВ СЧЕТЧИКОВ ВОДЫ

Петрова Я.С.
Научный руководитель: А.А. Кулаков, к.б.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В сообщении представлены данные о поведении погрешностей различных расходомеров в условиях различного содержания воздуха в воде. Показано, что наличие газовой фазы увеличивает погрешность расходомеров воды.

В отличии от существующей сегодня системы измерения расхода воды, состоящей из одной фазы, требуется исследовать параметры воды как многофазной среды включающей в себя: воздушную среду, твердые включения и нестационарный характер движения потока. Это в свою очередь требует разработки новых узлов учета на основе отечественных и импортных приборов и устройств. При этом необходимо учитывать влияние на измеряемую величину таких параметров как аэрацию жидкости, пульсацию измеряемого расхода в реальных условиях, «зарастание стенок трубопровода и т. д.

При производстве воды необходимо, чтобы измерительная информация о расходе воды была достоверной и достоверность должна достигаться в широком диапазоне диаметров водоводов и скоростей потока воды.

Сегодня для измерения расхода воды используются следующие типы приборов: сопла, диафрагмы, тахометрические расходомеры (турбинные), электромагнитные, ультразвуковые, кориолисовы и. др.

Процесс образования погрешности этих приборов включает в себя следующие основные составляющие: погрешность фона, погрешность метода, инструментальная погрешность.

В воде, подаваемой по напорным водопроводам, всегда имеется некоторое количество воздуха. Из результатов обследования получено, до 10% трубопроводов имеют заполнение воздухом до 20% водовода (это в основном связано с отключением участков водоводов на ремонт при авариях и регламентных работах, после чего в системе заполненную воздухом подается вода) [1]. При этом объем нерастворенного воздуха по длине водовода постоянно меняется, так как он зависит от давления в трубах и температуре воды. Воздух сжимается или расширяется, растворяется в воде или наоборот выделяется из воды. Надо заметить, что количество воздуха, которое может раствориться в рабочей жидкости до ее насыщения прямо пропорциональны давлению на поверхности раздела жидкость – воздух, и его можно определить по формуле:

$$V_{рв}=KV_{рж}P_i/P_o \quad (1),$$

где $V_{рв}$ – объем растворенного воздуха, отнесенный к нормальным условиям (Ро – 1 атм, То – 293К), дм^3, К – коэффициент растворимости воздуха в рабочей жидкости (является функцией давления и температуры); $V_{рж}$ – объем жидкостно – воздушной смеси, дм^3, P_o и P_i – начальное и конечное давление воздуха, находящегося в контакте с водой.

Объем жидкостно-воздушной смеси определяется по формуле:

$$V_{рж} = V_{ж} + V_{рв} + V_{на},$$

где: $V_{ж}$ – объем «чистой» жидкости, не содержащей растворенный и не растворенный воздух; $V_{на}$ – объем не растворенного воздуха, приведенный к нормальным условиям (P_o = 1 атм, T_o =293 К), дм^3.

С целью определения влияния газовой фазы на метрологические характеристики электромагнитных расходомеров проводились исследования на базе Государственного первичного специального эталона единицы массового расхода воды ГЭТ 119-2010 для двух типов электромагнитных расходомеров отечественного производства [2]:

- расходомер-счетчик электромагнитный «Взлет-ППД»;
- комплекс расходомерный электромагнитный «КР-2»;

Как и в условиях эксплуатации, смеситель и испытуемое средство измерений были установлены на вертикальном участке трубопровода.

Для всех типов расходомеров на каждой точке расхода количество подаваемого газа, выраженное в объёмном содержании в газожидкостной смеси GVF, %, варьировалось в диапазоне 0-16% от номинального расхода жидкости. На каждом значении расхода проводилось не менее трех измерений, и при этом регистрировались: расход воды по показаниям эталонного расходомера, расход воды по показаниям исследуемого расходомера, температура и давление воды.

Экспериментальные исследования влияния газовых включений на метрологические характеристики электромагнитных расходомера марки Взлет-ППД и комплекса расходомерного КР-2 были проведены при следующих диапазонах изменения расхода газовой фазы и критерия Рейнольдса. Расход газа изменялся в диапазоне 0 ÷ 25 м^3/ч, а режим течения жидкости соответствовал значениям $Re_ж=2{,}5\cdot10^4$; $Re_ж=4{,}4\cdot10^5$; $Re_ж=8{,}8\cdot10^5$. Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунках 1 и 2.

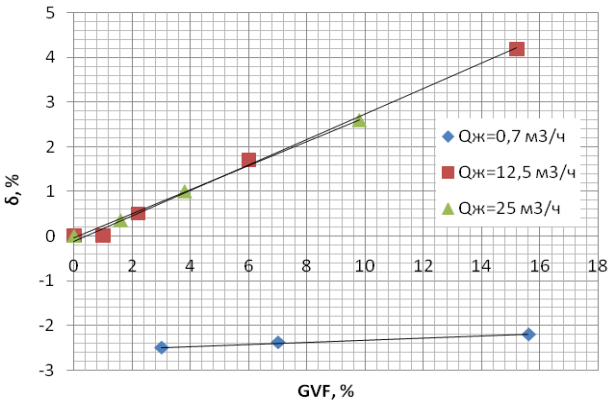


Рис. 1 Характеристики погрешностей расходомера Взлет, аппроксимированная линейной зависимостью, при расходах жидкости $Q_{ж1}$ = 0,7 м^3/ч, $Q_{ж2}$ = 12,5 м^3/ч, $Q_{ж3}$ = 25 м^3/ч.

Как видно из рисунков, относительная погрешность исследуемых приборов существенно зависит от наличия газового фактора. Из графиков следует, что наличие свободного газа приводит к возникновению дополнительной систематической погрешности, так даже незначительное наличие свободного газа (2%) приводит к дополнительной систематической погрешности приборов, которая превышает относительную погрешность расходомеров в два раза (рис. 1), а при наличии в магистрали 15 % свободного газа - в четыре раза и более (рис. 2).

Представленные в работе экспериментальные исследования, показали, что наличие свободного газа в измеряемой среде приводит к возникновению существенной дополнительной систематической погрешности, которой нельзя пренебречь, так увеличение расхода свободного газа от 0% до 19% от объёма номинального расхода жидкости приводит к превышению относительной погрешности электромагнитного расходомера в четыре раза и более.

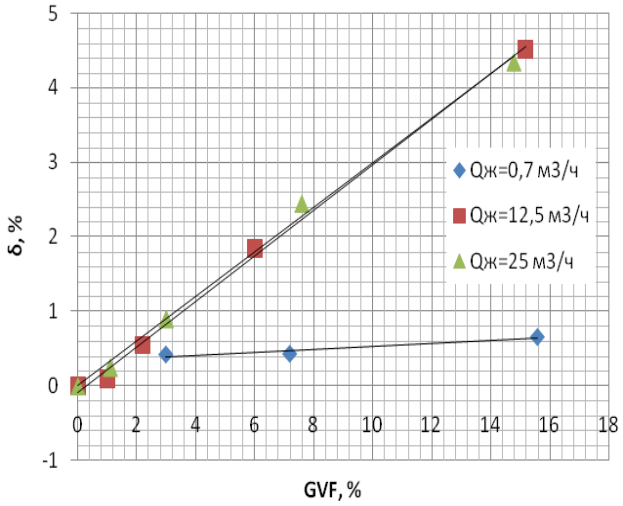


Рис. 2 Характеристики погрешностей расходомера КР-2, аппроксимированная линейной зависимостью, при расходах жидкости $Q_{ж1}$ = 0,7 м^3/ч, $Q_{ж2}$ = 12,5 м^3/ч, $Q_{ж3}$ = 25 м^3/ч.

Из вышесказанного следует, что необходимо либо исключить газовую фазу в воде, или устанавливать специальные двухфазные расходомеры, позволяющие определять расход воды с учетом газовой фазы.

Список литературы:

1. *Зайцев А.П., Романова Н.Л., Симахин В.Н., Филиповская Н.В.* Обеспечение достоверного учета объемов воды в системе водоснабжения ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» и его абонентов // Энергосбережение, 2004, № 4, с. 3-5.

2. *Соловьев В.Г., Петров В.Н., Малышев С.Л., Кирпичников В.Л., Махоткин И.А.* Влияние газовых включений в пульповомпродуктепо определению расхода и плотности двухкомпонентного продукта в трехфазной среде пульпы //Вестник Казанского технологического университета, 2014, т 17, № 6, с. 235-237.

THE INFLUENCE OF THE GAS PHASE TO THE METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF FLOW METERS AND WATER METERS

Petrova J.
Supervisor A. Kulakov, Candidate of Biological Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The report presents data on the behavior of errors of various flow meters under conditions different air content in the water. It is shown that the presence of the gas phase increases the accuracy of the water meter

ПОДСЕКЦИЯ 4.3

ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 535-45

РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО ТРАНСОРМАТОРА ТОКА НА БАЗЕ ЯЧЕЙКИ ФАРАДЕЯ

Бакшаев М.К.
Научный руководитель: Н.А. Петрановский, ст. преподаватель
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Цель работы это создание оптического трансформатора тока (ОТТ), конструкция которого была бы новой и промышленно применимой, для получения промышленного образца. Был произведен анализ существующих методов и схем ОТТ для высоковольтных ЛЭП, и предложена конструкция ОТТ. Был выполнен выпуск чертежей деталей и сборок для запуска изделия в производство. После испытаний опытного образца в конструкцию были внесены изменения. Полученная конструкция ОТТ отвечает требованиям для успешного производства.

1. Введение

Актуальность разработки измерительных трансформаторов тока, принцип действия которых не основан на явлении электромагнитной индукции, в настоящее время не вызывает сомнений у специалистов в области электроэнергетики что объясняется их потенциальными достоинствами.

В настоящее время одним из таких направлений работ в мире является разработка оптических трансформаторов тока (ОТТ), действие которых основано на явлении поворота плоскости поляризации оптическое излучения в магнитном поле (эффект Фарадея).

2. Теоретическая часть

Свет в узком смысле - это видимое излучение, т.е. электромагнитные волны в интервале частот f = (7,5-4,0) 1014Гц (или 750-400 ТГц) и длин волн λ = 0,4-0,76мкм, воспринимаемые глазом.

Электромагнитные волны (ЭМВ) представляют собой распространяющиеся в пространстве колебания электромагнитного поля. В ЭМВ объединены изменения электрического и магнитного полей: всякое изменение напряженности Е электрического поля в какой-нибудь точке пространства вызывает в смежных точках

появление переменного магнитного поля, изменение напряженности H которого в свою очередь порождает меняющееся электрическое поле.

Общим свойством любой ЭМВ является поперечность ее колебаний: в изотропных средах векторы напряженности электрического E и магнитного H полей волны перпендикулярны друг к другу и к направлению распространения волны - ее лучу (или вектору скорости распространения волны v).

Постоянный ток порождает вокруг токопровода постоянное магнитное поле, поместив в которое чувствительный элемент с линейно поляризованным светом, можно определить по углу поворота последнего величину напряженности магнитного поля, а по ней и величину самого тока в токопроводе за те или иные фиксированные промежутки времени.

Главным чувствительным элементом любого ОТТ, существенно влияющим на его основные технические и метрологические параметры, является оптическое волокно (ОВ) для передачи световой энергии и оптических сигналов.

Линейно поляризованный свет можно подвергать в физических средах операциям поворота его плоскости поляризации в целях решения тех или иных технических задач. Такой поворот могут вызывать как оптически активные вещества, так и внешние физические поля, воздействующие на среду прохождения света. Возможность воздействия на поляризованный свет в среде при помощи постоянного магнитного поля лежит в основе эффекта Фарадея - вращения плоскости поляризации линейно поляризованного света, распространяющегося в среде вдоль постоянного магнитного поля, в котором находится эта среда.

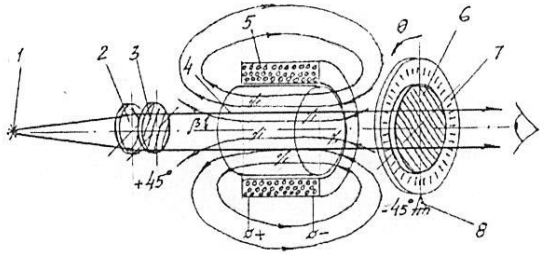


Рис 1. Схема поляризатора с ячейкой Фарадея:

1 - источник света; 2 - коллиматор с матовым стеклом; 3 - Поляризатор неподвижный; 4 - Цилиндр из стекла ТФБ с полированными торцами; 5 – катушка медного провода (в разрезе); 6 – поляризатор в подвижной оправе; 7 – шкала; 8 – нулевой индекс на корпусе полярископа.

2.1. Оптические трансформаторы тока

Типичная схема ОТТ содержит чувствительный элемент в виде нескольких витков ОВ, помещённых в жесткую защитную оболочку из немагнитного материала – токовую головку ОТТ и электронно-оптический блок (ЭОБ), соединяемый с чувствительным элементом через оптический кросс

3. Виды оптических трансформаторов тока

3.1. Оптические трансформаторы тока на базе оптоволокна

Основные недостатки обычных трансформаторов тока в линиях ЛЭП:

- наличие трансформаторного масла или газа в качестве диэлектриков;
- большой вес и габариты;
- насыщение ТТ при коротком замыкании;
- влияние вторичных цепей на точностные характеристики;
- пониженная сейсмостойкость;
- явление ферро резонанса;

Высоковольтные оптические трансформаторы тока (ОТТ) и преобразователи тока (ОПТ) появились на рынке несколько лет назад.

Принцип работы ОТТ основан на явлении поворота плоскости поляризации света в продольном магнитном поле, открытым Фарадеем в 1831 году.

В качестве активного вещества ячейки Фарадея в этих устройствах используются оптические волокно. На рисунке 2. показано типичное устройство ОТТ, где используется оптическое волокно.

Основные преимущества ОТТ/ОПТ по сравнению с их электромагнитными аналогами заключаются в следующем:

- возможность измерения как переменного (до 100 кА), так и постоянного или импульсного (до 600 кА) тока различных уровней напряжений (до 800 кВ);
- оптико-электронное малоинерционное преобразование световых сигналов с отсутствием явлений гистерезиса;
- большой динамический диапазон (0,1-200% Iном) и высокая точность (0,1— 0,2%) для измерений и защиты токовых цепей;
- широкая полоса пропускания сигналов (не менее 6 кГц);
- возможность интеграции в измерительные и информационные системы;
- полная эколого-, пожаро-, взрыво- и электробезопасность;
- высокая помехоустойчивость;
- долговечность, долговременная стабильность и высокая повторяемость метрологических параметров изделий;
- низкая восприимчивость к вибрациям и изменениям температуры;
- малые весогабаритные параметры;
- простота и надежность конструкции.

На рис 2.показана типичная известная структурная схема ОТТ с ячейкой Фарадея в виде оптического одномодового волокна 3, но с учетом устройства, у которого роль делителя света на два взаимно перпендикулярные по плоскости поляризации составляющие играет призма Волластона 5.

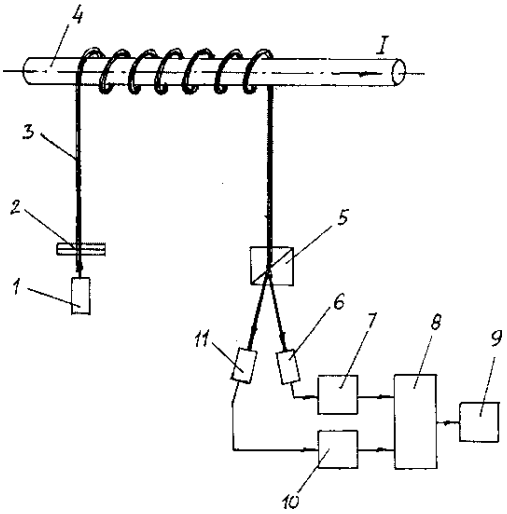


Рис. 2. Оптический трансформатор тока.
1 – полупроводниковый лазер; 2 – обычный поляризатор; 3 – оптическое волокно; 4 – шина ЛЭП; 5 – призма Волластона; 6,11 – фотоприемники; 7,10 – усилители электрических сигналов; 8 – микропроцессорный блок обработки сигналов; 9 – индикатор результатов измерений.

4. Модернизация конструкции ОТТ

После испытаний опытного образца были внесены следующие изменения:

- Устранили погрешность прибора, которая возникает из за неточной установки поляризаторов.
- Изменен метод крепления оптического волокна в приборе.
- Изменен метод сборки прибора, для повышения качества сопряжения деталей и удобства их размещения.
- Заменены материалы из которого сделан корпус прибора, для уменьшения шумов которые влияют на показания прибора.

А так же был выполнен выпуск чертежей деталей и сборок для запуска изделия в производство.

6 Заключение

Был создан оптический трансформатора тока, конструкция которого является новой и промышленно применимой, для получения промышленного образца. Был произведен анализ существую-

щих методов и схем ОТТ для высоковольтных ЛЭП, и предложена конструкция ОТТ. Был выполнен выпуск чертежей деталей и сборок для запуска изделия в производство. После испытаний опытного образца в конструкцию были внесены изменения. Полученная конструкция ОТТ отвечает требованиям для успешного производства.

Список литературы:

1. Физика / Большой энциклопедический словарь. М.: Большая российская энциклопедия, 1999.

2. *Некрашевич Е., Старостин Н.* Волоконно-оптические датчики тока // Электронные компоненты. 2006. № 11.

3. Элементарный учебник физики / под ред. акад. Г.С. Ландсберга. Т. 3. М.: Наука.

4. *Пеньковский А.И.,* Способ измерения показателя преломления поглощающих сред. Журнал «ОМП», №8, 1982г. с.38-41.

OPTICAL TRANSORMATOR'S DEVELOPMENT CURRENT ON THE BASIS OF FARADAY'S CELL

Bakshaev M.
Supervisor: N. Petranovskiy, Senior Lecturer
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The aim of the work is to create an optical current transformer (OTT), the design of which would be new and industrially applicable, to obtain an industrial design. An analysis was made of the existing methods and schemes of OTT for high-voltage power lines, and the design of OTT was proposed. Issued drawings of parts and assemblies for launching the product in production. After testing the prototype, changes were made to the design. The resulting OTT design meets the requirements for successful production.

УДК 681.78.01 (075.8)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЙ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВИБРАЦИЙ НА ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ

Богачев Э.А.
Научный руководитель: А.И. Карпов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Чтобы обеспечить требуемое качество оптико-электронного изделия очень важно и актуально провести своевременное расчетное исследование возможности обеспечения требуемого качества, к которым относятся эксплуатационные свойства изделия. Аппаратура, размещаемая на колесно-гусеничном шасси, должна быть выполнена стойкой к широкому спектру частотных воздействий, которые могут привести к выходу из строя. Необходимо обеспечить в конструкции возможность предотвращения резонансных частот.

Объектом исследований в данной работе выступает аппаратура, размещаемая на колесно-гусеничном шасси. Цель данной работы – обеспечить в конструкции аппаратуры возможность предотвращения резонансных частот.

Метод испытания широкополосной случайной вибрацией предусматривает одновременное возбуждение всех резонансных частот объекта, то есть позволяет воспроизвести те числовые вибрационные характеристики условий эксплуатации, которые влияют на надежность испытуемого изделия. За критерий подобия принята спектральная плотность вибрационных ускорений, так как вероятность выхода изделия из строя или нарушения режима его работы напрямую связано со спектральной плотностью вибрации.

Реальные вибрации в большинстве случаев являются случайными. Широкополосные случайные процессы с заданным энергетическим спектром получили широкое распространение в качестве физических моделей реальных вибропроцессов [1].

Моделирование реальных вибропроцессов производилось в программном комплексе Solidworks (ПК SW), а расчеты –

в расчетном модуле Simulation ПК SW, который предназначен для решения задач расчета на статическую прочность и устойчивость в линейной и нелинейной постановке, выделения собственных частот, оптимизации формы деталей и сборок в линейной постановке, анализ устойчивости и поведения конструкции при ударе.

В ПК SW нами был смоделирован объект исследования подробная модель аппаратуры, конструктивно точная копия реального объекта, в которой заданы материалы всех деталей. В модуле Simulation была сгенерирована конечно-элементная сетка (рис.1) для разбиения объекта на бесконечно малые элементы, что позволяет наиболее точно смоделировать влияние реальных вибропроцессов на (эксплуатационные) характеристики исследуемой аппаратуры/исследуемой конструкции аппаратуры. К изделию приложена динамическая нагрузка – ускорение как функция частоты возбуждения, наложены ограничения на перемещения модели изделия, сгенерирована конечно-элементная сетка и выполнен анализ случайных колебаний. Сетка сгенерирована таким образом, что обеспечена необходимая точность исследования [2].

Используемый метод решения расчетных исследовательских задач – метод конечных элементов, который является в настоящее время стандартным подходом при решении задач механики твердого тела посредством численных алгоритмов. В основе метода лежит преобразование объекта с целью решения уравнений механики сплошной среды в предположении, что эти соотношения выполняются в пределах каждой из элементарных областей. Эти области называются конечными элементами. В пределах конечного элемента назначаются свойства ограничиваемого им участка объекта (это могут быть характеристики жесткости и прочности материала) и описываются поля интересующих величин твердого тела (это перемещение, деформации, напряжения)[3].

Результаты испытаний получены в виде графика (см. рис. 1), на котором по оси ординат отложены значения спектральной плотности G, измеренные в $(м/с^2)^2/Гц$, а по оси абсцисс – полосы частот, в которых проведены эти измерения.

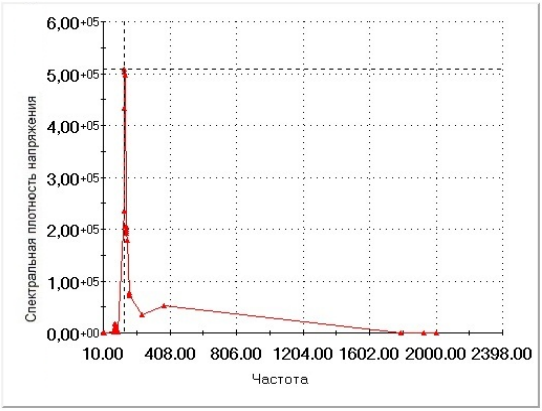


Рис.1 График зависимости спектральной плотности G от полосы частот исследуемого вибровоздействия

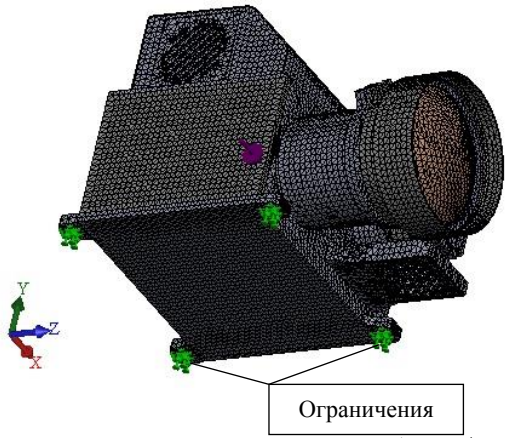


Рис.2. Конечно-элементная сетка исследуемого объекта/исследуемой конструкции аппаратуры

В результате проведенной работы обнаружено, что конструкция подвержена возбуждению в пределах неразрешенных частот. Для обеспечения надежности аппаратуры, размещаемой на колесно-гусеничном шасси нами доработана конструкция и проведены необходимые расчеты и в результате нескольких итераций выявлены и исключены все частоты возбуждения. Единственные резонансные

частоты, полученные в диапазоне частот $f = 137$ Гц, лежат вне предельных запрещенных частот. Таким образом, те недостатки конструкции, которые могли бы быть выявлены в процессе реальных испытаний на виброустойчивость, выявлены до начала производства оптико-электронного устройства. В этом случае, очевидно, предотвращаются необоснованные затраты на изготовление изделия.

Таким образом, выполнение таких расчетных исследований позволяет минимизировать экономические затраты на разработку и освоение новой техники, что является актуальным на любом производстве.

Список литературы:

1. *Коняхин И.А., Зверева Е.Н.* Типовые расчеты по определению характеристик надежности оптико-электронных приборов. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 65 с.

2. *Бычков А.А.* Надежность приборов и систем: Учебное пособие. − Ростов-на-Дону, 2008. − 84 с.

3. SolidWorks 2007/2008. А.А. Алямовский, А.А. Собачкин «Компьютерное моделирование в инженерной практике» - СПб:. БХВ-Петербург, 2008.

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF BROADBAND RANDOM VIBRATIONS ON STRUCTURAL STRENGTH

Bogachev E.
Supervisor: A. Karpov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

To ensure the required quality of an optoelectronic product, it is very important and timely to conduct a timely calculation study of the ability to provide the required quality, which include the operational properties of the product. The equipment placed on the wheeled-caterpillar chassis should be designed to withstand a wide range of frequency impacts, which can lead to failure. It is necessary to ensure in the design that it is possible to prevent resonance frequencies.

УДК 62-533.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСИРОВАННОГО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ

Бурдинов К.А., Гайнулов Е.Р.
Научный руководитель А.И. Карпов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Приведены результаты моделирования динамики двухступенчатой цифровой нелинейной системы управления бортового комплексированного ОЭП с учетом нелинейностей в регуляторах.

Цель работы: оценка влияния существенных нелинейностей в контурах управления на качество управления.

Исследуется динамика системы автоматического управления (САУ) оптико-электронного прибора (ОЭП) морского базирования[2] с тремя каналами наблюдения (рис.1): телевизионного (ТВ), тепловизионного (Т) и лазерного (Л) с учетом качки корабля, вибраций и движения объекта наблюдения (ОН). Здесь же (на платформе 1) размещены волоконно-оптические гироскопы (ВОГ), датчик угла (ДУ) и ротор моментного двигателя (МД). Соосно с осью внешней рамки размещены МД, ДУ по курсу. В продолжении работ [1,3], где показано, что применение 2-х ступенчатой линейной САУ ОЭП (рис.1,2) является наиболее целесообразным при выполнении задач наблюдения и определения координат ОН, в данной работе приводятся результаты синтеза и моделирования нелинейной рассматриваемой *САУ по углу места*.

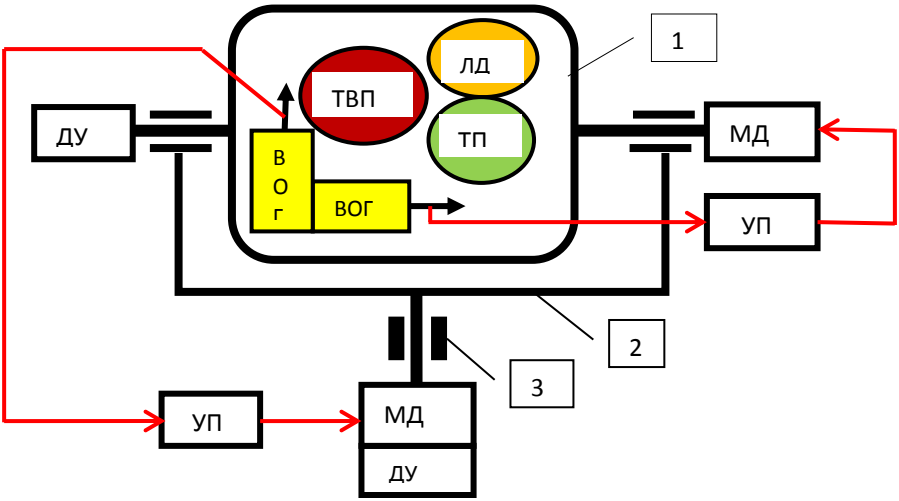


Рис.1. Функциональная схема 1-ой ступени САУ ОЭП.
Обозначения: 1-платформа, управляемая по углу места;
2-внешняя азимутальная (курсовая) рамка, 3-корпус прибора, расположенный на корабле.

Вторая ступень САУ представляет собой систему коррекции оптического пучка (СКОП) с помощью призмы Рошона – Гершеля, управляемой приводом. Призмы Рошона – Гершеля конструктивно.

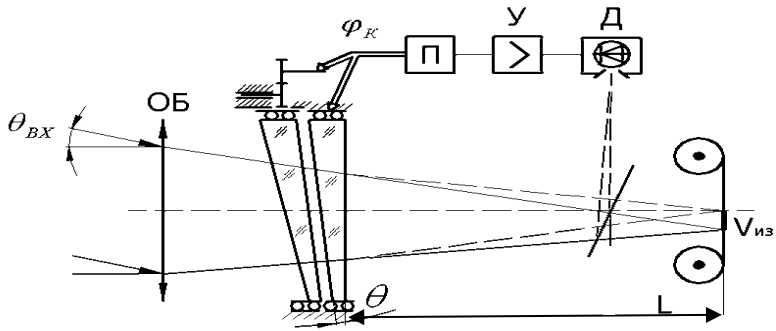


Рис.2. Функциональная схема 2-ой ступени САУ
расположены в ТВ и Т объективах на расстоянии L от матричных фотоприёмников (МФП).

Синтезированы два канала управления 2-ой ступени (Ст.) САУ для ТВ и Т – каналов наблюдения. Сигналы рассогласования 2-х ступенчатых САУ измеряются МФП, находящимся в фокальных плоскостях соответствующих объективов.

Математическая модель системы управления

1. *Уравнения движения* платформы 1 совместно с МД (рис.1)

$$\left.\begin{array}{l}(J_п + J_р)(\ddot{\theta}_п - \ddot{\psi}_к) + M_н = C_м i,\ M_н = M_{тр} + M_{об},\\ Ri + Ldi/dt + C_E\dot{\theta}_{п,} = u,\end{array}\right\} \quad (1)$$

где $\theta_п$ – угол поворота платформы (Пл.), $\psi_к$ – угол качки корабля, $J_п$ – момент инерции Пл., $J_р$ – момент инерции ротора МД, $M_{тр}$ – момент трения, $M_{об}$ – момент дисбаланса Пл.; $C_М$, $C_Е$, R, L – параметры МД, *u, i* – управляющее напряжение и ток МД .

Уравнения (1) в операторной форме с учетом регулятора:

$$\dot{\theta}_п = W_П(p)u - W_М(p)M_н + W_к(p)\ddot{\psi}_к, \quad (2)$$

$$W_П(p) = \frac{K_п}{T_М T_э p^2 + T_М p + 1}, W_М(p) = \frac{K_М(T_э p + 1)}{T_М T_э p^2 + T_М p + 1}, W_к(p) = \frac{T_М(T_э p + 1)p}{T_М T_э p^2 + T_М p + 1},$$

$$u = \frac{K_у}{(T_у p + 1)}\left(\frac{K_г}{T_г^2 p^2 + 2\xi T_г p + 1}W_{ky}(p)\Delta\dot{\theta} + K_д W_{ky1}(p)\Delta\theta\right), \quad (3)$$

$$\Delta\dot{\theta} = \dot{\theta}_{вх} - \dot{\theta}_п,\ \dot{\theta}_{вх} = \ddot{\psi}_к + \dot{\theta}_в + \dot{\theta}_н,\ \Delta\theta = \theta_{вх} - \theta_п.$$

$$\frac{J_0 R}{C_М C_E} = T_М,\ \frac{1}{C_E} = K_П,\ \frac{R}{C_М C_E} = K_М, T_э = \frac{L}{R}, J_0 = J_п + J_р$$

2. *Уравнения движения* 2-ой ступени – СКОП (рис.2)

$$(I_{DB}i_2^2 + I_K)\ddot{\varphi}_K + C_{M2}C_{E2}R_2^{-1}i_2^2\dot{\varphi}_K + M_{H2} = C_{M2}R_2^{-1}i_2 u_{y2},$$

$$\varphi_K = \frac{K_П}{(T_{п2}p + 1)p}u_{y2} - \frac{K_{M2}}{(T_{п2}p + 1)p}M_{H2}, u_{y2} = \frac{K_{y2}}{(T_{y2}p + 1)}u_{д2}, u_{д2} = \frac{K_{D2}}{(T_D p + 1)}\varepsilon, \quad (4)$$

$$T_{п2} = \frac{J_{дв}R_2}{C_{M2}C_{E2}}(1 + \frac{J_к}{J_{дв}i_2^2}),\ K_П = \frac{1}{C_{E2}i_2},\ K_{M2} = \frac{R_2}{C_{M2}C_{E2}i_2^2} = \frac{T_{дв}}{J_{дв}i_2^2},$$

$$\varepsilon = \Delta\theta + \varepsilon_в - K_{OC}(\varphi_k), K_{OC}(\varphi_к) = \frac{2\theta L(n-1)\sin\varphi_K}{f'}, \quad (5)$$

где $J_{дв}$, $J_к$ – моменты инерции ротора двигателя и клиньев, $K_{ос}(\varphi_к)$ – зависимость угла отклонения главного луча призмой Рошона-Гершеля, θ - угол клина, f' - фокусное расстояние объектива, n – коэфф. преломления стекла клина, i_2 – редукция привода, ε - погрешность 2-ой Ст., $\varphi_к$ – угол поворота клиньев, $\varepsilon_в$ – сигнал коррекции линии визирования.

Структурная схема САУ приведена на рис.3,где обозначены: $\theta'_н, \psi'_к$, $\theta'_в$ – угловые скорости движения ОН, качки, вибраций [1], $K_ф$, $K_н$, $K_{ду}$, – коэфф. передачи МФП, навигационного комплекса (НК), ДУ.

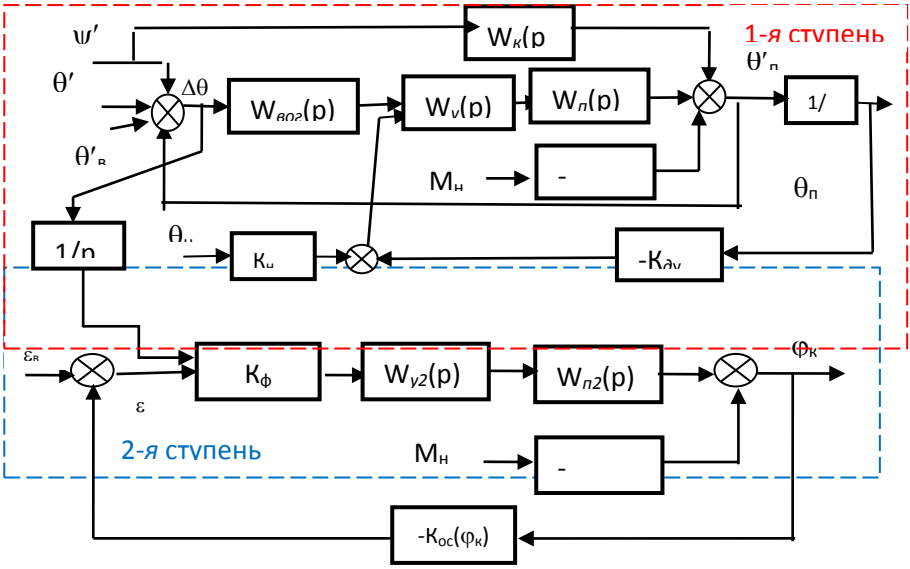


Рис.3. Структурная схема САУ ОЭП по углу места

Компьютерная имитационная модель САУ

В соответствии с уравнениями (2) – (5) разработана компьютерная имитационная модель (КИМ) САУ (рис.4) с учетом синтезированных частотным методом параметров: $K=K_{вог}K_уK_п=100$, $K_с=K_{ду}K_уK_п=180с^{-1}$, $T_м=$ 0.43с, $T_э=0.004$с, $T_{вог}=0.0016$с, $\theta=6°$, $K_{с2}= K_ФK_{у2}K_{п2}= 250с^{-1}$, $L/f'=0,1$, $n=1,5183$, $T_{п2}=$ 0.04с, $T_{у2}=0.004$с, $T_{к2}=$ 0.04с,$T_{к3}=0.0025$с, $M_н=0.44$Нм,$M_{н2}=0.038$Нм., а также нелиней-

ностей: ВОГ: дрейф нуля равен 50 угл.с/с., $К_{вог}$=0,345 Вс/рад, выходное напряжение – 3 В; поле зрения объектива ТВ канала – 5 град.; ДУ: зона нечувствительности – 10 угл.с; МД-160: максимальная угловая скорость – 2 рад/с; двигатель 2-ой ступени (ДПМ-35): максимальное управляющее напряжение – 27 В; частоты обновления цифровой информации: в САУ – f_1=100-500Гц; в НК – f_2 =30-200 Гц.

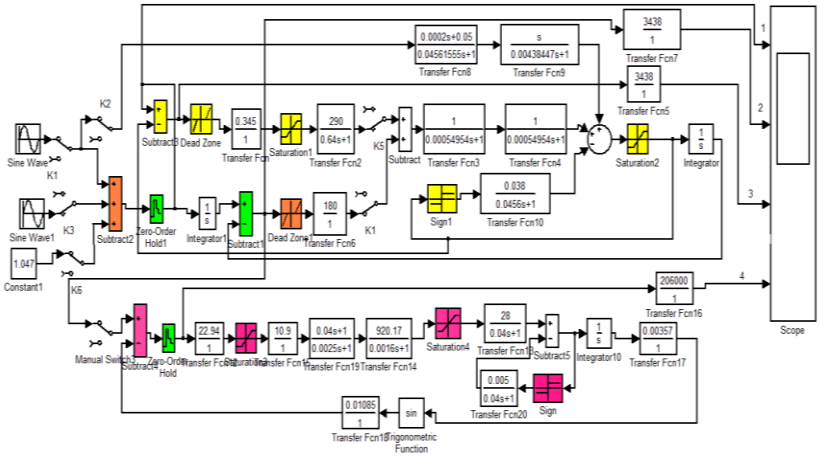


Рис.4 Компьютерная имитационная модель ЦСАУ по углу места

Результаты исследования (рис.5): САУ устойчива, время переходного процесса τ=0.35с, погрешности: 1-ой Ст.– 20′±10′ ($\Delta\theta_к$= 5′, $\Delta\theta_в$= 3′, $\Delta\theta_ц$= 20′, $\Delta\theta_м$= 2′), 2-ой Ст. – 34′′ ($\varepsilon_к$= 10′′, $\varepsilon_в$= 19′′, $\varepsilon_м$= 5′′) при входных воздействиях: $\theta'_н$=60 град/с, $\psi_{0к}$=25 град., $\omega_к$= 0.157 $с^{-1}$, $\theta_{0в}$= 2.6 угл. мин, $\omega_в$=62.8 $с^{-1}$ и наиболее предпочтительных (смысле устойчивости) f_1= 500Гц, f_2= 100 Гц. По сравнению с линейной САУ динамические характеристики ухудшились: время переходного процесса в 6 раз, погрешность 1-ой Ст. в 1,1 раза, погрешность 2-ой Ст. в 2,4 раза. Коррекцией параметров регуляторов можно улучшить динамические погрешности в 1,5-2 раза.

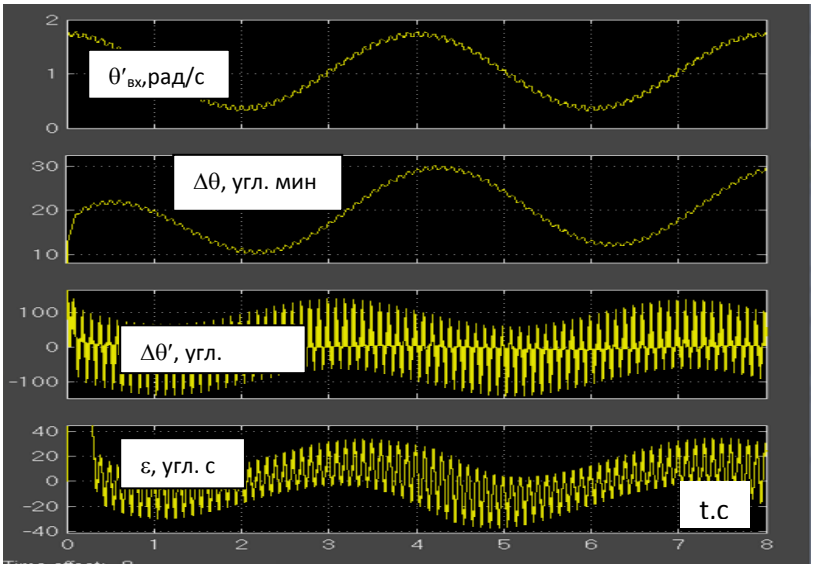


Рис.5.Переходные и установившиеся процессы нелинейной цифровой САУ (К =100, $К_с$ =180$с^{-1}$, $К_с$ =250$с^{-1}$, f_1= 500Гц, f_2= 100 Гц)

Список литературы:

1. *Карпов А.И., Кренев В.А.* Стабилизация изображения бортового ОЭП на базе волоконно - оптических гироскопов. Материалы конференции ПРЭФЖС-2017.с.280-285. Казань 2017.

2. *Пешехонов В.Г., Гунтер И.Е., Зинченко В.М. и др.* Перископный комплекс «Парус-98». Гироскопия и навигация - №1 (48). 2005. с.5-15.

3. *Бурдинов К.А., Карпов А.И., Кренев В.А.* Моделирование динамики двухступенчатой бортовой системы управления комплексированного оптико-электронного прибора. Материалы Всероссийской молодежной научно-технической конференции АЭП-2017. Казань 2017.

DYNAMICS RESEARCH OF TWO STAGED COMPLEX OPTICAL ELECTRONICS DEVICE STABILIZATION SYSTEM

Burdinov K., Gainulov E.

Supervisor: A. Karpov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

Results of stabilization system dynamics research are presented. Stabilization system consists of two stages and there is complex optical electronics device on board.

УДК 62-533.5

СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРАБЕЛЬНОГО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА ПО КУРСУ

Галиев Э.Х.
Научный руководитель: А.И. Карпов, к.т.н.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Приведены результаты синтеза и моделирования системы управления морского оптико-электронного прибора по курсу.

Цель работы: исследование динамики управления корабельной системы управления, используя датчик угла по курсу.

Рассматривается система автоматического управления (САУ) комплексированного оптико-электронного прибора (ОЭП) морского базирования с тремя каналами наблюдения (рис.1) [1].

Исходные данные: точность САУ $\Delta A_c = 3'$, момент инерции и масса нагрузки: $J_н = 6$ кг*м^2, $m = 95$ кг; скорость движения цели: $\dot{A}_ц = 60$ град/с; амплитуда и период качки: $к_0 = 6^o$, $T_0 = 5$ с.

1. Уравнения движения системы с учетом качки корабля, вибрационных возмущений и движения объекта наблюдения (ОН)

$$J_0 (\ddot{к} - \ddot{A}_c) - M_в = C_M i; \quad U = Ri + L\frac{di}{dt} + C_E \dot{A}_c \ , \ (J_П + J_{дв}) = J_0; \qquad (1)$$

$$A_c = \frac{K_п}{(Тэ Тмр^2 + Тмр + 1)р} U + \frac{(Тэр+1) Тмр^2}{(Тэ Тмр^2 + Тмр + 1)р} к - \frac{Км(Тэр+1)}{(Тэ Тмр^2 + Тмр + 1)р} M_В \qquad (2)$$

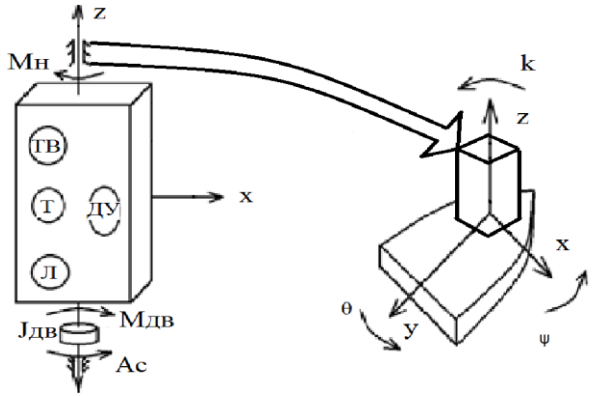


Рис.1. Функциональная схема СУ ОЭП. Обозначения: датчик усилитель (Ду), телевизионный (ТВ), тепловизионный (Т) и лазерный (Л), каналы наблюдения [1]

$U=\frac{Ку}{Тур+1}\Delta A_с$; $\Delta A_с=\frac{1}{1+Wр}(k+k_н+к_в)$ - $\frac{W_k}{1+Wр}k$ + $\frac{W_в}{1+Wр}M_в$, (3)

где $W_У(р)=\frac{Ку\,К_д}{Тур+1}W_{к.ц}(р)$, $W_П(р)=\frac{Кп}{(ТэТмр^2+Тмр+1)р}$, $W_К(р)=\frac{(Тэр+1)Тмр}{ТэТмр^2+Тмр+1}$, $W_В(р)=\frac{Км(Тэр+1)}{(ТэТмр^2+Тмр+1)р}$, k – угол качки, $A_с$ – угол поворота платформы, R-сопротивление фазы, C_E-коэффициент противо-ЭДС, $C_М$-коэффициент моментов, $J_П$ -момент инерции платформы относительно вращения оси, $J_{дв}$ -момент инерции моментного двигателя (МД), $M_н$ - момент нагрузки, J_0-момент инерции, U-управляющее напряжение.

Для выбора ДВ проведен расчет максимальных моментов и мощности[1]: $M_{дб}$ = mgΔl =0.95 Нм, $M_{тр}$ = 5*10^{-3}*m = 0.475 Нм, $M_н$= $M_{тр}$ + $M_{дб}$ = 1.425 Нм, $M_{max} \geq 2\frac{Мнагр}{\eta}$ + $J_н$ $Ä_{cmax}$ = 16.366 Нм, $P=2\frac{Mmax}{\eta}$ $Ȧ_{cmax}=2\frac{16.366}{0.9}$ 1.168=36.4Вт. По полученным значениям выбираем двигатель МД 220 – 30:R=2,5Ом, частота вращения 10 об/мин, $T_Э$=4мс, $T_{ЭМ}$=1.5мс, C_E=5,254с/рад, $C_М$=5.45 Нм/А.

Вычислим: $T_м$= 0.52384 с, где C_E=5.254рад/с; $T_э$=4 мс; L=10 мГн; $K_М$=0.0873; $K_П=\frac{1}{5.254}=0.1903$ с/рад; $T_У$=10^{-2}; $K_{дус}$=0.344 рад/с.

В соответствии (1)-(3) структурная схема САУ имеет вид (рис. 2):

2. Динамическая погрешность замкнутой системы в силу (1)-(3) запишется:

$$\Delta A_c = \frac{1-W_к(p)}{1+W(p)}\dot{k} + \frac{1}{1+W(p)}\dot{k}_н + \frac{W_в(p)}{1+W(p)}M_В, \qquad (4)$$

где $W(p) = W_У(p)W_П(p) = \frac{К_У К_Д}{Т_{УР}+1} W_{к.ц}(p) \frac{К_П}{(Т_Э Т_М p^2 + Т_М p + 1)p}$, $К_С = К_Д К_У К_П$.

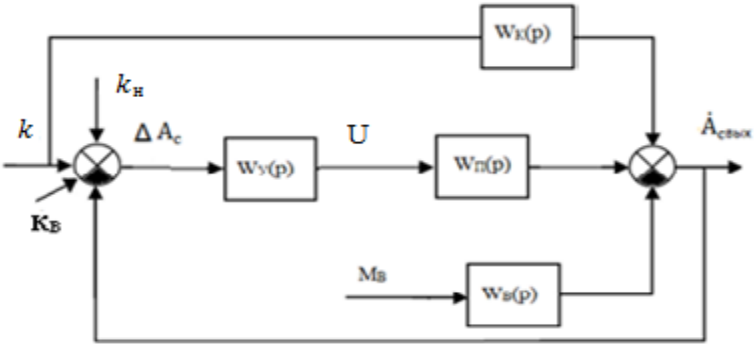


Рис.2 Схематическая схема СУ ОЭП

3. Допустимый коэффициент усиления системы

Коэффициент усиления для установившегося режима на частоте качки находится из условий точности (4) по формуле:

$\Delta A_c = \frac{1}{К_С}(\dot{k} + \dot{к}_н) + \frac{К_М}{К_С}M_В$; $К_С = \frac{1}{\Delta A_c}(\dot{k} + \dot{к}_н) + \frac{К_М}{\Delta A_c}M_В \geq 1501 с^{-1} \rightarrow 4500\ с^{-1}$;

4. Исследование устойчивости СС проводилось частотным методом [2]. Используя Matlab построены ЛАХ и ЛФХ разомкнутой системы (рис.3), из анализа которых следует, что исходная система в соответствии с критерием Найквиста[3] неустойчива, для устойчивости системы синтезировано корректирующее устройство с ПФ

$$W_{к.ц}(p) = \frac{W_ж(p)}{W(p)_{исх}} = \frac{(Т_П 1 p + 1)^2}{(Т 1 p + 1)(Т 3 p + 1)},$$

где: $Т_{П1}$=1.923 с; $Т_1 = 27{,}463$ с; $Т_3 = 0{,}0117$ с.

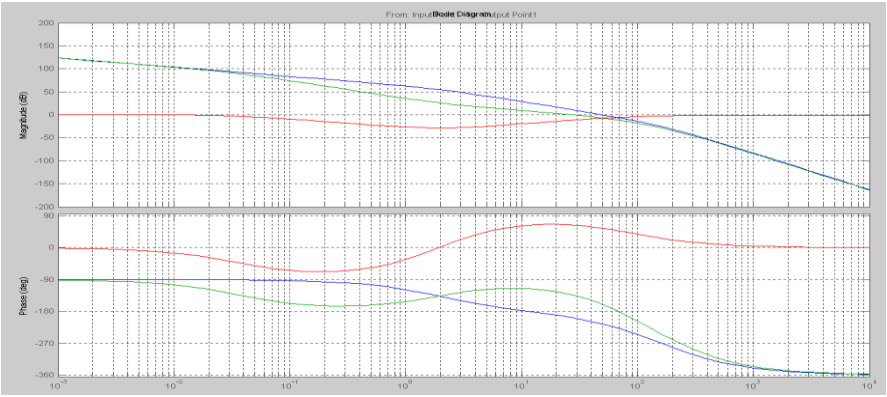


Рис. 3 ЛАХ и ЛФХ разомкнутой системы. Обозначения: исходная (синий), желаемая (зеленый) и корректирующая (красный)

Скорректированная система устойчива и имеет запасы устойчивости: по фазе 43°, по амплитуде 12 Дб.

5. Моделирование замкнутой системы

В соответствии с исходными данными и уравнениям (1)-(3) разработана компьютерная модель с системе Matlab Simulinks и проведено исследование динамики.

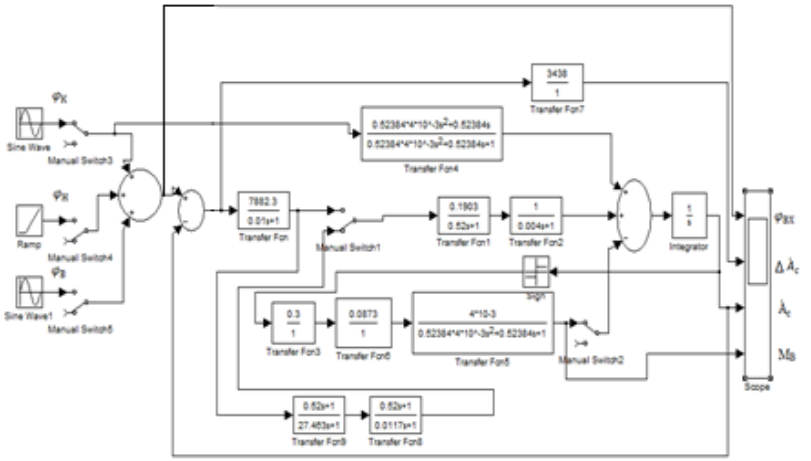


Рис. 4 Компьютерная модель САУ ОЭП по курсу

Результаты моделирования. При исследовании динамики САУ ОЭП получены следующие динамические характеристики: время переходного процесса: t_P=1.1 с, Δк =3,3', (Δк=2,5', $\Delta к_н$=0,8')

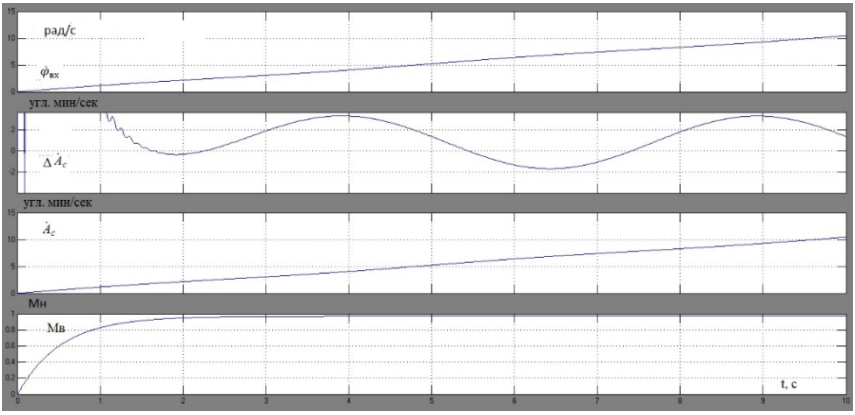


Рис. 5 Переходные и установившиеся процессы замкнутой системы

Список литературы:

1. *Карпов А.И., Кренев В.А.* Стабилизация изображения бортового ОЭП на базе волоконно-оптических гироскопов. Материалы конференции ПРЭФЖС-2017. Казань 2017.

2. *Бабаев А.А.* Стабилизация оптических приборов, 1975.

3. *Воронов А.А.,* Основы теории атоматического управления.

4. *Пешехонов В.Г., Гунтер И.Е., Зинченко В.М.* и др. Перископный комплекс «Парус-98».Гироскопия и навигация- №1 (48). 2005. с.5-15.

SYNTHESIS AND MODELING OF CONTROL SYSTEM OF SHIPBOARD OPTICAL-ELECTRONIC DEVICE ON THE COURSE

Galiev E.
Supervisor: A. Karpov, Candidate of Technical Sciences

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The results of the synthesis and simulation of systems management of marine opto-electronic device on the course.

УДК 62-533.5

СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ МОРСКОГО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА, УПРАВЛЯЕМОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ ГИРОСКОПОМ ПО УГЛУ МЕСТА

Гилязов А.И.
Научный руководитель: А.И. Карпов, к.т.н.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Приведены результаты синтеза и моделирования системы стабилизации морского оптико-электронного прибора, управляемого волоконно-оптическим гироскопом по углу места.

Цель работы: исследование динамики управления корабельной системы стабилизации изображения по углу места.

Рассматривается система стабилизации (СС) оптико – электронного прибора (ОЭП) корабельного базирования с тремя каналами наблюдения (рис.1) [1], где размещен волконно – оптический гироскоп (ВОГ), ротор моментного двигателя (МД).

Исходные данные: допустимая погрешность СС $\Delta h_{\text{кдоп}}$= 2', момент инерции и масса нагрузки $J_н$ = 0.5 кгм^2, m = 20 кг, скорость движения цели $\dot{\Psi}_Ц$ = 60 град/с, амплитуда и период качки: Ψ_0 = 15^o, T = 5 с, амплитуда и частота вибраций: $\Psi_в$ = 2.5' и $f_В$ = 10 Гц, характеристики ДУСа: диапазон измерения $\dot{\Psi}_г$ =±500 град/с, выходное напряжение 3 В, полоса пропускания 1кГц.

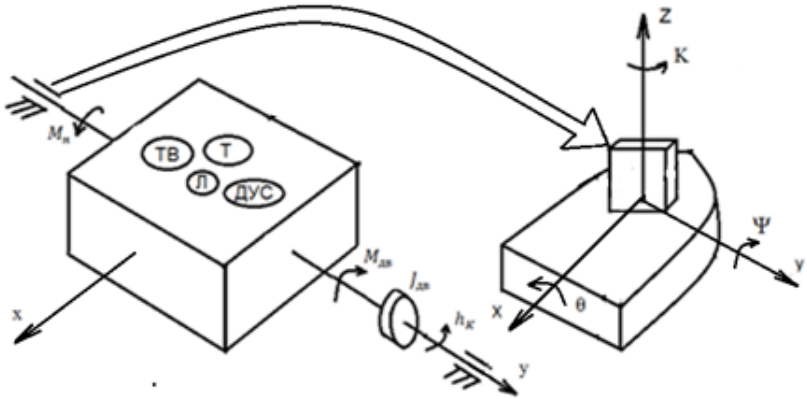


Рис.1. Функциональная схема системы стабилизации ОЭП. Обозначения: лазерный (Л), тепловизионный (Т), телевизионный (ТВ) приборы.

1. Уравнения движения платформы совместно с МД и с учетом вибрационных возмущений, качки корабля и движения объекта наблюдения (ОН) [1].

$$J_0(\ddot{\Psi} - \ddot{h}_к) - M_в = - C_M i,\ U = Ri + L\frac{di}{dt} + C_E \dot{h}_к,\ i=\frac{U-C_E p\dot{h}_k}{R(T_э+1)} \qquad (1)$$

$$(\frac{J_0 R}{C_M C_E}Tэр^3 + \frac{J_0 R}{C_M C_E}p^2 + 1)\dot{h}_к = \frac{1}{C_E}U + \frac{J_0 R}{C_M C_E}(Tэр+1)p^2\dot{\Psi} - \frac{R}{C_M C_E}(Tэр+1)M_В,$$

$$\dot{h}_к = \frac{Kп}{TэTмр^2+Tмp+1}U + \frac{(Tэр+1)Tмр}{TэTмр^2+Tмр+1}\dot{\Psi} - \frac{Км(Tэр+1)}{TэTмр^2+Tмр+1}M_В, \qquad (2)$$

$$U= W_г(p)W_у(p)\Delta\dot{h}_к,\quad \Delta\dot{h}_к = \dot{\Psi}_{вх} - \dot{h}_к,\ \dot{\Psi}_{вх} = \dot{\Psi} + \dot{\Psi}_н + \dot{\Psi}_в. \qquad (3)$$

где $W_Г(p)=\frac{Кг}{T_г^2 p^2+2\xi_г T_г p+1}$, $W_У(p)=\frac{Ку}{Tур+1}$, $W_П(p)=\frac{Кп}{TэTмр^2+Tмр+1}$, $W_К(p)=\frac{(Tэр+1)Tмр}{TэTмр^2+Tмр+1}$, $W_В(p)=\frac{Км(Tэр+1)}{TэTмр^2+Tмр+1}$, $T_м=\frac{J_0 R}{C_M C_E}$, $(J_П + J_{дв}) = J_0$,

Ψ – угол качки, $h_к$ – угол поворота платформы, R-сопротивление фазы, C_E-коэффициент противо-ЭДС, $C_М$-коэффициент моментов, $J_П$-момент инерции платформы относительно вращения оси, $J_{дв}$-момент инерции двигателя, $M_в$ - момент нагрузки, J_0-момент инерции, U-управляющее напряжение.

В соответствии с уравнением (1) – (3) структурная схема СС имеет вид (рис.2).

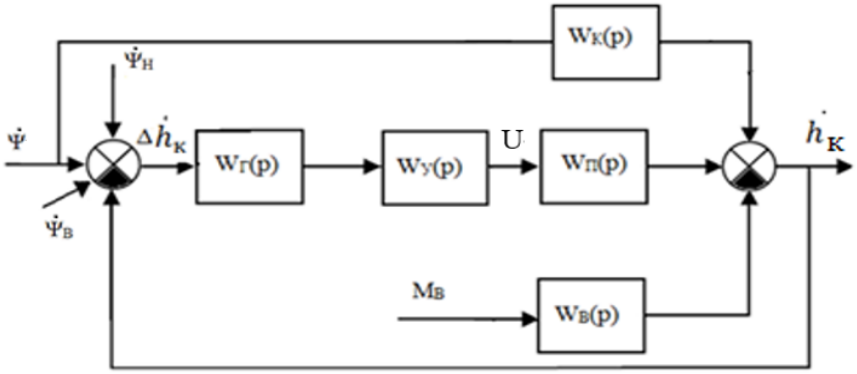


Рис. 2. Структурная схема СС ОЭП по углу места.

Для выбора моментного двигателя проведен расчет максимальных моментов и мощности [2]:
$M_{дб} = mg\Delta l = 20*10*0.001 = 0.2$ Нм, $M_{тр}=5*10^{-3}m=0.1$ Нм,
$M_{нагр} = M_{тр} + M_{дб} = 0.3$ Нм, $M_{max} \geq 2(\frac{Мнагр}{\eta}+J_н\ \ddot{h}_{k\,max})=1.3667$ Нм,
$P = \frac{2}{\eta} M_{max}\ \dot{h}_{k\,max} = 1.8223$ Вт.

По полученным значениям выбирается двигатель: МД 100 – 3.0 с характеристиками: сопротивление фазы R = 13 Ом, электромагнитная и электромеханическая постоянные времени $T_М$ = 3 мс, $T_Э$ = 0.1 мс, $C_Е$ = 0.4 об/мин, $C_М$ = 3 Н·м/А. Вычислим: $T_М = \frac{J_0 R}{C_М C_E} =$ 0.45 с, $T_Э = \frac{L}{R}$ = 3 мс, $K_М = \frac{R}{C_М C_E}$ = 0.9, $K_П = \frac{1}{C_E}$ = 0.21 с/рад, $T_у = 10^{-3}$, $K_{дус} = \frac{U}{\dot{\Psi}_г}$ = 0.344 рад/с.

2. Передаточные функции замкнутой системы с учетом уравнений (1) - (3) и рис. 2 запишутся:

$$\Delta\dot{h}_k = \frac{1-Wк(p)}{1+W(p)}\dot{\Psi} + \frac{1}{1+W(p)}(\dot{\Psi}_н+\dot{\Psi}_в) + \frac{Wв(p)}{1+W(p)}M_В, \qquad (4)$$

где $W(p) = W_Г(p)W_У(p)W_П(p) = \frac{Кг}{Tг^2p^2+2\xi гTг+p+1}\ \frac{Ку}{Тур+1}\ \frac{Кп}{ТэТмр^2+Тмр+1}$,

3. Допустимый коэффициент усиления системы для установившегося режима на частоте качки без учета вибраций находится из условий точности (4) по формуле.

$$\Delta\dot{h}_к = \frac{1}{К+1}\dot{\Psi} + \frac{K_M}{К+1}M_B;$$

$$К = К_Г К_У К_п \geq \frac{\dot{\psi}^{max} + К_м M_в^{max}}{\Delta\dot{h}_к} = \frac{18.75*3600+0.9*0.3*2*10^5}{150} = 810 \rightarrow 1000,$$

4. Исследование устойчивости СС проводилось частотным методом [2]. Используя Mathlab построены ЛАХ и ЛФХ разомкнутых систем (рис.3): исходной (3), желаемой (4) и корректирующей (5),

$$W_ж(p) = \frac{К(T_2+1)}{(T_1p+1)^2(T_3p+1)^3(T_yp+1)}, \quad (5)$$

$$W_к(p) = \frac{W_ж(p)}{W(p)_{исх}} = \frac{(Тп1p+1)(T2p+1)(Tгр+1)^2(Тп2p+1)}{(T_1p+1)^2(T_3p+1)^3(T_yp+1)}, \quad (6)$$

где: T_1=1 с, T_2= 0,0794 с, T_3= 0,00219 с, $T_{п1}$ = 0.447 с, $T_{п2}$ = 0.003 с, из анализа которых следует, что исходная система не устойчива, а скорректированная СС (желаемая ЛАФХ) устойчива (запас устойчивости по фазе - 63^o, по амплитуде -7 дБ).

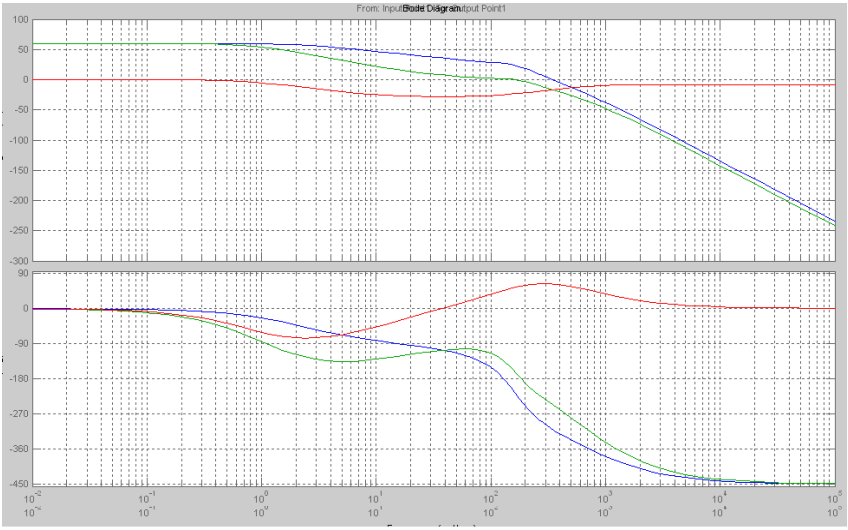


Рис 3. ЛАХ и ЛФХ разомкнутой системы (исходной системы показаны синим, желаемой – зеленым и корректирующего – красным цветом).

5. Исследование динамики замкнутой системы

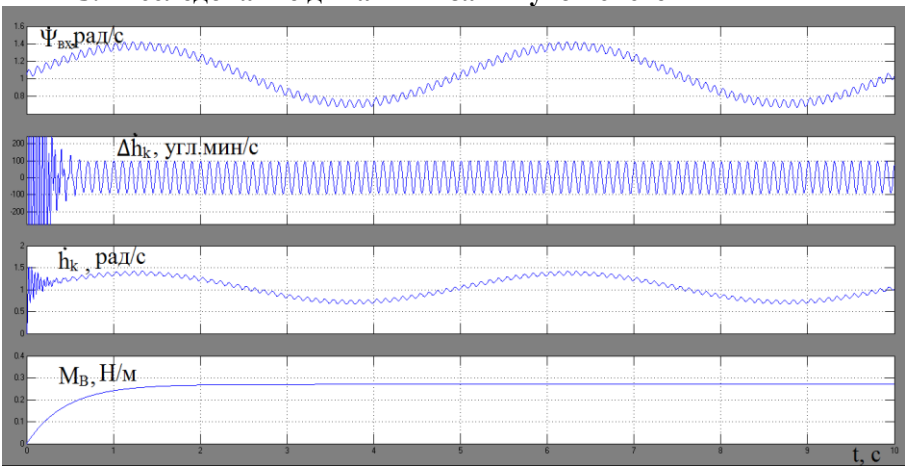


Рис. 4. Переходные и установившиеся процессы замкнутой системы

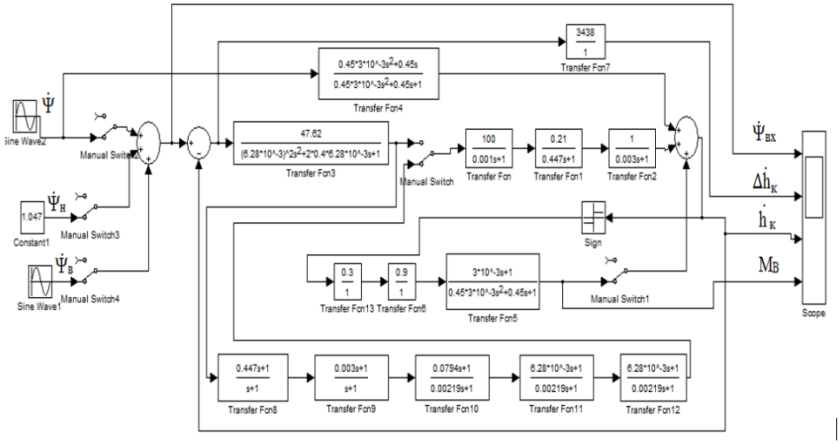


Рис. 5. Компьютерная модель СС системы.

Результаты моделирования: При исследовании компьютерной модели СС ОЭП получены следующие динамические характеристики: время переходного процесса t_p = 0.3 с, $\Delta\dot{h}_к$ = 100'/с ($\Delta\dot{\Psi}$ =2.6'/с→ $\Delta\Psi$=2.07', $\Delta\dot{\Psi}_в$= 93.7'/с,→ $\Delta\Psi$=1.6', $\Delta\dot{\Psi}_н$= 3.7'/с).

Список литературы:

1. *Карпов А.И., Кренев В.А.* Стабилизация изображения бортового ОЭП на базе волоконно -оптических гироскопов. Материалы конференции ПРЭФЖС-2017. Казань 2017.

2. *Бабаев А.А.* Стабилизация оптических приборов, Л. Маш.1975.–192 с.

3. *Воронов А.А.,* Основы теории автоматического управления, Москва: Энергия, 1980. – 312 с.

4. *Пешехонов В.Г., Гунтер И.Е., Зинченко В.М.* и др. Перископный комплекс «Парус-98». Гироскопия и навигация - №1 (48). 2005. с.5-15.

SYNTHESIS AND MODELING OF MARINE STABILIZATION SYSTEM OF OPTO-ELECTRONIC IN-BORA-DRIVEN FIBER OPTIC GYROSCOPE IN ELEVATION

Gilyazov A.

Supervisor: A. Karpov, Candidate of Technical Sciences

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The results of the synthesis and simulation of ship stabilization system of opto-electronic device-managed fiber-optic gyroscope in elevation.

УДК 681.777.2

ОСОБЕННОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОЛЛИМИРУЮЩЕГО ОБЪЕКТИВА ТИПА «πSHAPER» ДЛЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛУЧЕВОЙ СТОЙКОСТИ ДИФРАКЦИОННЫХ РЕШЁТОК

***Коренной К.С.*[1,2]**

Научный руководитель: И.Б. Аксёнов, д.т.н., профессор.

([1] – АО «Научно-производственное объединение «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань;

[2] – Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В представленной работе рассматриваются особенности коллимирующего объектива типа «πshaper» для решения задач определения лучевой стойкости дифракционных решёток под воздействием фемтосекундного лазерного импульса. Рассматриваются физические особенности явления, а также основные принципы проектирования оптической схемы такого объектива.

В настоящее время огромное количество научно-технических задач решается при использовании лазерного излучения: голография, медицина, лазерная обработка материала, оптическая связь, термоядерный синтез и т.д. Широко известно, что интенсивность лазерного излучения описывается по распределению Гаусса, однако во многих случаях использовать лазерное излучение с таким распределением неоправданно. В частности, при исследовании лучевой стойкости оптических элементов (ОЭ) возникает вопрос о правильном количественном определении значения порога разрушения образцов. Для нахождения лучевой стойкости элементов необходимо измерить интенсивность лазерного излучения и эквивалентную площадь [1]. Порог оптического пробоя ОЭ, в таком случае, определяется как отношение интенсивности излучения по уровню 0,5 к эквивалентной площади излучения. Также, в работе [2] описывается методика, в которой эквивалентная площадь определяется по контуру наиболее удалённых точек повреждения (рис.

1, где сверху контур эквивалентной площади, снизу – распределение интенсивности лазерного излучения).

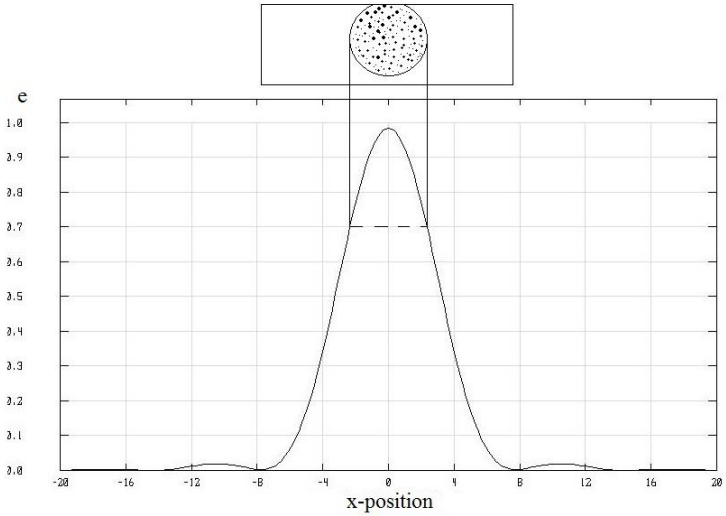


Рис. 1. К определению порога оптического пробоя образца

Однако оба метода могут не учитывать возможные искажения поверхности исследованного образца: испарение или плавление материала, тем самым приводя к неточным нахождениям эквивалентной площади. Для более точного измерения лучевой стойкости различных ОЭ, в том числе дифракционных решёток (ДР), необходимо, чтобы распределение интенсивности лазерного излучения имело, так называемый, «flattop» профиль (или же П-образный) (рис.2).

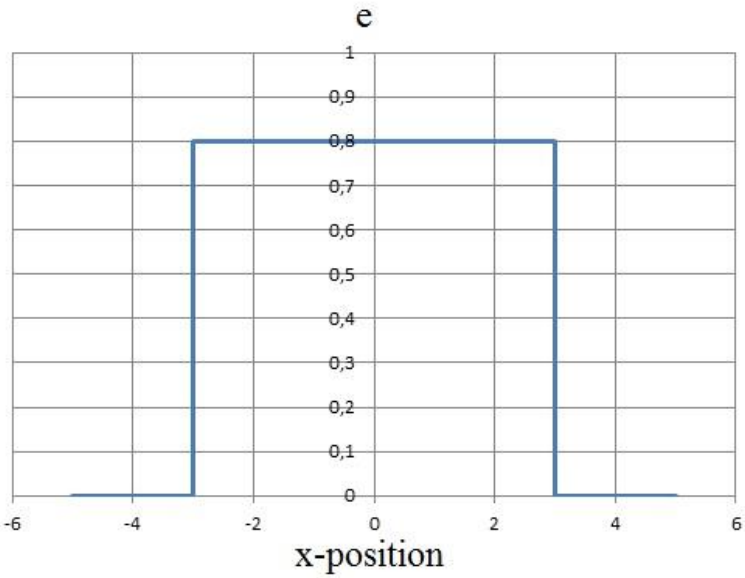


Рис. 2. П-образный профиль распределения интенсивности

Поскольку в этом случае интенсивность лазерного излучения постоянна по всей эквивалентной площади, то эта площадь не будет изменяться на протяжении всего эксперимента.

Для образования такого профиля распределения интенсивности успешно применяют объективы типа «πshaper» [3]. В общем случае такой объектив представляет собой телескопическую систему, состоящую из двух линз, и не имеет внутреннего фокуса (по типу Галилея). Первый оптический компонент «πshaper»'а намеренно вносит в пучок волновые аберрации, а второй их исправляет (рис. 3). На выходе объектива получается коллимированное излучение с исправленными аберрациями для всего рабочего диапазона и с П-образным профилем распределения интенсивности. Однако стоит отметить, что апертуры выходящего и входящего пучка равны, что не всегда удобно для решения различных научно-исследовательских задач. Также в представленных работах не рассматривается прохождение фемтосекундного импульсного излучения через «πshaper». В связи с этим возникает потребность разра-

ботки модели «πshaper»'а, у которого меняется диаметр выходного излучения, и при этом не изменяется длительность проходящего импульса и его спектральная ширина.

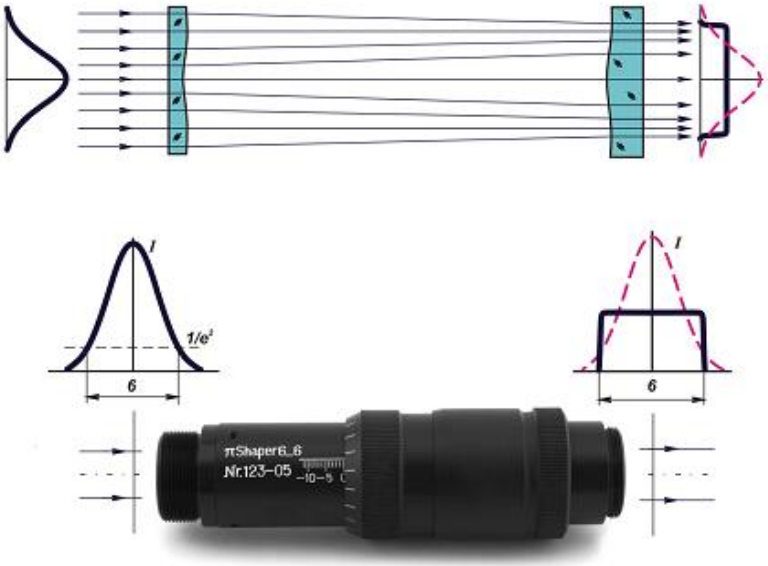


Рис. 3. Оптическая схема «πshaper»'а

Для решения такой задачи, в первую очередь, необходимо выявить особенности прохождения фемтосекундного импульса через ОЭ. При описании распространения лазерных импульсов часто используют модельную запись поля импульса в виде

$$E(t) = \frac{1}{2} A(t) \exp(i\omega_0 t) d\omega + к.с.$$

где *E(t)* – функция электрического поля в какой-либо точке пространства от времени, *A(t)* – огибающая лазерного импульса, ω_0 – основная частота заполнения импульса (центральная частота), «к.с.» – комплексное сопряжение, *i* – «мнимая» единица, ω - частота заполнения импульса [4]. В [4] показано, что в системах формирования фемтосекундного лазерного импульса после прохождения излучения через прозрачные оптические элементы с нормальной

дисперсией заполнение лазерного импульса нарастает от фронта к хвосту, а длительность может существенно увеличиваться. Поэтому в основе принципа проектирования «πshaper»'а, работающего с лазерными импульсами в фемтосекундном диапазоне, лежат следующие положения:

1. Оптическая схема объектива должна быть выполнена по типу Галилея, при этом диаметр выходного излучения должен быть больше, чем диаметр входного излучения.

2. ОЭ в схеме должны быть выбраны таким образом, чтобы изменение спектральной ширины и длительности импульса было минимальным.

3. ОЭ должны сохранять свои оптические характеристики при воздействии на них фемтосекундным импульсом.

Список литературы:

1. *Калинин Ю.А., Крехова Е.Ю., Поздняков А.Е.* Организация производственного контроля лучевой прочности оптических материалов и покрытий на лазерной установке с наносекундной длительностью излучения // Научно-технический журнал «Контенант». Том 15, №1, 2016. С. 73-81.

2. *Бабаянц Г.И., Гагарин С.Г., Жупанов В.Г., Клюев Е.В., Савкин А.В., Сухарев С.А., Шаров О.А.* Разработка и исследование диэлектрических покрытий с высокой лучевой прочностью // Квант. Электрон. Т. 35, №7, 2005. С. 663-666.

3. *Alexander Laskin, Vadim Laskin.* Collimating beam shaper for holography and interferometry // Proc. of SPIE Vol. 8644 864406-1 (2013).

4. *Яшунин Д.А.* Фемтосекундная оптика (электронное пособие) / Д.А. Якушин, Ю.А. Мальков, С.Б. Бодров. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет 2014. – 40с.

OPTICAL SCHEME FEATURES OF A COLLIMATING OBJECTIVE LENS OF THE "πSHAPER" TYPE FOR A TASK TO DETERMINE THE DAMAGE THRESHOLD OF DIFFRACTION GRATINGS

***Korennoy K.S.*[1,2]**
Supervisor: I. Aksenov, Doctor of Technical Sciences, Professor
([1] - JSC "Scientific and Production Association "State Institute of Applied Optics", Kazan, Russia
[2] - Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

In this paper considers the features of collimating objective lens of the "πshaper" type for solving tasks to determine the damage threshold of diffraction gratings under the influence of a femtosecond laser pulse. The paper presents the physical features of the phenomenon, as well as the basic principles of an optical scheme designing of such objective.

УДК 620.179.118

ОПТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕКЛОГРАММ ПРИ ДЕФЕКТОСКОПИИ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Левкович А.Д.
Научный руководитель: С.С. Самохина, к.п.н., доцент, профессор РАЕ
(Ульяновский институт гражданской авиации имени главного маршала авиации Б.П. Бугаева, Ульяновск)

В работе экспериментально исследована возможность регистрации дефектов оптических деталей с помощью спеклограмм.

Одной из проблем в авиастроении, космической отрасли, приборостроении, машиностроении является контроль качества шероховатости поверхности различных деталей. Наличие микротрещин, царапин, свилей на оптических поверхностях определяет важнейшие эксплуатационные свойства авиационной техники, в частности, устойчивость к перепадам давлений и температур.

Авиационные происшествия, связанные с возникновением трещин лобовых стекол воздушных судов, требуют разработки объективных средств контроля (в настоящее время предполетный контроль осуществляется визуально).

Цель работы – исследование возможности регистрации дефектов оптических деталей остекления воздушных судов с помощью спекл-картин.

Разработана малогабаритная лабораторная установка для бесконтактного получения и оцифровки рассеянного шероховатой поверхностью излучения (спеклограммы) в полуавтоматическом режиме. Оптическая система установки включает источник излучения в виде полупроводникового лазера, веб-камеру, сопряженную с компьютером (для регистрации изображения и количественного анализа интенсивности по полю изображения), оптическую систему для коррекции пучка лазера в условиях эксперимента.

Объектами при дефектоскопии выступали оптические стекла из полиметилметакрилата. Экспериментально исследована зависимость между некоторыми текстурными мерами изображений спекл-картин и шероховатостью поверхности. Для анализа спеклограмм, полученных при отражении от оптических поверхностей с дефектами различной конфигурации, размеров и глубины залегания, был выбран такой параметр как текстурная мера как контраст (использовался метод GLCM, который помогает определять рельеф поверхности).

Экспериментально подтверждена взаимосвязь между характеристиками дефектов на поверхности стекла и параметрами спеклограмм. Доказана воспроизводимость результатов, что позволяет считать метод регистрации объективным. Проведены пробные измерения в проходящем свете; сравнивалась эффективность регистрации отраженного сигнала с использованием лазеров с различной длиной волны излучения; проводился анализ скрытых внутренних дефектов стеклянных образцов-свилей.

Полученные результаты позволили сделать вывод о возможности использования спекл-картин для проведения лабораторного контроля дефектов оптических поверхностей. Предполетный экспресс-контроль остекления воздушного судна будет возможен при условии создания портативного детектора дефектов на этом же принципе действия.

Список литературы:

1. *Шафиков А.Ф.* Разработка технических средств для предполетного контроля оптических элементов воздушных судов / А.Ф. Шафиков, И.И. Павлов, С.С. Самохина // Актуальные проблемы физической и функциональной электроники: материалы 16-й региональной научной школы-семинара. – Ульяновск: УлГТУ, 2013. –С. 34-35

THE STUDY OF SPECKLEGRAM AS A METHOD OF NONDESTRUCTIVE TESTING OF OPTICAL SURFACES

Levkovich A.
Supervisor: S. Samokhina, Candidate of Pedagogic Sciences,
Associate Professor, Professor of the Russian
Academy of Natural Sciences
(Ulyanovsk Institute of Civil Aviation, Ulyanovsk)

The possibility of registration defects of optical components is investigated experimentally using specklegram.

УДК 535.317

АФОКАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, СОСТАВЛЕННЫЕ ИЗ ТРЕХ ЗЕРКАЛЬНЫХ ВНЕОСЕВЫХ ПАРАБОЛОИДОВ

Марчик В.А., Пероса Лаура
Научный руководитель: Н.К. Артюхина, д.т.н., профессор
(Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь)

Проведено исследование афокальных систем, составленных из эксцентрично вырезанных зеркальных параболоидов (внеосевых зеркал), в которых апертурная диафрагма (АД) смещена в меридиональной плоскости на определенную величину, а центральная точка поля находится на оптической оси.

В настоящее время широко используется зеркальная оптика. Зеркальные системы позволяют сократить габариты, уменьшить массу прибора при сохранении высокой входной апертуры, а также обладают рядом других преимуществ. Однако этим системам присущ и серьезный недостаток – центральное экранирование, которое приводит к уменьшению количества света в плоскости изображения, изменению распределения энергии в дифракционном пятне и увеличению рассеяния света, вызываемого дифракцией и сопровождаемого уменьшением контраста изображения[1-2].

Используя прием децентрировки, можно значительно уменьшить центральное экранирование или совсем его исключить.

Децентрированные системы можно разделить на три вида:

Системы, работающие внеосевым полем (РВП);

Системы, имеющие децентрировку входного зрачка (ДВЗ);

Системы, имеющие децентрировку компонентов (ДК).

При децентрировке компонентов возникают неэлементарные аберрации четных порядков, требующие разработки приемов их устранения[3-4].

В последние десятилетия начали разрабатываться зеркальные системы без центрального экранирования с высокими оптическими характеристиками и хорошим качеством изображения, но с центрированными компонентами. В таких системах используют-

ся прием децентрировки входного зрачка (ДВЗ) и работа внеосевым полем (РВП), для чего необходимо использовать внеосевые части зеркал[5]. Таким образом, особый интерес представляет поиск путей устранения экранирования входного зрачка.

В качестве базовой для создания телескопических систем без экранирования можно использовать квартпараболические схемы Мерсенна (существуют два типа систем), которые свободны от сферической аберрации, комы, астигматизма и кривизны изображения третьего порядка при расположении входного зрачка в фокальной плоскости[6]. При этом апертурная диафрагма смещена в меридиональной плоскости, а центральная точка поля находится на оптической оси. В этом случае афокальные системы имеют неэкранированный входной зрачок при $Cm \geq \rho$, где Cm − децентрировка апертурной диафрагмы в меридиональной плоскости; ρ − радиус входного зрачка.

Вся система остается тогда центрированной, а диафрагма децентрирована на расстояние, соизмеримое с размером диафрагмы.

Квартпараболические системы Мерсенна представлены на рисунке 1.*а)* и *б)*.

Составим параметрический алгоритм расчета и децентрировки. При расчёте в области аберраций 3-го порядка воспользуемся обозначениями углов и высот нулевого луча, а также показателей преломления и осевых расстояний с учетом правила знаков.

1. Определим условия нормировки, задав углы и высоты нулевого луча:

$$\alpha_1=\alpha_3=\alpha_5=0 \quad \alpha_2=-1 \quad h_1 = 1 \quad h_2 = \frac{1}{\Gamma_1} \quad h_3= h_2 \quad h_4 = \frac{1}{\Gamma} \qquad (1)$$

2. Введем параметрическое условие для видимого увеличения системы:

Расчет квартпараболической системы [7] проводят по составленному алгоритму с учетом формулы связи для видимого увеличения всей системы:

$$\Gamma = \Gamma_1.\Gamma_2 \text{ ; где}$$
$$\Gamma_1 = \frac{h_1}{h_2} \quad \Gamma_2 = \frac{h_3}{h_4} \qquad (2)$$

3. Получим следующую сводку формул для расчета конструктивных данных:

$$r_1 = -4N \qquad d_1 = 2N\ (h_2 - 1)$$

$$r_2 = -4h_2N \qquad d_2 = -d_1 \qquad r_4 = -4\frac{\Gamma_1 N}{\Gamma}$$

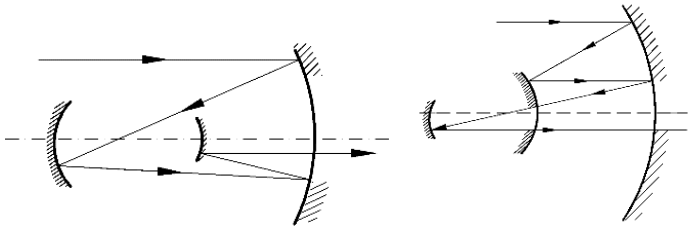
$$r_3 = -4N \qquad d_3 = -2N\frac{\Gamma - \Gamma_1}{\Gamma} \qquad (3)$$

4. Проводим коррекцию аберраций в области аберраций 3-го порядка (параметрами при этом являются деформации зеркал, связанные со значением квадрата эксцентриситета поверхностей равенством $\sigma = -e^2$). Для параболической формы зеркал $\sigma_1=\sigma_2=\sigma_3=\sigma_4=-1$

Кривизна поля устраняется при соблюдении условия Петцваля $\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4 = 0$, которое приводится к виду

$$\Gamma^2{}_1 - 2\Gamma_1 + \Gamma = 0 \qquad (4)$$

Из этого условия видно, что кривизну Петцваля принципиально можно устранить подбором увеличений, т.е. в такой квартпараболической системе зеркал возможны два конструктивных решения.



а б

Рис 1. Системы Мерсенна: *а*—квартпараболическая система кеплеровского типа (II тип); *б*– квартпараболическая система галилеевского типа (I тип).

5. Введем децентрировку входного зрачка.

Квартпараболическиесистемы имеют неэкранированный входной зрачок при $C_m \geq \rho$, где C_m− децентрировка апертурной

диафрагмы в меридиональной плоскости; $\rho-$ радиус входного зрачка.

Следует отметить, что квартпараболические системы II типа с неэкранированным входным зрачком сложнее систем I типа. В системах I типа происходит срезание наклонного пучка с углом ω оправой второго зеркала. При выполнении условия $o' \leq h_2'$ где $h_2'-$высота светового пучка на втором зеркале, определяющая его нижний край, в системах I типа можно избежать виньетирования. При этом величина максимально возможного углового поля зрения определяется из следующего соотношения:

$$\mathrm{tg}\omega \leq \frac{C_m-\rho}{2\Gamma_1 \Gamma N \rho} \qquad (5)$$

Отсюда видно, что, чем больше величина C_m, тем меньше виньетирование наклонных пучков в системе. В системах II типа виньетирование наклонных пучков обусловлено действием оправ третьего и четвертого зеркал[6].

Рассчитан ряд афокальных систем с ДВЗ, состоящих их трех зеркал, для различных действительных величин и проведены компьютерные расчеты в программных средах *Zemax*и *Opal.*

Результаты схем компьютерного моделирования показаны что, рассмотренные системы не имеют экранирование после децентрировки апертурной диафрагмой.

При таких характеристиках система практически безаберрационна.

В таких системах виньетирование происходит за счет нижнего края третьего зеркала, причем световые диаметры остальных зеркал увеличены по наклонным пучкам, величина его составляет 7% по площади входного зрачка.

Выводы

• Предложены методики расчета афокальных систем, состоящие из трех внеосевых зеркал, с апертурной диафрагмой, децентрированной на расстояние, соизмеримое с размером диафрагмы.

• Разработаны композиции телескопических систем без экранирования с 4-мя отражениями и проведено их компьютерное моделирование в программных средах *Opal* и *Zemax*для углового поля зрения $2\omega = 1^o$, диаметра входного зрачка D = 500мм, децентриров-

ки C*m* = 500мм при диафрагменном числе главного зеркала N =0,8. Установлено, что аберрации децентрировки ничтожно малы.

• Предложены формулы расчета для максимально возможного углового поля зрения афокальных систем. Установлены габаритные соотношения для устранения виньетирования.

Список литературы:

1. *Марешаль А.* Структура оптического изображения / А. Марешаль, М. Франсон. – М.: Мир, 1964. 295 с.

2. *Игнатовский В.С.* Элементарные основы теории оптических приборов / В. С. Игнатовский. СПб.:СПбГИТМО (ТУ).Ива, 2001. 202с.

3. *Cox A.* (1967) System of optical design / A. Cox. – London: The focal press. 665 p.

4. *Трубко С.И.* Методика расчета зеркальных телескопов без центрального экранирования / С.И. Трубко, Г.И. Лебедева, А.А. Гарбуль // Оптико-механическая промышленность. 1988. № 2. С. 21–23.

5. *Губель Н.Н.* Аберрации децентрированных систем / Н.Н. Губель. – Л.: Машиностроение, 1975. 272 с.

6. *Артюхина Н.К., Лаура Пероса, Лус Самбрано*. Квартпараболическая система из трех зеркал. Материалы 8-й международной НТК «Приборостроение – 2015», г. Минск, 25-27.11.2015. Сборник трудов 8-й международной научно-технической конференции. «Приборостроение – 2015» С.165-167.

7. *Cox A.* (1967) System of optical design / A. Cox. – London: The focal press. 665 p.

AFOCAL SYSTEMS COMPOSED OF THREE OFF-AXIS PARABOLIC MIRRORS

Markchik V., Peroza L.

Supervisor: N. Artiukhina, Doctor of Technical Sciences, Professor

(Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus)

The paper describes investigations on afocal systems composed of eccentrically cut parabolic mirrors (off-axis mirrors), in which the aperture diaphragm (AD) is displaced in the meridional plane in a certain value, and the central point of the field is on the optical axis.

УДК 681.322 + 621.37

ЦИФРОВОЙ БЛОК ИНДИКАЦИИ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Михайлов Р.А.
Научный руководитель: Д.П. Данилаев, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Предложен «умный» блок индикации, который отображает по заданному алгоритму состояние (режим) технической системы в зависимости от значений измеряемых параметров. Цифровой блок индикации, реализованный на микроконтроллере, может быть адаптирован к различным задачам и техническим системам.

При модернизации некоторых технических систем, станков, оборудования возникает задача разработки дополнительного блока индикации, отображающего состояние системы. Учитывая сложность современного оборудования, актуальным является разработка текстового табло, представляющего информацию в доступной форме. При этом необходимо сопряжение блока индикации с техническими системами, и принятие решения об их состоянии по ряду контролируемых параметров. Целью работы является разработка подхода к построению достаточно универсального блока индикации, который можно применять в составе различных технических систем.

В настоящее время промышленным и кустарным способом создаются информационные и текстовые табло. Промышленные образцы – это, как правило, большие по размерам табло и щиты рекламного характера. Тип индикаторного блока таких изделий определяется функциями этого табло, а ввод информации осуществляется либо через компьютер оператора, либо посредством локальной вычислительной сети и сервера [1]. Изделия промышленного производства не предусматривают использование интеллектуального алгоритма вывода информации в зависимости от ситуации, или контролируемых параметров. В частных случаях алго-

ритм вывода задается оператором, и предусматривает последовательность вывода сведений или чередование выводимой информации.

Большая часть решений, предлагаемых частными авторами, например, в сети Интернет, относится к устройствам типа «бегущая строка». Как правило, при разработке таких устройств ограничиваются рассмотрением простых схем и применением базовых модулей [2–4]. Большая часть разработок связана с применением распространенного модуля Ардуино. Самым популярным вариантом вывода и отображения текстовой информации с помощью микроконтроллера является использование LCD дисплея. Среди них распространенным является устройство WH1602B-YYK-CTK. Как правило, в подобных устройствах предусматривают ручной ввод текстовой информации с помощью внешних устройств ввода данных: клавиатуры, компьютера с предустановленным программным обеспечением, или современных гаджетов.

Практически ни одно устройство не обеспечивает выбор текстовой или цифровой информации в зависимости от ситуации. Поэтому актуальной является разработка алгоритма принятия решения относительно вывода той или иной текстовой информации в зависимости от состояния контролируемого технического объекта. Предпочтительным способом построения такого устройства являются схемы на микроконтроллерах, позволяющих реализовать данный алгоритм.

Для построения самостоятельного и универсального устройства светодиодного табло, отражающего информацию о состоянии технической системы, рационально использовать модульный принцип построения. Это позволяет упростить конструкцию устройства, уменьшить ток потребления от источника питания, применять готовые подпрограммы их управления микроконтроллером.

Проведенный обзор, позволяет отдать предпочтение микроконтроллерам семейства AVR, например ATMEGA 328. У всех современных AVR одинаковое ядро с единой системой команд. Есть лишь некоторые различия на уровне периферии. Т.е. код для одного чипа будет без переделок работать в другом. Контроллеры AVR имеют обширную систему команд. Существуют библиотеки для подключения готовых модулей и внешних устройств.

Для согласования большого числа модулей с микроконтроллером потребуется дополнительный блок их управления. Для передачи информации на светодиодный модуль имеет смысл воспользоваться сдвиговым регистром, который преобразует последовательный код в параллельный. Это позволяет одновременно и синхронно выводить информационный сигнал на все светодиоды. Для создания большого светодиодного табло с большим разрешением (большим числом пикселей, т.е. светодиодов) потребуется решение проблемы большого тока потребления. Такой ток не может быть получен от схемы микроконтроллера. Поэтому потребуется отдельный блок (драйвер) питания на микросхеме **ULN2803**.

Полученные результаты анализа позволяют перейти к проектированию структурной схемы нашего устройства, используя опыт существующих аналогичных разработок (рис. 1).

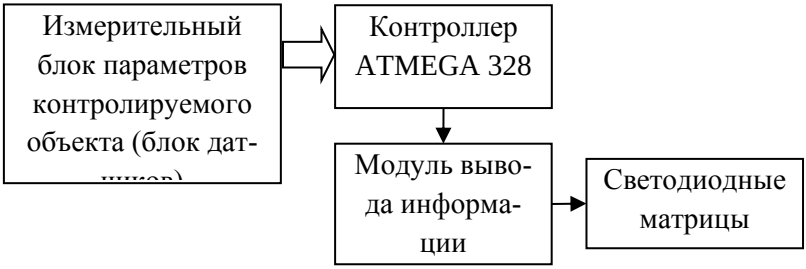


Рис. 1. Структурная схема цифрового блока индикации для технических систем

Режимы работы модернизируемых технических систем задаются множеством контролируемых параметров и определяются интервалами их значений. Для каждой системы можно определить достаточный для информирования перечень режимов работы. Каждому режиму работы ставится в соответствие информационное сообщение, которое вводится в текст программы для микроконтроллера. Алгоритм работы предусматривает измерение значений контролируемых параметров с помощью блока датчиков и ввод измеренных параметров в микроконтроллер. Для этого применяются аналоговые и цифровые входы микроконтроллера. Для согласова-

ния блока датчиков и микроконтроллера по величинам допустимых напряжений в измерительном блоке предусматривается ввод согласующих каскадов, включая каскады аттенюаторов, повторителей и усилителей.

Текущие значения контролируемых параметров сопоставляются с заданными для определенных режимов работы интервальными значениями. В программе для этого использован метод перебора значений в цикле. При совпадении измеренного значения с границей интервалов, параметр относят к интервалу с большими значениями. Однако в дальнейшем возможно изменение алгоритма определения, в том числе переход к методам нечеткой логики, а также введение доверительных интервалов с учетом точности измерения блоком датчиков. Таким образом, по выявленным интервалам параметров определяется режим работы системы, и на информационный выход выдается соответствующее сообщение.

На основании сообщения формируется цифровая матрица изображения, которая впоследствии выводится на плату с индикаторами. Для изготовления устройства предлагаются готовые модули светодиодных блоков на микроконтроллере max7219. Модуль светодиодов содержит 8x8 элементов. Такой размер элемента считается минимально достаточным для вывода символов. В этой схеме контроллер max7219 представляет собой блок интерфейса обмена информацией и памяти на 64 ячейки для управления светодиодами. В памяти все данные хранится в виде двухмерного массива.

Передача информации осуществляется через SPI интерфейс. SPI — трехпроводной интерфейс для двусторонней передачи данных между устройствами. Шина SPI организована по принципу 'ведущий-подчиненный'. В качестве ведущего шины выступает микроконтроллер. Подключенные к ведущему шины внешние устройства образуют подчиненных шины.

Для упрощения вывода информации и согласования табло с контроллером, в схеме использован сдвиговый регистр 74HC595. Для коммуникации со светодиодами можно применить модуль питания на микросхеме ULN2803 (рис. 2).

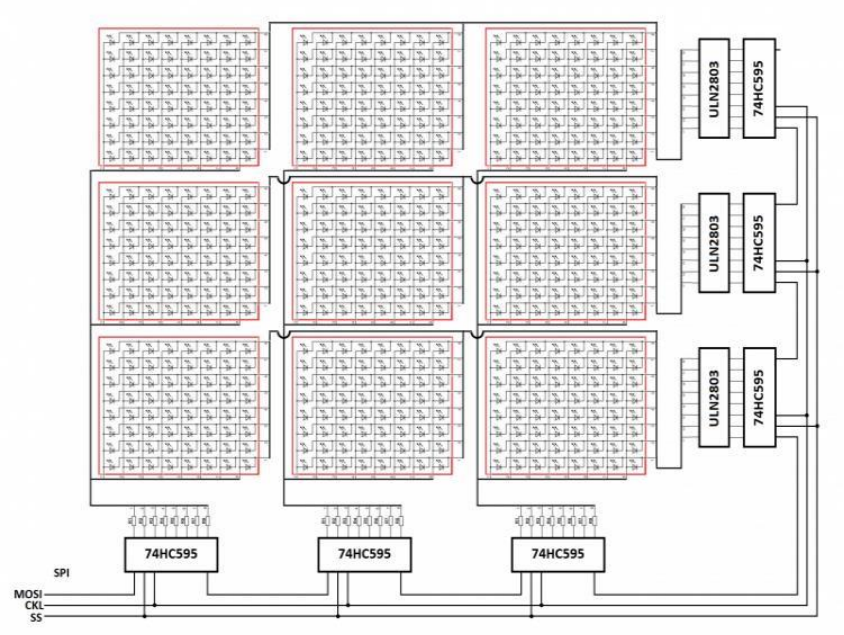


Рис. 2. Матрица светодиодных дисплеев

Алгоритм работы, реализованный в программе для микроконтроллера, и само устройство могут быть адаптированы к новым задачам, к разным техническим системам и видам контролируемых параметров. Таким образом, обеспечено создание достаточно универсального в части функций, перепрограммируемого устройства, которое может быть использовано для модернизации технических систем.

Список литературы

1. Бегущие строки ITLINE [электронный ресурс]: Электронный портал фирмы ITLINE. URL: http://it-line.info/scrolling-board/ (Доступ свободный. Дата доступа 24.05.2017).

2. Светодиодная бегущая строка своими руками [электронный ресурс]: URL: https://svetodiodinfo.ru/svoimi-rukami/svetodiodnaya-begushhaya-stroka-sxema.html. (Доступ свободный. Дата доступа 24.05.2017).

3. Светодиодное табло размером 128x32 пикселей, управляемое микрокомпьютером Raspberry Pi [электронный ресурс]. URL: http://cxem.net/arduino/arduino95.php. (Доступ свободный. Дата доступа 24.05.2017).

4. Светодиодное табло на ws2812b и Arduino своими руками [электронный ресурс]. URL: https://блог.фанфрог.рф/светодиодное-табло-ws2812b-arduino-своими-рук. (Доступ свободный. Дата доступа 24.05.2017).

DIGITAL INDICATION BLOCKS FOR TECHNICAL SYSTEMS

Mikhaylov R.
Supervisor: D. Danilaev, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan)

A "smart" display unit is proposed. It displays the technical system state (mode) depending on the measured parameters values according to the specified algorithm. The digital display unit can be adapted to various tasks and technical systems.

УДК 62-533.5

СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ, УПРАВЛЯЕМОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ ГИРОСКОПОМ ПО КУРСУ

Салахов Р.Н.
Научный руководитель: А.И. Карпов, к.т.н.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Приведены результаты синтеза и моделирования системы стабилизации оптико-электронного прибора морского базирования, управляемого волоконно-оптическим гироскопом по курсу.

Цель работы: исследование динамики управления корабельной системы стабилизации изображения по курсу.

Рассматривается система стабилизации (СС) оптико-электронного прибора (ОЭП) с тремя каналами наблюдения (рис.1) [1,4], базируемых на управляемой корабельной платформе с учетом угла качки корабля по рысканью (κ), вибрационных возмущений ($\dot{\kappa}_в$) и движения объекта наблюдения($\dot{A}_ц$) (ОН). Здесь же размещен волконно-оптический гироскоп (ВОГ), измеряющий угловые скорости платформы по курсу ($\dot{A}_c$); ротор моментного двигателя (МД).

Исходные данные: допустимая погрешность СС ΔA_C = 3', момент инерции и масса нагрузки $J_н$ = 0.1 кг*м^2, m = 10 кг, скорость движения цели $\dot{A}_ц$ = 60 град/с, вибрации: амплитуда и частота колебаний: $f_В$ = 10 Гц, $к_в$=2.5 угл. мин, амплитуда и период колебаний: $к_0$ = 6^o, T = 5 с, характеристики ДУСа: диапазон изменения $\dot{к}_г$ =±500 град/с, полоса пропускания Δf=1000 Гц.

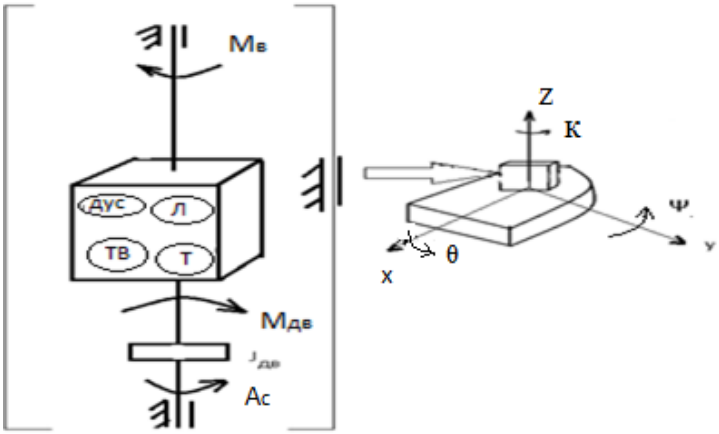


Рис.1. Функциональная схема стабилизации ОЭП.
Обозначения: телевизионный (ТВ), тепловизионный (Т)
и лазерный (Л) каналы наблюдения.

1.Уравнения движения системы [1]

$J_0\,(\ddot{к} - \ddot{A}_C\,) - M_в = C_M i; U = Ri + L\frac{di}{dt} + Ce\,\dot{A}_C$,$(J_П + J_{дв}) = J_0$; (1)

$$\dot{A}c = \frac{K_П}{T_Э T_М p^2 + T_М p + 1} U + \frac{(T_Э p+1) T_М p}{T_Э T_М p^2 + T_М p + 1}\,\dot{к} - \frac{K_М (T_Э p+1)}{T_Э T_М p^2 + T_М p + 1} M_В, \quad (2)$$

$$U = W_{дус}(p) W_у(p) \Delta\dot{A}_c;\ \ \Delta\dot{A}_c = \dot{к}_{вх} - \dot{A}_c\ ,\ \ \dot{к}_{вх} = \dot{к} + \dot{A}_ц + \dot{к}_в, \quad (3)$$

где $W_Г(p) = \frac{K_г}{T^2_г p^2 + 2\xi_г T_г + p + 1}$, $W_У(p) = \frac{K_у}{T_у p + 1} W_к(p)$,

$W_П(p) = \frac{K_П}{T_Э T_М p^2 + T_М p + 1}$, $W_В(p) = \frac{K_м (T_Э p + 1)}{T_Э T_М p^2 + T_М p + 1}$, $W_К(p) = \frac{(T_Э p+1) T_М p}{T_Э T_М p^2 + T_М p + 1}$,

$T_м = \frac{J_0 R}{C_м Ce}$, $K_М = \frac{R}{C_м Ce}$, $K_П = \frac{1}{Ce}$.

В соответствие с (1)-(3) построена структурная схема СС (рис.2).

Для выбора моментного двигателя проведен расчет максимальных моментов и мощности[2]:$M_{дб} = mg\Delta l = 10*10*0.001 = 0.1$ Нм,

$M_{тр} = (5)*10^{-3}*m = 0.05$ Нм, $M_{нагр} = M_{тр} + M_{дб} = 0.05 + 0.1 = 0.15$ Нм,

$M_П \geq 2(\frac{Mнагр}{\eta} + J_н \ddot{A}_{C\,max}) = 2(\frac{(0.15}{0.9} + 0.1*0.51265) = 0.436$ Нм, $P = \frac{2}{\eta} M_П$

$\dot{A}_{C\ max} = \frac{2}{0.9}*(0.436*1.178) = 1.2$Вт,

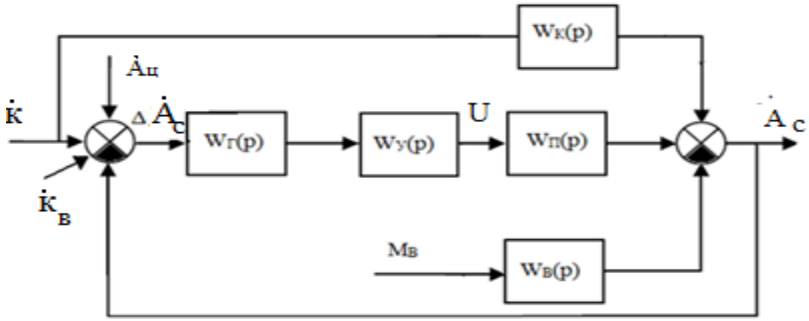


Рис.2. Структурная схема СС после преобразования

По полученным значениям выбирается двигатель: МД 71 – 2.0 с характеристиками: сопротивление фазы R=5.5 Ом, электромагнитная и электромеханическая постоянные времени $T_э$= 3мс, $T_М$=3мс, $C_Е$=0.087 В/об/мин, $C_М$=0.58 Нм/А.

Вычислим: $T_м=\frac{J_0 R}{C_м C_е}=\frac{0.1*5.5}{0.58*0.9091}=1.041$ с, $К_М=\frac{R}{C_е C_м}=\frac{5.5}{0.9091*0.58}=11$рад/Нмс, $К_П=\frac{1}{C_е}=\frac{1}{0.9091}=1.1$ рад/Вс , $T_у$= 10^{-3}с, $К_{дус}=\frac{U}{к̇_г}=0.36$ рад/с.

2. Передаточные функции замкнутой системы с учетом (1)-(3) и рис.2 без учета движения цели запишутся:

$$\Delta\dot{A}_с=\frac{1-W_к(p)}{1+W(p)}\dot{к}+\frac{1}{1+W(p)}\dot{к}_в+\frac{W_в(p)}{1+W(p)}M_В, \quad (4)$$

$$W(p)=W_Г(p)\,W_У(p)\,W_П(p)=\frac{К_г}{T^2_г p^2+2\xi_г T_г+p+1}\,\frac{К_у}{T_у p+1}\,\frac{K_п}{T_э T_М p^2+T_М p+1}, \quad (5)$$

3. Допустимый коэффициент усиления системы для установившегося режима на частоте качки без учета вибраций находится из передаточной функции (ПФ) (4) по формуле

$$\Delta\dot{A}_с=\frac{1}{К+1}\dot{к}+\frac{K_М}{К+1}M_B;\rightarrow К=к_г к_у к_п \geq \frac{7.536*3600+11*0.15*2.06*10^5}{3*60*1.256}=1631.2 \rightarrow 4000$$

4. Исследование устойчивости СС проводилось частотным методом [2,3]. Используя MathLab построена ЛАХ и ЛФХ исходной (рис.3), из анализа которой следует, что исходная система не

устойчива. Для обеспечения устойчивости и качества стабилизации синтезировано корректирующее устройство с ПФ

$$W_к(p) = \frac{W_ж(p)}{W(p)_{исх}} = \frac{(Tп1p+1)(T2p+1)(Tгр+1)^2(Tп2p+1)}{(T1p+1)^2(T3p+1)^3},$$

скорректированная (желаемая) система устойчива с запасами устойчивости равными: по фазе - 35°, по амплитуде – 6 дБ.

$$W_ж(p) = \frac{К(T_2+1)}{(T_1p+1)^2(T_3p+1)^3(T_yp+1)},$$

где:T_1=1,6981 с, T_2=0,06607 с, T_3=0,002692 с, $T_{п1}$ = 1,037 с,$T_{п2}$ = 0.003009 с.

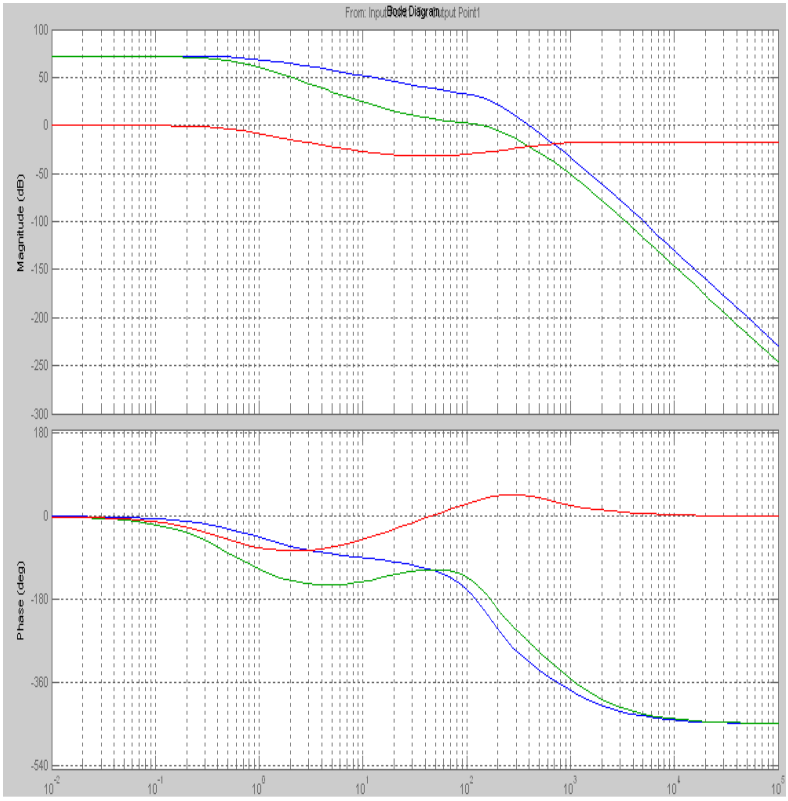


Рис.3 ЛАХ и ЛФХ разомкнутой системы стабилизации ОЭП: исходная (синяя), корректирующая (зеленая) и желаемая (красная)

5. Исследование динамики замкнутой системы.

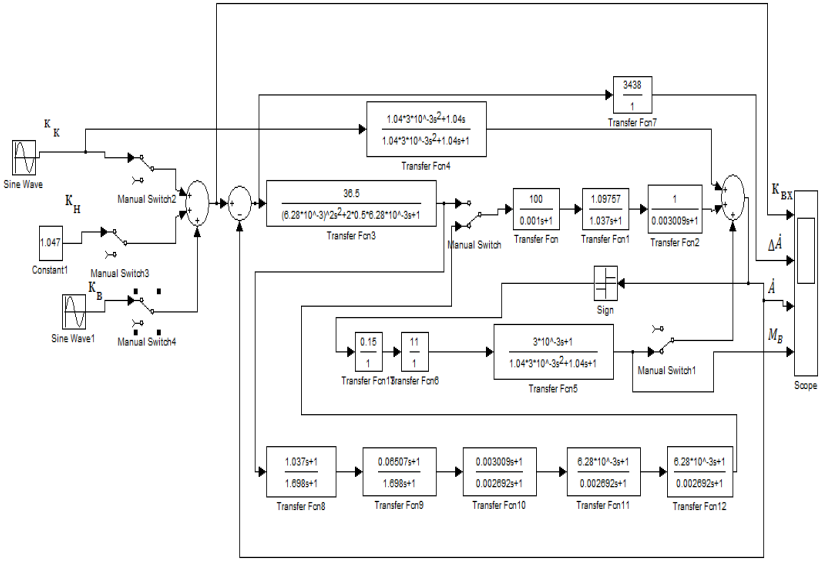


Рис. 4. Схема моделирования системы стабилизации.

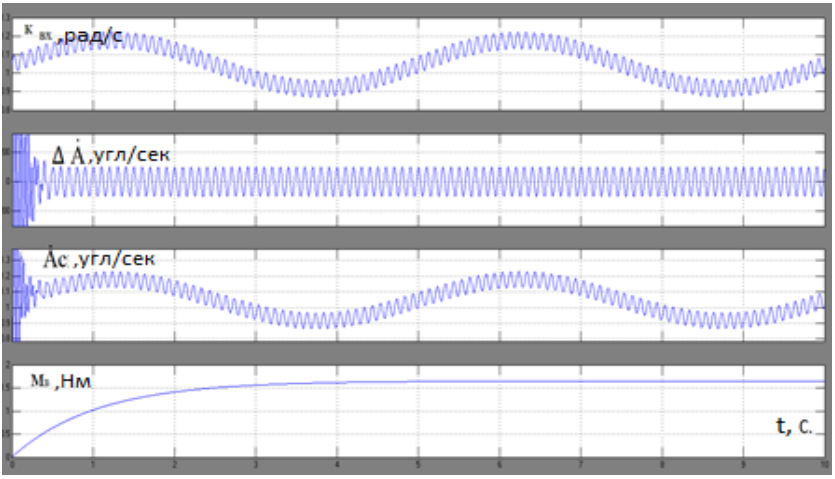


Рис. 5. Переходный процесс замкнутой системы.

Результаты моделирования: система стабилизации ОЭП устойчива, время переходного процесса $t_р$ = 0.315с, $\Delta\dot{А}_с$=102,15'/с, ($\Delta\dot{к}$=0.55'/с $\rightarrow$ Δк=0.44', $\Delta\dot{к}_в$=100'/с $\rightarrow$ $\Delta к_в$=1.6', $\Delta\dot{А}_ц$=1.6'/с).

Список литературы

1. *Карпов А.И., Кренев В.А.* Стабилизация изображения бортового ОЭП на базе волоконно-оптических гироскопов. Материалы конференции ПРЭФЖС-2017. Казань 2017.

2. *Бабаев А.А.* Стабилизация оптических приборов. Л., «Машиностроение», 1975. 192 с.

3. *Воронов А.А.,* Основы теории автоматического управления.

4. *Пешехонов В.Г., Гунтер И.Е., Зинченко В.М. и др.* Перископный комплекс «Парус-98». Гироскопия и навигация - №1 (48). 2005. с.5-15.

SYNTHESIS AND MODELING OF THE STABILIZATION SYSTEM OF THE OPTICAL-ELECTRONIC DEVICE OF MARINE BASING MANAGED BY A FIBER-OPTICAL GYROSCOPE ON THE COURSE

Salakhov R.

Supervisor: A. Karpov, Candidate of Technical Sciences

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The results of synthesis and simulation of the stabilization system for an optoelectronic device of marine basing managed by a fiber-optic gyro at the rate are given.

УДК 629.7

ПОЛУЧЕНИЕ МУЛЬТИПЛЕКСНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ГОЛОГРАММЕ

Сафина Д.М., Киямутдинова Д.Р.
Научный руководитель: Р.Х. Макаева, д.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В статье представлены результаты экспериментальных исследований некоторых свойств голограмм: получение объемного изображения, возможность записи мультиплексных изображений объектов на одну голограмму.

Голография является одним из самых интересных научных направлений, так как она позволяет получать объёмное изображение предмета [1]. Запись голографического изображения основана на законах интерференции. Зарегистрированная на фотопластинке интерференционная картина, образованная волной, отражённой от предмета и дополнительной (опорной) волной, после проявления представляет собой голограмму. Полученная картина имеет вид своеобразной дифракционной решётки. Период этой решётки можно измерить только, используя микроскоп. На рис. 1 показана фотография отснятой голограммы.

Тёмные кольца и полосы, наблюдаемые на фотопластинке, к записи голограммы не имеют отношения – это результат дифракции световых волн на пыли.

Процесс восстановления изображения предмета основан на законах дифракции. Для этого необходимо голограмму осветить пучком (опорным), подобным тому, который использовался при записи. Опорная волна дифрагирует на голограмме.

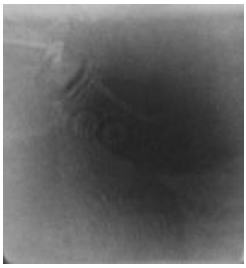


Рис. 1. Вид проявленной голограммы

В результате чего образуются несколько дифракционных пучков, один из которых формирует копию первичного волнового фронта, отражённого от предмета. Это – мнимое изображение предмета. По зрительному восприятию оно обладает свойствами объёмности и располагается в том же месте по отношению к голограмме, где помещался объект при регистрации голограммы. Поэтому создаётся впечатление полного присутствия предмета.

Поворотом пластины относительно точки наблюдения, можно рассмотреть объемное изображение записанной на голограмму, например, фигуры античной девушки (рис.2).



а *б*

Рис. 2. Голографические объемные изображения фигуры античной девушки (*а*, *б*)

Голограмма несет информацию об объёмности объекта, так как она фиксирует информацию и об амплитуде отражённой от предмета волны, и о распределении фаз предметной волны относительно фаз опорной волны.

На рис. 2 представлены результаты исследования другого свойства голограммы. На одну и ту же фотопластинку были запи-

саны несколько изображений. Изменяя угол падения опорного пучка относительно предметного, на одной голограмме были записаны три экспозиции: ансамбль из трёх фарфоровых фигур (рис. 2, *а*), двух фигур (рис. 2, *б*), и одной фигуры (рис. 2, *в*).



а *б* *в*

Рис. 2. Фотографии трёх экспозиций – мультиплексные изображения на одной голограмме

При повороте пластинки на восстановленной голограмме последовательно появлялись эти записанные изображения. Последовательные регистрации производились с одинаковой экспозицией. Поэтому первое записанное изображение (рис. 2,*а*) при восстановлении оказалось ярче других изображений (рис.2,*б*, и *в*).

С появлением голографии расширилась область практического использования волновых явлений, что способствовало появлению новых научных направлений.

Список литературы

1. Оптическая голография: Справочник: В 2-х т. Т. 1. /Под ред. Г. Колфилда. – М. Мир, 1982. – 376 с.

2. *Сафина Д.М., Царева А.М., Гайфуллин Б.Р., Макаева Р.Х.* Экспериментальные исследования свойств голограмм // Голография. Наука и практика: Сб. трудов 12-й Междунар. науч. конф. «ГолоЭкспо-2015». Казань,– Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ. 2015. С. 330 – 332

OBTAINING MULTIPLEX IMAGES AT HOLOGRAM

Safina D., Kiyamutdinova D.
Supervisor: R. Makaeva, Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The report visibly shows the results of experimental studies of certain properties of holograms: the volumetric images, the ability to record multiplex images of the subjects on one hologram.

УДК 681.758.3

ПОЛЯРИМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОЙ ВЕРДЕ ПРОЗРАЧНЫХ ВЕЩЕСТВ

Фаттахова М.В.
Научный руководитель: А.И. Пеньковский
(АО «Швабе – Технологическая лаборатория», г. Казань)

В работе представлен поляризационный прибор, предназначенный для измерения постоянной Верде прозрачных веществ.

Целью данной работы является разработка поляриметрического устройства для измерения постоянной Верде прозрачных веществ, которое отличалось бы портативностью, малым потреблением энергии и одновременно высокой точностью измерений.

Величина, характеризующая магнитное вращение плоскости поляризации света в веществе, называется постоянной Верде или удельным магнитным вращением. По найденной величине постоянной Верде V можно идентифицировать анализируемое вещество или найти концентрацию растворенного вещества в растворителе, если заведомо известна разница постоянной Верде растворителя и растворенного вещества.

Таким образом, измерение постоянной Верде (удельного магнитного вращения) V является такой же важной и актуальной задачей, как и измерение удельного вращения плоскости поляризации света $[\alpha]_\lambda$ оптически активных веществ [1].

Визуальные полярископы являются грубыми приборами. Их погрешность измерения угла α большая и находится в пределах от ±0,05° до ±0,5°. Существует множество фотоэлектрических поляриметров, с помощью которых можно измерять угол поворота плоскости поляризации α с погрешностью всего ±0,001° [2]. Так, например, известен фотоэлектрический метод и прибор для измерения постоянный Верде стекла и кристаллов [3].

В результате проведенных исследований по поиску метода и устройства для измерения постоянной Верде прозрачных веществ был разработан поляриметр, который относится к большому классу

поляризационных приборов, предназначенных для измерения угла поворота плоскости поляризации света, прошедшего исследуемое прозрачное вещество с естественной оптической активностью, например, раствор сахара, или с наведенной оптической активностью, когда на изотропное вещество воздействуют продольным магнитным полем (эффект Фарадея) [1]. Известно, что подобно естественной оптической активности эффект Фарадея так же существенно зависит от свойства вещества, в котором распространяется свет.

Вещество, помещенное в продольное магнитное поле, поворачивает плоскость поляризации света, распространяющегося вдоль магнитного поля, на угол

$$\alpha = V \cdot H \cdot L \cdot \cos\beta, \qquad (1)$$

где V – постоянная Верде (удельное магнитное вращение) в [рад./э·см]; H – напряженность магнитного поля в эрстедах; L – длина пути света в веществе в [см]; β – угол между направлением лучей света и вектором напряженности магнитного поля.

Из уравнения (1) видно, что если производить измерения угла α поворота плоскости поляризации света, прошедшего известный путь L в прозрачном веществе при известных значениях напряженности магнитного поля H и угла β, то можно найти величину постоянной Верде по формуле

$$V = \alpha \,/\, (H \cdot L \cdot \cos\beta\,) = \alpha \,/\, \mathrm{M}, \qquad (2)$$

где α – угол поворота плоскости поляризации света веществом; $\mathrm{M} = H{\cdot}L{\cdot}Cos\beta$ – конструктивный коэффициент, характеризующий воздействие магнитного поля H на вещество при длине пути света L в веществе и при угле β.

Из существующего ряда схем построения поляризационных устройств для измерения угла поворота плоскости поляризации света наиболее близким аналогом по отношению к разработанному нами прибору является устройство по патенту Японии №06072807 [4]. Однако оно не содержит признаков, обеспечивающих возможность измерения угла поворота плоскости поляризации света, наведенного продольным магнитным полем, а значит, оно не может обеспечить измерений постоянной Верде прозрачных веществ, находящихся под воздействием продольного магнитного поля. Кроме того, в устройстве не учитывается, что, естественная опти-

ческая активность испытуемого вещества может наложиться на искусственную оптическую активность, вызванную воздействием на вещество продольным магнитным полем (эффект Фарадея) и результаты измерений постоянной Верде будут недостоверными. Разработанное в результате данной работы устройство свободно от упомянутых выше недостатков.

На рисунке 1 представлена структурная схема предлагаемого поляриметра для измерения постоянной Верде прозрачных веществ: а) вид сборку; б) вид сверху.

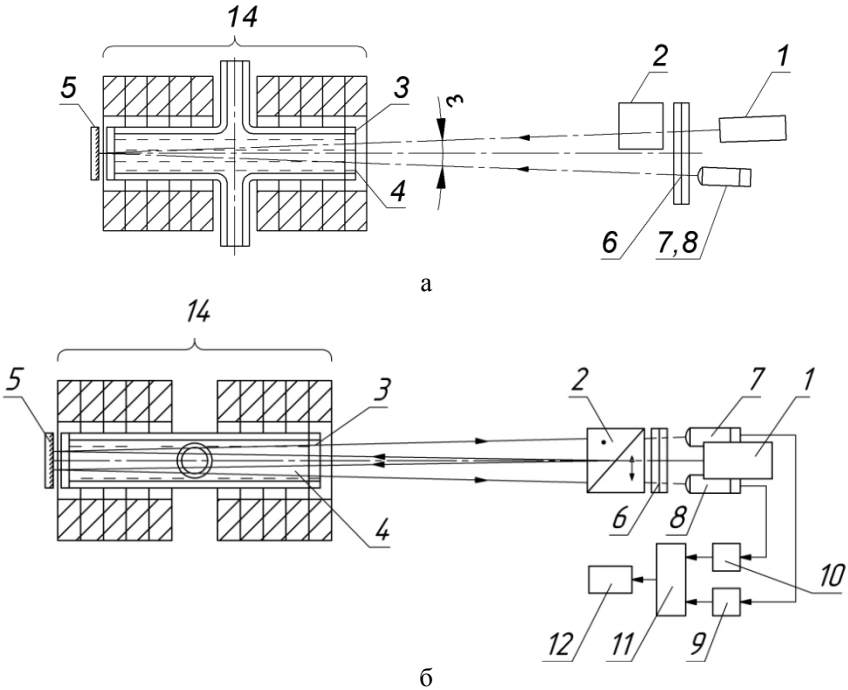


Рис.1. Структурная схема поляриметра для измерения постоянной Верде прозрачных веществ: а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – источник монохроматического коллимированного пучка света; 2 – призма Волластона; 3 – кювета с исследуемым веществом; 4 – исследуемое вещество; 5 – зеркало; 6 – простой поляризатор; 7,8 – два фотоприемника; 9, 10 – два линейных усилителя; 11 – электронный блок; 12 – и индикатор результатов измерений; 13 – патрубки для подачи и эвакуации испытуемого вещества

Поляриметр содержит источник монохроматического коллимированного пучка света и установленные по ходу лучей первый линейный поляризатор, кювету с исследуемым веществом, второй линейный поляризатор, плоскость пропускания которого составляет угол ±45° по отношению к плоскости пропускания первого поляризатора, фотоприемники, усилители, электронный блок с вычислителем отношения разности сигналов фотоприемников к их сумме и индикатор результатов измерений.

В качестве первого линейного поляризатора установлена призма Волластона, пропускающая в горизонтальной плоскости раздельно два пучка света, плоскость поляризации одного пучка горизонтальна, а другого – вертикальна. Кювета с исследуемым веществом установлена в центре набора кольцеобразных постоянных магнитов с коаксиальным направлением вектора напряженности магнитного поля. После кюветы установлено зеркало нормально к осевой линии кюветы.

Падающие на зеркало лучи наклонены в вертикальной плоскости под углом не менее $\varepsilon = 0{,}5 \cdot arct\, g\left(D/l\right)$, где D – диаметр пучка света; l – расстояние от призмы Волластона до зеркала.

Второй простой линейный поляризатор установлен непосредственно перед фотоприемниками так, что одновременно он находится как в падающем на призму Волластона пучке света, так и в отраженных от зеркала и прошедших повторно через кювету двух пучках света.

Предлагаемый поляриметр для измерения постоянной Верде прозрачных веществ работает следующим образом.

Монохроматический, коллимированный, частично поляризованный пучок света от полупроводникового лазерного модуля проходит поляризатор, становится линейно поляризованным с азимутом поляризации +45°(или -45°), проходит призму Волластона, разделяется призмой в горизонтальной плоскости на два одинаковые по интенсивности линейно поляризованные пучка света с взаимно ортогональными азимутами поляризации, проходят кювету с исследуемым веществом, отражаются от зеркала под углом ε в вертикальной плоскости повторно проходят исследуемое вещество, поляризатор 6 и воспринимаются фотоприемниками.

Под воздействием продольного магнитного поля набора постоянных магнитов в кювете длиной L с исследуемым веществом происходит эффект поворота плоскости поляризации линейно поляризованного света в каждом пучке на угол

$$\alpha = H \cdot V \cdot 2L, \quad (3)$$

где H – напряженность магнитного поля; V – постоянная Верде исследуемого вещества; $2L$ – путь, пройденный светом в исследуемом веществе в кювете длиной L.

Зависимость интенсивностей света I_1 и I_2 ,воспринимаемых фотоприемниками, от угла поворота плоскости поляризации α исследуемым веществом можно найти по первому параметру вектора Стокса ($\overrightarrow{V_e}$) после перемножения матриц Мюллера, характеризующих воздействие каждого элемента оптики на поляризованный свет.

Фотоприемники воспринимают интенсивности света, характеризующиеся первым параметром вектора Стокса, то есть:

$$I_1 = 0{,}125 \cdot I_0 \cdot (1 + p \cdot cos\, 2\gamma\,) \cdot (1 - sin\, 4\alpha\,), \quad (4)$$

$$I_2 = 0{,}125 \cdot I_0 \cdot (1 + p \cdot cos \cdot 2\gamma\,) \cdot (1 + sin\, 4\alpha\,). \quad (5)$$

Разность интенсивностей света составит:

$$I_2 - I_1 = 0{,}25 \cdot I_0 \cdot (1 + p \cdot cos\, 2\gamma\,) \cdot sin\, 4\alpha. \quad (6)$$

Сумма интенсивностей света составит:

$$I_2 + I_1 = 0{,}25 \cdot I_0 \cdot (1 + p \cdot cos\, 2\gamma\,). \quad (7)$$

Усилители работают в линейном режиме, поэтому на их выходах потенциалы сигналов U_1 и U_2 пропорциональны интенсивностям света I_1 и I_2.

В электронном блоке вычисляется отношение разности к сумме этих сигналов по следующей формуле:

$$Q = (U_1 - U_2\,)/(U_1 + U_2\,) = (0{,}25 \cdot I_0 \cdot (1 + p \cdot cos 2\gamma\,) \cdot sin\, 4\alpha)/(0{,}25 \cdot I_0 \cdot (1 + p \cdot cos 2\gamma\,)\,) = sin\, 4\alpha, \quad (8)$$

а также искомый угол поворота плоскости поляризации

$$\alpha = 0{,}25 \cdot arcsinQ. \quad (9)$$

По найденному углу поворота плоскости поляризации α электронный блок вычисляет постоянную Верде V согласно формуле (2).

Результат измерений постоянной Верде индицируется на четырехразрядном индикаторе в единицах измерений [ми-

нут/эрстед.см]·10^4. Результаты измерений постоянной Верде могут быть представлены в относительных единицах.

Благодаря тому, что после кюветы установлено зеркало линейно поляризованные пучки света после призмы Волластона проходят исследуемое вещество дважды в прямом и обратном направлениях. Такая конструкция предлагаемого поляриметра позволяет полностью нейтрализовать влияние естественной оптической активности на результаты измерений постоянной Верде при обратном ходе лучей, при этом происходит удваивание оптической активности, наведенной магнитным полем. Это одно из главных преимуществ предлагаемого поляриметра. Другим существенным преимуществом предлагаемого устройства является портативность и рекордно малое потребление энергии (не более 8 ВА). Использование набора мощных постоянных неодимовых магнитов позволило достичь напряженности продольного магнитного поля в кювете с веществом в несколько тысяч Гаус без затраты электрической энергии.

Выводы. В результате проведенной работы был создан новый поляризационный прибор для измерения постоянной Верде, который особенно удобен для определения ароматических составляющих в светлых нефтепродуктах, например, в моторных топливах, как в процессе контроля их качества в лабораториях, так и в технологическом процессе их изготовления.

Список литературы:

1. *Волкова Е.А.* Поляризационные измерения // М.: Издательство СТАНДАРТОВ, 1974. С. 57.

2. *Ванюрихин А.И., Герчановская В.П.* Оптико-электронные, поляризационные устройства // Киев: Техника, 1984. С 94-108.

3. *Бужинский А.Н., Заводчиков Г.И., Клейман В.А. и др.* Метод и прибор для измерения постоянной Верде прозрачных сред // Оптико-механическая промышленность, 1971. №3. С. 27-29.

4. Патент Японии №06072807.

POLARIMETER FOR MEASURING VERDET CONSTANT OF TRANSPARENT SUBSTANCES

Fattakhova M.
Supervisor: A. Penkovsky
(JSC Shvabe-Technological laboratory, Kazan)

The paper presents a polarization device intended to measuring the Verdet constant of transparent substances.

ПОДСЕКЦИЯ 4.4

СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И МЕНЕДЖМЕНТ КАЧЕСТВА В АВИА- И МАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 681.121.85

АНАЛИЗ И ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОСОДЕРЖАНИЯ В МНОГОФАЗНЫХ ПОТОКАХ

Борисова О.К.
Научный руководитель: А.И. Сойко, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Одна из актуальных задач на сегодняшний день является проблема определения точного учета сырой нефти. В данной работе рассмотрен главный неконтролируемый фактор, а именно остаточный свободный газ, влияющий на точность измерения нефти. Разработанный анализатор газожидкостного потока, позволит измерять объемное содержание непосредственно в трубопроводе, не прерывая потока и снизить погрешность измерения.

Одна из актуальных задач на сегодняшний день является проблема определения точного учета энергоресурсов, в частности – сырой нефти, при добыче, так как здесь затрагиваются экономические интересы государства и добывающих, транспортирующих и перерабатывающих нефтяных компаний.

Сырая нефть представляет собой жидкое минеральное сырье, состоящие из смеси углеводородов широкого физико-химического состава, которое содержит воду, растворенный газ, минеральные соли, химические соединения и другие примеси. Все эти примеси влияют на точность измерения и как следствие изменение стоимости, так как в соответствии с условиями договоров поставки между нефтяными, транспортирующими и перерабатывающими компаниями расчет ведется по массе нетто сырой нефти.

Контроль потоков нефти обусловлен наличием международных разногласий, которые связанны с расхождениями при учёте количества нефти. Основной их причиной является нахождение в нефтяном потоке свободного газа. Для решения данной проблемы необходимо максимально снизить погрешность измерения [3]. Основным фактором, влияющим на погрешность измерения, является

свободный газ. Для того чтобы свести к минимуму разницу между добытым и поставленным количеством нефти, были разработаны специальные процессы, в которых основное внимание уделили учету свободного газа и его влияние на поток нефти.

Многофазный поток представляет собой сложное явление, непростое для понимания, предсказания и моделирования. В литературе описаны экспериментально проверенные способы анализа местных колебаний давления, в частности, с помощью гамма-плотномера [2]. В лабораторных условиях возможно изучение режима потока путем непосредственного визуального наблюдения с использованием отрезков прозрачных труб. Таким образом, описания режимов потока всегда отчасти субъективны и в значительной мере зависят от наблюдателя и его интерпретации наблюдаемых явлений.

Так как свободный газ влияет на погрешность измерения, то необходимо провести классификацию многофазных потоков по объемному содержанию газа в потоке (GVF). В результате анализа получилось определить четыре класса многофазных потоков:

- Малое объемное содержание газа (характерный диапазон GVF 0-25%). Этот класс многофазных потоков с низким объемным содержанием газа также может быть назван газосодержащей жидкостью. На нижнем конце указанного диапазона необходимая точность измерения во многих случаях обеспечивается обычными однофазными расходомерами. По мере повышения содержания газа увеличивается погрешность измерений, а также вероятность отказа подобного прибора;
- Среднее объемное содержание газа (25%-85%). При средних значениях объемного содержания газа использование многофазных расходомеров наиболее целесообразно, поскольку здесь они имеют оптимальные эксплуатационные характеристики, в то время как обычные однофазные расходомеры становятся неэффективными;
- Высокое объемное содержание газа (85%-95%). При высоком объемном содержании газа погрешность измерений многофазных расходомеров начинает расти, а вблизи верхней границы диапазона она возрастает очень быстро. Это явление связано не

только с усложнением структуры потока, содержащего большие объемы газа, но и с тем, что погрешность измерений возрастает по мере уменьшения относительного содержания наиболее ценного компонента (в данном случае — нефти).

Очень высокое объемное содержание газа (95%-100%). Данный класс многофазных потоков также может называться влажным газом. Точность измерений, обеспечиваемая встроен-ными многофазными расходомерами на нижнем конце указанного диапазона, может быть достаточна для испытания скважин, оптимизации добычи и обеспечения притока флюида в скважину. Для целей учета, особенно в верхней части диапазона, газ часто оказывается наиболее ценным компонентом, а измеритель потока влажного газа — наиболее предпочтительным решением.

Многофазные расходомеры, в зависимости от области применения, делятся на несколько категорий. Но многофазные расходомеры сепарационного типа нашли свое применение во всех классах многофазных потоков [5]. Многофазные расходомеры сепарационного типа — это класс устройств, для которых характерно полное либо частичное разделение многофазного потока с последующим измерением каждой из трех фаз в линии. Тестовый сепаратор, используемый почти на каждой эксплуатационной платформе, в основном представляет собой двухфазный или трехфазный расходомер сепарационного типа. Он разделяет поток на три фазы и измеряет расходы нефти, воды и газа.

Принцип устройства расходомера сепарационного типа приведен на рисунке 1.

Газ в нефти остается главным неконтролируемым фактором, влияющим на точность измерения нефти. Отсутствие корректировки измерения расхода нефти на содержание в нефтяном потоке свободного газа приводит к существенным погрешностям измерения и экономическим потерям. Так как масштабы коммерческих операций с нефтью за последнее время возросли, то даже незначительное увеличение точности измерения приведет к существенному экономическому эффекту.

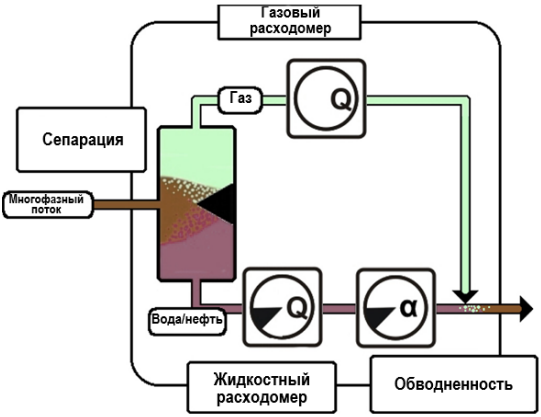


Рис. 1 – Принцип устройства расходомера сепарационного типа

Особенную актуальность измерение содержания свободного газа приобретает при проведении приемо-сдаточных операций, когда нефтегазодобывающие предприятия сдают нефть для транспортировки магистральными трубопроводами нефтегазо-добывающих предприятий.

Невыполнение регламента подготовки товарной нефти, приводящее к сдаче нефти, содержащей свободный газ, экономически выгодно сдающей стороне, поскольку фактический объем сдаваемой нефти оказывается меньше на объем содержащегося в нефти свободного газа. Использование средств измерения содержания свободного газа при данных операциях позволит свести к минимуму споры между сдающей и принимающей сторонами.

Однако, при использовании многофазных расходомеров сепарационного типа возникают следующие проблемы:

- измеряемый отделенный газ содержит «тяжелые» нефтяные компоненты;
- измеряемый дебит по газу занижен, так как не учтено количество газа, оставшегося растворенным после сепарации;
- для получения достоверного дебита необходимо измеренное количество сепарированной жидкости скорректировать на растворенные в ней газовые компоненты;
- плотность газонасыщенной нефти трудноопределима;

- проблема достоверности отобранной пробы.

Из всего вышесказанного следует, что измерение объемного содержания компонентов многофазных потоков в трубопроводе является важной задачей. Детальный обзор приведен в работе [4]. Для этих целей разработан анализатор газожидкостного потока [1], позволяющий измерять объемное содержание потока. А отсутствие газосборной камеры и отстойника и выполнение дополнительных датчиков автономно без гидравлической связи с трубопроводом газожидкостного потока позволяет измерять объемное содержание непосредственно в трубопроводе, не прерывая потока. Данное устройство может найти применение в эталонных поверочных установках, где используется постоянная поверочная среда.

Список литературы:

1. Пат. № 154700 Российская Федерация, МПК G01N 27/22. Анализатор газожидкостного потока / Р.Н. Каратаев, О.К. Борисова и др. – № 2015107087/28; заявл. 02.03.2015; опубл. 10.09.2015, Бюл. № 25.

2. Пат. № 2086955. Способ измерения параметров газожидкостного потока. / Кратиров В. А., Казаков А.Н., Малыхина Г.Ф., Гареев М.М. Заявл. 20.08.1997., Бюл. № 22.

3. *Борисова О.К., Сойко А.И., Борисова И.К.* // Проблемы современных интегрированных процессов и пути их решения. Сборник статей Международной научно-практической конференции. Том. Часть 2, г. Киров 2016 – стр 192.

4. *Каратаев Р.Н.* Измерение малых и микрорасходов жидкости и газа в промышленности: Монография. Казань: Изд-во КГТУ им А.Н. Туполева, 2004. 236 с.

5. *Вакулин А.А., Кириченко А.А., Лищук А.Н.* // Автоматизация в промышленности, №2 2016 // Особенности испытаний сепарационного многофазного расходомера.

THE RESEARCH AND PROBLEMS IS USED TO FOR DETERMINING OF THE GAS-CONTAINING IN MULTI-PHASE FLOWS

Borisova O.
Supervisor: A. Soyko, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical
University named after A.N. Tupolev, Kazan)

One of the urgent problems of today is the issue of determining the accuracy of energy resources metering. The major uncontrolled factor influencing the accuracy of oil measurement is the residual free gas contained in oil. The absence of correction of oil flow rate measurement with respect to the content of free gas in the oil flow results in significant measurement errors and economic losses. The device – gas-liquid flow analyzer is described in this article.

УДК 903 и 658.562

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВА В РОССИИ

Гнусарева А.А.
Научный руководитель: Л.Н. Галимова, д.и.н., доцент.
(Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, Ульяновск)

В данной работе была изучена история развития управления качества в России. Были рассмотрены основные системы контроля качества, а так же некоторые требования и ГОСТы, которые вводились для решения данной проблемы, имеющие свою актуальность и сегодня.

Качество – неотъемлемая характеристика в современном мире, где большое развитие получила промышленность, которая так или иначе контактирует с человеком. От данного понятия зависит безопасность товаров, их надёжность, добротность, то есть степень пригодности к использованию людьми. Из года в год, данная наука развивается всё больше и больше, от сюда возникает вопрос о том, как она появилась и исторически складывалась.

Задачи данной статьи состоят в том, чтобы рассмотреть, как складывалась история развития качества и на каком этапе она находится сейчас.

Понятие «качество» было известно ещё с давних времён. Например, наши предки делили землю на плодородную и не плодородную, по количеству сорняков на ней, по её расположению, данные характеристики давали оценку земле, от чего существенно зависела её цена при продаже и покупке. По такому же принципу давалась оценка и другим товарам, выставляемым на продажу. Это, например, бумага, какие-либо изделия, которые изготавливались из различных материалов, от выбора которого зависела цена приобретения данного товара. То есть, затраты на покупку и прибыль от продажи изменялись в зависимости от того, какого качества был товар.

Позже, данное понятие было выведено и на государственный уровень. Впервые, это было отмечено Иваном IV Грозным, который в 1555 г/ вводит калибр на пушечные ядра, далее, в 1701 г. Пётр I ввёл указ о строительстве зданий по образцу.

Однако всё это являлось простыми решениями, а само начало истории развития данной науки можно считать 1723 г., когда Пётр I ввёл указ о качестве продукции, усилил контроль за соблюдением данного указа и ввёл наказания за несоблюдение правил. Он расширял внешнюю торговлю за счёт улучшения качества товаров внутреннего производителя. В Петербурге и Архангельске были созданы бракеражные комиссии, которые осуществляли контроль за товарами, поставляемыми заграницу.

По ряду мер, которые были проведены Петром I, именно его можно считать родоначальником развития и повышения качества продукции в России. [2]

Промышленность со временем стала приобретать огромные масштабы, поэтому расширение области науки качества стало необходимым. В России начали вводиться определённые стандарты, установки к изготавливаемой продукции. Например, с развитием железнодорожной промышленности в 1889 г. были установлены технические требования на создание и постройку железных дорог, а в 1898 г. условия качества к материалам и изделиям для их строительства. [1]

Но ввод общих стандартов и требований в России затруднялся из-за того, что обладатели иностранных концессий использовали свои требования. Благодаря этому своё распространение получили системы мер и поэтому контроль в области качества данной продукции был затруднён. Это привело к тому, что 14 сентября 1918 года был принят декрет «О введении международной метрической системы мер и весов». Далее начали вводиться ГОСТы, которые были обязательными не только для российских товаропроизводителей, но и для зарубежных, то есть качество приобретало мировое значение.

Данная область расширялась и уже к 1975 г. в России существовало более 35 тыс. стандартов, которые охватывали все обла-

сти промышленности, а так же более 100 тыс. технических требований.

Первый вид управления качеством продукции являлась проверка изделий, разработанная в 1926 г., которая формировала их на две группы: соответствующие и не соответствующие стандарту. Так, в 1955г. была создана Саратовская система управления качества, которая была задействована на заводах этого города и осуществляла выпуск продукции без брака, которая впоследствии проходила отдел технического контроля с первого раза. [3]

В 1957 г. горьковскими самолётостроителями была разработана система КАНАРСПИ, которая характеризовалась тем, что дефект продукции выявляли ещё в допроизводственный период.

В 1963-1964 г. появилась система НОРМ. В отличии от КАНАРСПИ и НИМ данная система охватывает этап эксплуатации товара. Именно здесь производится анализ качества и надёжности продукции, и по результатам данного анализа проводятся работы для улучшения этих показателей.

С 1975 года появились комплексные системы управления качеством продукции (КСУКП). С помощью них товары производили по последним достижениям науки и соответствующим стандартам. Благодаря данной системе получила развитие такая наука, как метрология.

В 1978 г. была создана Единая система государственного управления качеством продукции, которая представляла собой совокупность мер, которые улучшали качество Российской продукции.

В настоящее время в России существует большое число стандартов и ГОСТов, которые контролируют качество продукции, а так же созданы специальные органы, которые контролируют их соблюдение. Например, Государственный надзор и контроль в области обеспечения качества и безопасности пищевых продуктов, а так же Госстандарт РФ, который содержит основные требования к технической продукции.

Такими образом, мы видим, что история развития управления качества началась ещё очень давно и продолжается по сей день. Это наука играет очень важную роль как и для предприятий по

производству продукции, так и для самого человека. Множество стандартов, требований, которые были разработаны на протяжении развития данной науки, актуальны и на сегодняшний день, но их количество при этом значительно увеличилось, поэтому, чем длиннее история данной области, тем больше следов она оставляет для улучшения качества продукции.

Список литературы:

1. *Ребрин Ю.И.* Управление качеством: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. 174 с.

2. *Гриценко Г.* Империя Петра Великого 1700-1725гг. Москва: изд-во Просвещение, 2010. 210 с.

3. История развития управления качеством в России: [Электронный ресурс]. М., 2015-2017. URL: http://zdamsam.ru/a43179.html. (Дата обращения: 25.05.2017).

THE HISTORY OF QUALITY MANAGEMENT IN RUSSIA

Gnusareva A.A.
Supervisor: L. Galimova, Doctor of Historical Sciences,
Associate Professor
(Ulyanovsk Institute of civil aviation named after Chief Marshal of aviation B.P. Bugaev, Ulyanovsk)

In this work, were studied the history of the development of quality management in Russia. Were considered the main system of quality control, as well as some requirements and Standards, which were introduced to solve this problem with its relevance today.

УДК 629.7.054.03:681.586'36.015.3

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУР ГАЗОВОГО ПОТОКА, ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В ИЗДЕЛИЯХ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Киселева А.А., Гулькова А.А.
Научный руководитель: А.Ф. Сабитов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлен метод и устройство для определения параметров передаточной функции заданной структуры температур газового потока по амплитудному спектру сигнала, сформированного из экспериментальной переходной характеристики.

Целью предлагаемой работы является повышение точности и достоверности определения динамических характеристик серийных и опытных датчиков температур газового потока, устанавливаемых в проточных частях авиационных ГТД преимущественно маневренных летательных аппаратов (ЛА).

Современные ГТД третьего и выше поколений, особенно маневренных ЛА, оснащены бортовыми системами регулирования работой ГТД с каналами регулирования температуры газа, содержащие корректирующие устройства, в том числе адаптивные, для снижения инерционности применяемых датчиков температуры газов (ДТГ). Для оптимальной работы системы корректирующее устройство – ДТГ необходимо настраивать параметры корректирующего устройства в соответствии с выбранной структурой передаточной функции ДТГ и его постоянными времени.

Структуры (модели) передаточных функции ДТГ установлены отраслевыми стандартами [1] и [2] и в зависимости от требуемой точности описания динамических характеристик имеют следующий вид:

$$\textit{модель 1} - W(p) = \frac{1}{Tp+1}; \quad (1)$$

$$\textit{модель 2} - W(p) = \frac{Ep+1}{(T_1p+1)(T_2p+1)}; \quad (2)$$

модель 3 –

$$W(p) = \frac{C_2p^2 + C_1p + 1}{(T_1p+1)(T_2p+1)(T_3p+1)} = \frac{(E_1p+1)(E_2p+1)}{(T_1p+1)(T_2p+1)(T_3p+1)}, \quad (3)$$

где $C_1 = E_1 + E_2$: $C_2 = E_1E_2$.

В выражениях (1) – (3) величины T, T_1, T_2, T_3, E, E_1 и E_2 - являются постоянными времени, а C_1 и C_2 - коэффициентами соответствующих моделей ДТГ.

В настоящее время существует большое число методов определения параметров передаточных функций различных средств измерений, в том числе, ДТГ вида (1) – (3). Вследствие того, что каждый метод имеет свои преимущества, недостатки и область применения, продолжаются работы по созданию новых более совершенных методов определения динамических характеристик средств измерений в связи с появлением современных измерительных устройств и вычислительных средств.

Предлагаемый новый метод определения параметров динамических характеристик ДТГ основан на использовании амплитудного спектра сигнала, сформированного из экспериментальной переходной характеристики исследуемого ДТГ. При этом установлена аналитическая связь полученного амплитудного спектра с искомыми параметрами динамических характеристик.

На рис. 1 представлены графики экспериментальной переходной характеристики $h_э(\tau)$ и сформированный из нее сигнал $s(\tau)$.

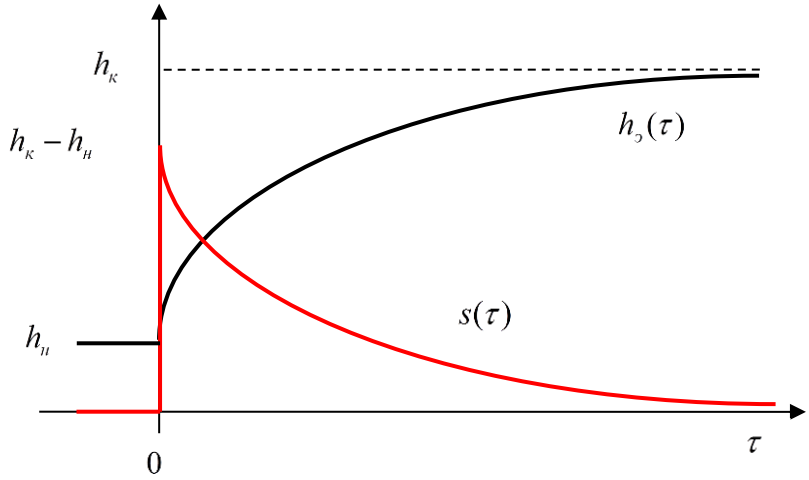


Рис. 1 – Графики экспериментальной переходной характеристики $h_э(\tau)$ ДТГ и сформированного сигнала $s(\tau)$: $h_н$ - начальное значение переходной характеристики; $h_к$ - конечное значение переходной характеристики

Если переходная характеристика $h_э(\tau)$ может быть описана суммой из бесконечного числа экспоненциальных составляющих вида:

$$h_э(\tau) = \begin{cases} h_н, \ \tau < 0; \\ (h_к - h_н) \cdot \left[1 - \sum_{i=1}^{n=\infty} C_i \exp\left(-\frac{\tau}{T_i} \right) \right] + h_н, \tau \geq 0, \end{cases}$$

то сформированный сигнал $s(\tau)$ будет иметь вид:

$$s(\tau) = \begin{cases} 0, \tau < 0; \\ (h_к - h_н) \cdot \sum_{i=1}^{n=\infty} \exp\left(-\frac{\tau}{T_i} \right), \tau \geq 0. \end{cases}$$

Сигнал $s(\tau)$ удовлетворяет условиям Дирихле и является абсолютно интегрируемым на интервале $-\infty < \tau < +\infty$.

Амплитудный спектр сигнала $s(\tau)$ имеет вид:

$$|S(j\omega)| = \sqrt{\left[\int_{-\infty}^{+\infty} s(\tau)\cdot\cos(\omega\tau)d\tau\right]^2 + \left[\int_{-\infty}^{+\infty} s(\tau)\cdot\sin(\omega\tau)d\tau\right]^2} = \quad (4)$$

$$= (h_к - h_н)\cdot\sum_{i=1}^{n=\infty} C_i \frac{T_i}{\sqrt{1+\omega^2 T_i^2}},$$

где ω - частота, c^{-1}.

График амплитудного спектра сигнала $s(\tau)$ представлен на рис.2.

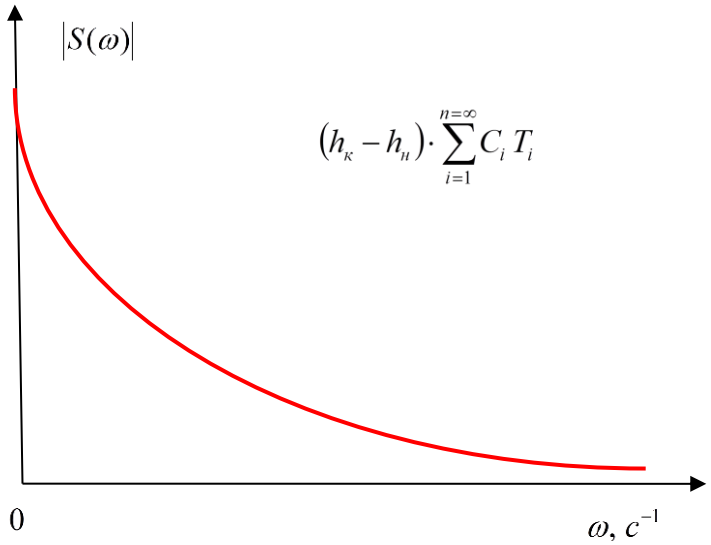


Рис. 2 – График амплитудного спектра сигнала $s(\tau)$

Получены из (4) следующие аналитические выражения для амплитудных спектров сигналов, сформированных из переходных характеристик моделей (1) – (3):

для *модели 1*: $$\left|S(j\omega)\right| = \left(h_к - h_н\right)\frac{T_1}{\sqrt{1+\omega^2 T_1^2}}; \quad (5)$$

для *модели 2*:

$$\left|S(j\omega)\right| = \left(h_к - h_н\right)\left[\frac{T_1 - E}{T_1 - T_2}\cdot\frac{T_1}{\sqrt{1+\omega^2 T_1^2}} - \frac{T_2 - E}{T_1 - T_2}\cdot\frac{T_2}{\sqrt{1+\omega^2 T_2^2}}\right]; \quad (6)$$

для *модели 3*:

$$\left|S(j\omega)\right| = \left(h_к - h_н\right)\left[\frac{T_1(T_1 - E_1)(T_1 - E_2)}{(T_1 - T_2)(T_1 - T_3)\sqrt{1+\omega^2 T_1^2}} - \right.$$
$$\left. - \frac{T_2(T_2 - E_1)(T_2 - E_2)}{(T_1 - T_2)(T_2 - T_3)\sqrt{1+\omega^2 T_2^2}} + \frac{T_3(T_3 - E_1)(T_3 - E_2)}{(T_1 - T_3)(T_2 - T_3)\sqrt{1+\omega^2 T_3^2}}\right]. \quad (7)$$

Таким образом, задача определения параметров динамических характеристик ДТГ сведена к установлению для заданных структур (моделей) значений постоянных времени в выражениях (5) – (7), которые обеспечивают наибольшее приближение соответствующих выражений к экспериментальному амплитудному спектру, изображенному на рис. 2. Для решения данной задачи применен метод регрессионного анализа, реализованный в частности, в системе компьютерной математики Mathcad. Одновременно с реализацией регрессионного анализа проводится оценка степени приближения полученных выражений (5) – (7) к экспериментальному амплитудному спектру по критериям адекватности [3].

Блок-схема устройства для реализации предлагаемого метода изображена на рис. 3.

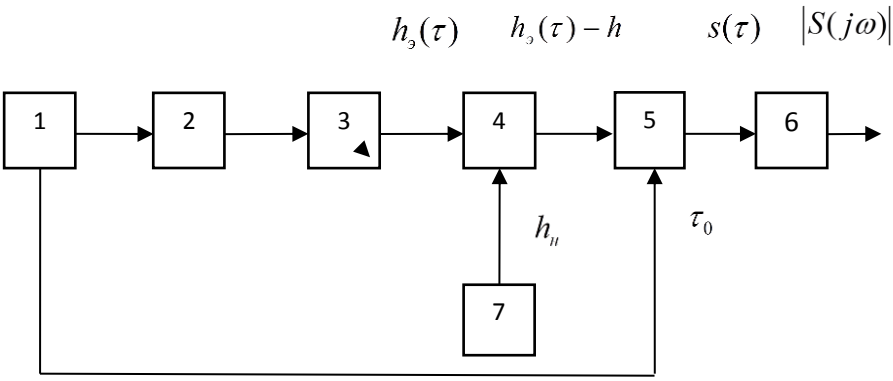


Рис. 3 – Блок-схема устройства

Здесь: 1 – установка, создающая ступенчатое температурное воздействие на исследуемый ДТГ; 2 – исследуемый ДТГ; 3 – измерительный преобразователь; 4 – вычитающий блок; 5 – блок формирования сигнала $s(\tau)$; 6 – низкочастотный анализатор спектра; 7 – регулируемый источник сигнала с уровнем $h_н$; τ_0 - момент времени, соответствующий началу ступенчатого температурного воздействия.

Преимуществом предлагаемого метода является то, что амплитудный спектр позволяет выделить помехи из полезного сигнала $h_э(\tau)$ и процедуру регрессионного анализа можно произвести в области частот, где влияние помех незначительно. Кроме того, из экспериментального амплитудного спектра выделяются не экспоненциальные составляющие переходной характеристики, а непосредственно постоянные времени заданных структур передаточных функций. Это позволит повысить точность и достоверность определения динамических характеристик ДТГ.

Список литературы:

1. ОСТ 1 00334-79. Датчики температуры. Динамические характеристики.

2. ОСТ 1 00418-81. Метод и средства определения динамических характеристик датчиков температур газовых потоков.

3. *Каратаев Р.Н., Гогин В.А.* Метрология: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и дополн. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2007.

IDENTIFICATION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE SENSORS TEMPERATURE GAS FLOW, OPERATING IN AEROSPACE ENGINEERING PRODUCTS

Kiseleva A., Gulkova A.
Supervisor: A. Sabitov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

Provides a method and device for determination of parameters of transfer function of given structure sensors temperature gas flow on the amplitude spectrum of the signal generated from experimental transient response.

УДК 621.317.33

ДАТЧИК КОНТРОЛЯ ПОКОЯ ОХРАНЯЕМОГО ОБЪЕКТА НА ФИЗИЧЕСКОМ ЭФФЕКТЕ ДИНАМИЧЕСКОГО КОНТАКТИРОВАНИЯ

Кошелева Е.С., Кораблева А.В., Луканина Е.И.
Научный руководитель: Н.А. Кравченко, к.т.н., доцент
(*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань*)

Разработка первичного преобразователя покоя охраняемого объекта на физическом эффекте динамического контактирования, обладающего преимуществами по сравнению с существующими датчиками по тактико-техническим и экономическим показателям качества.

В приборостроении при разработке новых устройсв стремятся улучшить параметры измерительных преобразователей физических и электрических величин. Все время совершенствования этих параметров актуальной является задача совершенствования технических и экономических показателей качества датчиков реагированияна вторжение в охраняемый объект и простота технической реализации в конструкции охраняемого изделии.

Процессы интеграции, автоматизации и информатизации на основе искусственного интеллекта являются основными тенденциями развития современных систем безопасности (СБ) [1, 2]. Они проявляются в развитии современных датчиков тревожной сигнализации (ДТС) для систем безопасности. На рис.1 приведены схемы обобщенных систем безопасности и жизнеобеспечения (СБЖ) объекта и человека.

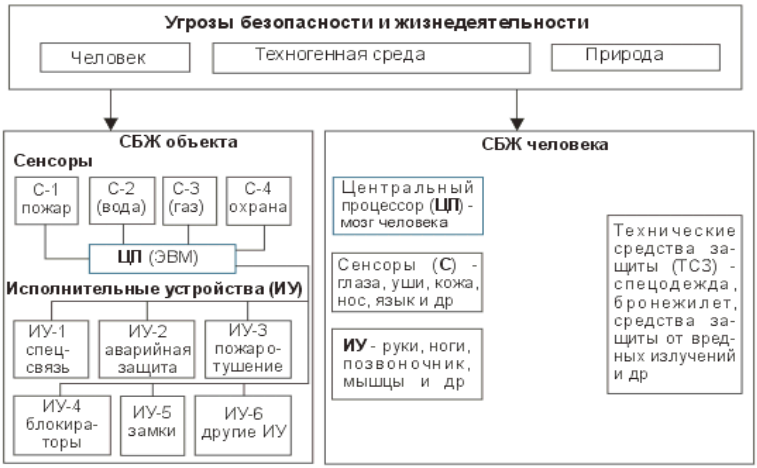


Рис. 1. Системы безопасности и жизнеобеспечения человека и охраняемого объекта

Обеспечение безопасности и жизнедеятельности включает в себя широкую сферу деятельности, которая направлена на защиту от различного вида угроз, источником которых (и объектом защиты) могут выступать три основные части: человек, природа и техногенная среда (все, что создано человеком и окружает его).

Наиболее важным и ответственным звеном подсистемы обнаружения вторжения в охраняемый объект являются датчики тревожной сигнализации, характеристики которых определяют основные параметры всей системы защиты.

Все, ранее используемые, эффекты и явления, на которых основывались принципы конструктивной реализации при создании датчиков контроля покоя элементов конструкции охраняемого объекта, требуют сложных по конструкции датчиков, дорогих материалов для их изготовления. К ним подключаются системы обработки информативного сигнала и выделение сигнала тревожной сигнализации и оповещения.

Ранее был предложен датчик контроля за состоянием покоя объекта согласно патенту на изобретение [3], который основан на эффекте контактирования металлического шарика с двумя провод-

никами при трении качения. Недостатками данного устройства являются: изготовление корпуса, электропроводного несвободного тела качения, пары проводящих поверхностей с рельефным покрытием, изнашиваемое при эксплуатации, и выполнять их намагничивание, которое может со временем размагнититься, трудоемкость реализации; использование специальных износоустойчивых материалов; подверженность влиянию внешних магнитных полей, климатических и механических воздействий; зависимость от естественного старения материалов.

Анализ технических характеристик современных датчиков по текущей и патентной литературе показывает, что на сегодняшний день ни в одной системе охранной сигнализации еще не используется предлагаемый в работе эффект динамического контактирования при трении скольжения в реализации датчиков тревожной сигнализации, при котором в процессе вторжения вырабатывается электрический сигнал в форме белого шума. При этом датчик в режиме ожидания вторжения потребляет микро амперы от источника питания системы охраны.

Цель данной работы заключается в разработке первичного преобразователя охраняемого объекта на физическом эффекте динамического контактирования, обладающего преимуществами по сравнению с существующими датчиками по тактико-техническим и экономическим показателям качества.

Задачи, которые необходимо решить для достижения этой цели:

- анализ существующих принципов построения датчиков охраны по материалам патентной и текущей литературы;
- разработка и реализация нового направления в создании датчика контроля покоя охраняемого объекта на физическом эффекте динамического контактирования;
- определить направление работ по разработке математической модели процесса преобразования информативного сигнала;
- экспериментальное исследования по выбранным физико-механическим свойствам материалов, входящих конструктивных элементов и геометрическим размерам деталей для окончательной

сборки датчика или использования сопряженных по форме конструктивны элементов охраняемого объекта.

В работе предлагается новый принцип построения датчика контроля покоя охраняемого объекта на физическом эффекте динамического контактирования Rш, создающее шумовой контакт как источник нарушения покоя элементов конструкции охраняемого объекта. Технические решения можно представить на рис. 2 и рис 3,

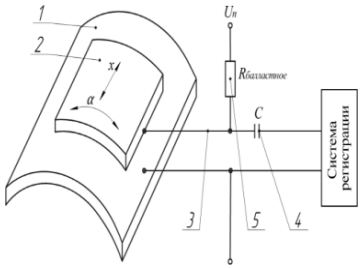


Рис. 2

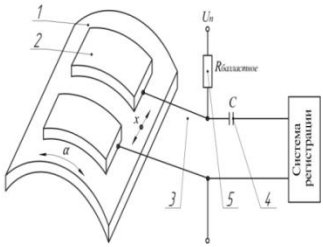


Рис.3

В состоянии покоя проводников – площадок 1 и 2 (рис.2 и 3) в области контакта конструктивных элементов, переходное сопротивление $R_ш$, указанное на эквивалентной схеме (Рис. 4), не изменяется. При любом взаимном движении проводников 1 и 2 в касающихся площадках за счет их шероховатости или приобретенного рельефа переходные сопротивления станут переменными и в последовательной цепи Rбалластное (Рис. 3), первый проводник 2, третий проводник 1, второй проводник и переходные сопротивления Rш станут переменными и возникает динамический ток со случайной частотой и амплитудой [4] (с. 336…338). Наличие конденсатора 5 обеспечивает реагирование системы регистрации только на переменную составляющую тока и напряжения от резистора Rш с регистрацией факта взаимного движения, т.е. нарушения покоя элементов конструкции. Датчик реализован авторами и испытан в конкретных системах, результаты положительны.

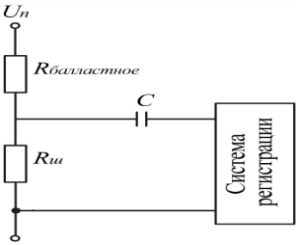


Рис. 4

В настоящее время в механике контактного взаимодействия существует стремление к дальнейшему изучению закономерностей в процессах, протекающих в зоне контакта сопряженных тел в условиях динамических нагрузок. В связи с этим, контактное взаимодействие условно-неподвижных соединений в условиях динамической работы трения качения и перемещения и связанное с ним изменение контактного сопротивления является задачей итоговой работы, в которой будут рассмотрены вопросы, связанные с моделью преобразования информативного сигнала и основные факторы, характеризующие форму контакта, качество контактирования, которое прямо зависит от контактного усилия $F_к$, материалов контактирующих поверхностей $M_п$ и качества $Q_м$ их механической обработки R_z, влияния внешних климатических $B_к$ и механических $B_м$ воздействий, старения $Q_с$ и других влияющих факторов $\beta_ф$. Тогда в общем виде функцию преобразования информативного сигнала датчика в выходной динамический ток $I_д$ на выходе измерительной схемы со случайной частотой ω и амплитудой $I_с$ можно представить в виде:

$$I_д (\omega, I_с) = f (F_к , M_п , Q_м , R_z, B_к , B_м , Q_с , \beta_ф)$$

Поэтому задача анализа этого процесса является сложной и многогранной.

Выводы:

1. Датчиком может являться элементы конструкции изделия либо разработан и изготовлен автономно.

2. Датчик контроля состояния покоя подвижных конструктивных элементов позволяет эффективно использоваться в системах охранной сигнализации различного назначения.

3. Датчик может выполнять одновременно несколько охранных функций, дешев и технологичен, возможна миниатюризация.

4. Необходимо рассмотреть задачи связанные с моделью преобразования информативного сигнала по изменению контактного переходного сопротивления при взаимном движении элементов сочленения конструкции датчика.

Список литературы:

1. Технические средства охраны, безопасности и сигнализации. Справочник. ВИМИ, 1994 г.

2. *Рейке Ч.Д.* 55 электронных схем сигнализации. М., Энергоатомиздат, 1991 г.

3. *Кравченко Н.А., Махмудов А.М.* патент на изобретение RU №2064200, МПК G 08 B 13/14, B 60 R 25/10, опубл. в бюл. № 20, 20.07.96.

4. *Витенберг М.И.* Расчет электрических реле. Изд. 4-е, перераб. и доп. – Л.: Энергия, 1975.

SENSOR OF CONTROL OF THE REST OF THE ELEMENTS OF THE PRODUCT ON THE PHYSICAL EFFECT OF DYNAMIC CONTACTING

Kosheleva E., Korableva A., Lukanina E.
Supervisor: N. Kravchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

Development of the primary restorer of rest of the protected object on the physical effect of dynamic contacting, which has advantages over existing sensors in terms of tactical and technical and economic quality indicators.

УДК 621.317.33

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ПОКОЯ ОБЪЕКТА

Кошелева Е.С., Кораблева А.В., Луканина Е.И.
Научный руководитель: Кравченко Н. А. к.т.н., доцент
(*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань*)

Осуществление контроля за состоянием покоя объекта за счет замещения ЭНТ2 в виде тела вращения. Решение технической задачи обеспечения миниатюризации конструкции с одновременным повышением надежности и помехозащищенности при минимуме себестоимости.

В настоящее время в приборостроении стремятся улучшить выходные параметры измерительных преобразователей физических и электрических величин путем совершенствования качества реагирования на вторжение в охраняемый объект и простоты технической реализации в изделии, что является актуальной задачей.

Важнейшим звеном подсистемы обнаружения являются системы тревожной сигнализации, характеристики которых определяют основные параметры всей системы защиты.

Целью данной работы является осуществление контроля за состоянием покоя объекта за счет замещения ЭНТ2 в виде тела вращения. Решение технической задачи обеспечения миниатюризации конструкции с одновременным повышением надежности и помехозащищенности при минимуме себестоимости.

Задачи, которые необходимо решить для достижения этой цели:

- анализ существующих принципов построения систем охранып по материалам патентной и текущей литературы;
- определить направление работ по разработке математической модели процесса преобразования информативного сигнала;
- экспериментальное исследования для окончательной сборки системы или использования сопряженных по форме конструктивны элементов охраняемого объекта.

Все ранее используемых эффекты и явления требуют сложных по конструкции систем [1]. Рассматриваемое в работе предложение может использоваться в системах охранной сигнализации петель дверей, окон, сейфов, дипломатов, транспорта и т.д., где имеются в конструкции взаимно подвижные плоские, цилиндрические, шарнирные и т.п. части конструкции или встроено в конструкцию.

Конструкция системы с одним ЭНТ представлены на рис. 1 и рис. 2.

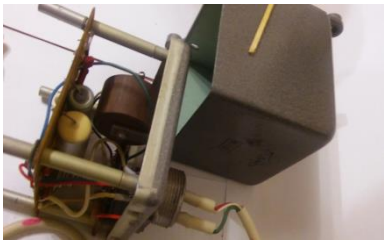


Рис.1

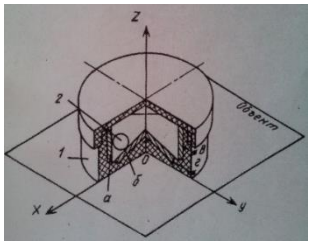


Рис. 2

За счет смещения ЭНТ 2 в виде шарика относительно корпуса при отклонениях объекта путем измерений динамических электрических параметров на участках переходных сопротивлений контакта ЭНТ 2 с электропроводными покрытиями пары поверхностей. В состоянии покоя проводников – площадок 1 и 2 (рис. 1 и 2) в области контакта конструктивных элементов, переходное сопротивление не изменяется. При любом взаимном движении проводников 1, 2, 3 в касающихся площадках за счет их шероховатости или приобретенного рельефа переходные сопротивления станут переменными. Изменение регистрацией факта взаимного движения, т.е. нарушения покоя элементов конструкции.

Качество контактирования, зависит от контактного усилия Fк, материалов контактирующих поверхностей Мп и качества Qм их механической обработки Rz, влияния внешних климатических Вк и механических Вм воздействий, старения Qс и других влияющих факторов βф. Тогда в общем виде функцию преобразования информативного сигнала системы в выходной динамический ток Iд

на выходе измерительной схемы со случайной частотой ω и амплитудой Iс можно представить в виде:

$$I_{\text{д}}(\omega, I_{\text{с}}) = f(F_{\text{к}}, M_{\text{п}}, Q_{\text{м}}, Rz, B_{\text{к}}, B_{\text{м}}, Q_{\text{с}}, \beta_{\text{ф}})$$

Выводы:

1. Системаконтроля за состоянием покоя объектов позволяет эффективно использоваться в системах охранной сигнализации различного назначения.
2. Системой может являться элементы конструкции изделия либо разработан и изготовлен автономно.
3. Система может выполнять одновременно несколько охранных функций, имеет минимальную себестоимость и технологичен, возможна миниатюризация.
4. Необходимо рассмотреть задачи связанные с моделью преобразования информативного сигнала по изменению контактного переходного сопротивления при взаимном движении элементов сочленения конструкции системы.
5. Данный принцип реализован и проверен экспериментально [2].

Список литературы:

1. Технические средства охраны, безопасности и сигнализации. Справочник. ВИМИ, 1994 г.
2. *Кравченко Н.А., Махмудов А.М.* патент на изобретение RU №2064200, МПК G 08 B 13/14, B 60 R 25/10, опубл. в бюл. № 20, 20.07.96.

SENSOR OF MONITORING THE STATE OF THE REST OF THE OBJECT

Kosheleva E., Korableva A., Lukanina E.
Supervisor: N. Kravchenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

Development of a primary object protection converter on the physical contact principle, which has advantages over existing sensors for tactical and technical and economic quality indicators. Realization of control over the rest state of the object due to the substitution of ENT2 in the form of a body of revolution. Solution of the technical problem of providing miniaturization of the design with simultaneous increase of reliability and noise immunity with a minimum of cost.

УДК 532.529

РАСЧЕТ ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ВЫХОДНЫХ КАНАЛАХ ПУЛЬСАТОРА РАСХОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА MATHCAD

Мазитова К.Д., Мингалимова Р.Р.
Научный руководитель: А.И. Сойко, к.т.н., доцент
(Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

На базе математического пакета Math CAD произведен расчет форм импульсов генерируемого давления и расхода жидкости в выходных каналах пульсатора расхода. Получены формы импульсов давления и расхода при различных геометрических исполнениях выходных окон ротора и статора в пульсаторе расхода.

Пульсаторы расхода используются в широкой практике, в том числе в составе экспериментальных установок для метрологической аттестации средств измерений, содержащих каналы измерения избыточного давления и частоты колебаний.[3,5] Данная конструкция содержит статор, в котором соосно установлен съемный цилиндрический полый ротор с выходными окнами, соединенный с валом двигателя. Данное устройство обеспечивает создание в потоке жидкости пульсаций расхода с различными законами изменения за счет геометрических исполнений выходных окон ротора и статора[1].

На изготовление и функционирование пульсатора расхода влияют немаловажные для характеристики объема затрат факторы. Такими являются, например, габариты самого пульсатора, стоимость материала, точность изготовления, а также различные комплектующие элементы.

Давление, которое генерируется в канал статора, целесообразно рассчитывать по критерию наибольшего воздействия на жидкость при минимальных затратах на потребляемую мощность.

Простая модель течения жидкости в прерывателе роторно-импульсного аппарата, предложенная М.А. Балабудкиным [2], ос-

нована на пропорциональности скорости жидкости площади проходного сечения прерывателя:

$$\upsilon(t)=\frac{Q(t)}{S(t)}.$$

Импульсное давление будет определяться следующей формулой:

$$P(t)=\frac{\rho\upsilon^2(t)}{2}.$$

Основные закономерности нестационарных гидродинамических процессов в канале статора характеризуются математической моделью, которая основывается на уравнении Бернулли. Данное уравнение в нестационарной форме имеет вид:

$$\rho l\frac{d\upsilon}{dt}+\xi(t)\frac{\rho\upsilon^2}{2}=\Delta P.$$

Коэффициент гидравлического сопротивления рассчитывается по формуле:

$$\xi'(t)=\xi(t)+\frac{B(t)\mu}{\upsilon d_э\rho},$$

где эквивалентный диаметр канала статора $d_э=\frac{2a_c h}{a_c+h}$;

B - коэффициент гидравлического сопротивления, учитывающий потери напора, выбирающийся из таблиц [1].

С учетом центробежного давления, создаваемого каналом ротора при условии отсутствия коэффициента движения, потерь на трение по длине каналов статора и ротора и уменьшения общего перепада давления при совмещении двух каналов, уравнение будет выглядеть следующим образом [4]:

$$Bl_э\frac{d\upsilon}{dt}+\frac{1}{2}\left(\lambda(t)l_э\frac{\upsilon^2}{d_э}+\xi(t)\upsilon^2+\frac{B(t)\upsilon\mu}{d_э\rho}\right)=\frac{\Delta P}{\rho}+l_p\omega^2\left(R_p-\frac{l_p}{2}\right)-\frac{\upsilon^2}{2}\cdot k_\upsilon,$$

где эквивалентная длина при совмещении двух каналов

$$l_э=\left(l_p+l_c+(1+\Gamma)\sqrt{\frac{S_{\max}}{2\pi}}\right)+\delta;$$

коэффициент скоростного напора

$$k_\upsilon = \frac{\left(\frac{\Delta P}{\rho} + l_p \omega^2 \left(R_p - \frac{l_p}{2}\right)\right) \cdot k_1}{\frac{\upsilon_{\max}^2}{2}};$$

коэффициент, устанавливающий максимальную величину падения общего перепада давления $k_1 = 0{,}9$. Данный коэффициент определяет степень снижения перепада давления между статором и ротором в силу снижения гидравлического сопротивления в момент совмещения каналов;

максимальное значение скорости потока жидкости при совмещении канала статора с каналом ротора $\upsilon_{\max}$.

Значение коэффициента k_υ определяется с помощью итераций. При $k_\upsilon = 0$ находится первоначальное значение скорости $\upsilon_{\max}$. Далее с погрешностью 5% проводится расчет скорости $\upsilon_{\max}$ с использованием метода приближений.

Характер функций $V(t)$ и $\xi(t)$ зависит от вида функции $S(t)$, которая в параметрическом виде представлена следующим образом:

Относительная площадь проходного сечения пульсатора при равномерном вращении вала двигателя определяется:

$$S(t) = \begin{cases} \left(1 - \frac{t\omega R_\text{р}}{a_\text{с}}\right)\sqrt{\left(\frac{t\omega R_\text{р}}{a_\text{с}}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{a_\text{с}}\right)^2} + \left(\frac{t\omega R_\text{р}}{a_\text{с}}\right)^2; \ 0 \le t \le \frac{a_\text{с}}{\omega R_\text{р}}; \\ 1; \ \frac{a_\text{с}}{\omega R_\text{р}} < t \le \frac{a_\text{с}}{\omega R_\text{р}}; \\ \left(\frac{t\omega R_\text{р}}{a_\text{с}} - \frac{a_\text{р}}{a_\text{с}}\right)\sqrt{\left(\frac{a_\text{р}}{a_\text{с}} + 1 - \frac{t\omega R_\text{р}}{a_\text{с}}\right)^2 + \left(\frac{\delta}{a_\text{с}}\right)^2} + \left(\frac{a_\text{р}}{a_\text{с}} + 1 - \frac{t\omega R_\text{р}}{a_\text{с}}\right)^2; \ \frac{a_\text{р}}{\omega R_\text{р}} \le t \le \frac{a_\text{р} + a_\text{с}}{\omega R_\text{р}}; \\ \frac{\delta}{a_\text{с}}; \ \frac{a_\text{р} + a_\text{с}}{\omega R_\text{р}} \le t \le \frac{b_\text{с} + a_\text{р}}{\omega R_\text{р}}, \end{cases}$$

где $a_\text{р}$ и $a_\text{с}$ – ширина окна ротора и статора соответственно; $b_\text{с}$ – расстояние между двумя ближайшими стенками соседних окон статора; $R_\text{р}$ – радиус ротора; δ – зазор между ротором и статором; ω – угловая скорость; t – время.

При расчете учитывалось, что площадь S(t) определяется геометрическими размерами выходных окон ротора и статора (например, окон, выполненных в форме различных многоугольников).

Начальное условие принимает вид: $\left.\frac{dv}{dt}\right|_{t=0} = 0$.

Коэффициент гидравлического сопротивления находится по формуле:

$$\xi(t) = \left(\frac{S_{\max}}{\varepsilon S(t)} - 1\right)^2,$$

где ε - безразмерный коэффициент, определяемый из таблиц Н.Е. Жуковского [1].

Давление, которое генерируется модулятором, находится таким образом: источник давления принимается за монополь, который излучает в полупространство телесный угол $\alpha = 2\pi$ и получается следующее:

$$P(r,t) = \frac{\rho \cdot S}{\alpha \cdot r} \frac{\partial V(t - r/c)}{\partial t}; \quad P(t) = \rho \frac{dV}{dt} \left(\frac{S}{2\pi}\right)^{0,5}.$$

На базе рассмотренного алгоритма произведен расчет форм импульсов генерируемого давления и расхода жидкости в выходных каналах пульсатора расхода с использованием математического пакета Math CAD. Получены формы импульсов давления и расхода при различных геометрических исполнениях выходных окон ротора и статора в пульсаторе расхода.

Список литературы:

1. *Альтшуль А.Д.* Гидравлические сопротивления / А.Д. Альтшуль. – М.: Недра, 1982. – 224 с.

2. *Балабудкин М.А.* Роторно-пульсационные аппараты в химико-фар-мацевтической промышленности / М.А. Балабудкин. – М.: Медицина, 1983. – 160 с.

3. Пат. РФ № 2327119 Российская Федерация, МПК G01F 25/00, F15B 21/12 . Пульсатор расхода / Р.Н. Каратаев, А.И. Сойко, И.Н. Синицын и др.; заявители и патентообладатели ФГУ «Татар-

станский ЦСМ», КГТУ им. А.Н. Туполева. – № 2006119763; заявл. 05.16.2006; опубл. 20.06.2008, Бюл. № 17

4. *Промтов М.А.* Модель течения жидкости через прерыватель одноступенчатого роторно-пульсационного аппарата / М.А. Промтов, А.И. Зимин, М.В. Монастырский // Промышленная теплотехника. – 2001. – Т. 23, № 1–2. – С. 129 –133.

5. *Сойко А.И.* Поверочные установки измерителей артериального давления с использованием генераций пульсирующих потоков: монография / А.И. Сойко, Р.Н. Каратаев. – Казань: Отечество, 2009 – 132 с.

THE CALCULATION OF THE FLUID PRESSURE IN THE OUTPUT CHANNELS OF THE CONSUMPTION PULSATOR USING MATHCAD

Mazitova K., Mingalimova R.
Supervisor: A. Soiko, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

On the basis of mathematical package MathCAD the calculation of generated pressure impulses form and liquid consumption in the output channels of the flow pulsator was rated. Shapes of the pulses of pressure and consumption at different geometrical configurations of the output window of rotor and stator in the pulsator were received.

УДК 531.71

ВЫБОР ЧИСЛА ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ЗАДАННОЙ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Салахутдинова Г.В.
Научный руководитель: Сойко А.И., к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В работе предложена методика выбора числа измерений в зависимости от точности изготовления детали.

При проектировании и изготовлении деталей важным является соблюдение точности – степени соответствия изготовляемых изделий заранее установленным параметрам.

Добиться точности можно при выборе минимального необходимого числа измерений, сопоставив затраты на измерения от потери от недостоверности результатов. При этом, до начала измерений следует исключить возможные систематические погрешности, а неисключенные систематические погрешности рассматриваются как случайные. Уменьшать случайную погрешность за счёт увеличения числа измерений целесообразно до тех пор, пока суммарная погрешность измерения не будет полностью определяться систематической погрешностью, т.е.

$$\Delta_{\Sigma} = \varepsilon \le \Delta_{доп}.$$

Возможен вариант, при котором СКО процесса измерения неизвестен. В этом случае условно за значение СКО принимают эмпирический стандарт ошибки – $S \approx \sigma$. При уровне доверия $p = 0{,}95$ можно принять $\sigma = 0{,}5 \cdot \Delta_{доп}$ [2].

Если общая погрешность результата измерения оценивается с точностью 10%, то доверительный интервал должен составлять 0,1 от допускаемой погрешности выбранного средства измерений $\Delta_{доп}$, т.е.

$$\varepsilon \le \Delta_{доп}/10.$$

Однако на практике эти требования могут быть более жесткими, например:

$$\varepsilon \le \Delta_{доп}/3 \text{ или } \varepsilon \le \Delta_{доп}/2 .$$

В зависимости от принятого уровня доверия p и отношения ε/σ можно найти необходимое число измерений n (таблица 1).

Таблица 1.

Необходимое число измерений для получения случайной погрешности с уровнем доверия *p*.

Отношение доверительного интервала к СКО	**Доверительная вероятность**			
ε/σ	**P=0,7**	**P=0,9**	**P=0,95**	**P=0,99**
1	3	5	7	11
0,5	6	13	18	31
0,4	8	19	27	46
0,3	13	32	46	78
0,2	29	70	99	171
0,1	169	273	385	668

В нашем случае p = 0,95. Если в таблице для заданных условий нет данных, необходимо выполнить интерполирование по следующим правилам:

- найти разность двух значений по числам измерений (n2 – n1);
- найти разность двух значений по соответствующим табличным отношениям ε/σ: $\left[\left(\ \varepsilon/\sigma\ \right)_1 - \left(\varepsilon/\sigma\right)_2\right]$;
- найти разность значений между требуемым и табличным соотношением: $\left[\left(\ \varepsilon/\sigma\ \right)_1 - \left(\varepsilon/\sigma\right)\ \right]$;
- определить по формуле Δn :

$$\Delta n = \left(n_2 - n_1\right)\cdot\left[\left(\varepsilon/\sigma\right)_1 - \left(\varepsilon/\sigma\right)_2\right]/\left[\left(\varepsilon/\sigma\right)_1 - \left(\varepsilon/\sigma\right)\ \right];$$

- необходимое число измерений равно $n = n_1 + \Delta n.$

Применяем ГОСТ 8.051-81, в котором указаны погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм [1], с помощью которого можно определить допуск IT и погрешность

δ в зависимости от номинального размера детали и выбранного квалитета [3].

Для нашего метода расчета необходимого числа измерений *n* принимаем значения δ из ГОСТ 8.051-81 за $\Delta_{доп}$. Далее, используя таблицу 1, определяем *n* для любого номинального значения по заданному квалитету.

Таким образом, используя известные значения номинального размера изделия, выбранный квалитет и степень надежности, метрологи могут определить необходимое число измерений *n* для обеспечения точности измерения детали.

Список литературы:

1. ГОСТ 8.051-81 ГСИ. Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм. – Введ. 1982-01-01. – Взамен ГОСТ 8.051-73. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 11 с.

2. *Кайнова В.Н.* Метрология, стандартизация и сертификация. Практикум: учебное пособие / В.Н. Кайнова, Т.Н. Гребнева, Е.В. Тесленко [и др.]. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2015. – 368 с.

3. *Каратаев Р.Н.* Общая метрология: монография / Р.Н. Каратаев, А.И. Сойко. – Казань: Изд-во ООО «Алекспресс», 2014 – 392 с.

THE CHOICE OF THE NUMBER OF MEASUREMENT OF THE DETAIL FOR A GIVEN ACCURACY

Salakhutdinova G.
Supervisor: A. Soiko, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The technique of a choice of the number of measurements proposed in this work depends on accuracy of manufacturing of the detail.

УДК 536.51:681.5.015.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ КРИВОЙ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ АВИАЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВ

Сафина И.А., Алёшина Д.А.
Научный руководитель: А.Ф. Сабитов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Целью настоящей работы являлась разработка методики, позволяющей определять характеристические кривые тепловой инерции ДТГ без нахождения постоянных времени по экспериментальным переходным характеристикам.

В работе показано, что в случае представления передаточной функции ДТГ в виде

$$W(p) = \frac{1}{T(\alpha)\,p+1}, \qquad (1)$$

постоянная времени $T(\alpha)$ может быть представлена в виде гиперболической функции

$$T(\alpha) = \frac{1}{\Psi\,\alpha} + T_\infty, \qquad (2)$$

где Ψ – некоторый постоянный коэффициент для конкретного ДТГ, находящегося в стадии регулярного режима, при $\alpha = \text{const}$и постоянной температуре измеряемой среды;
T_∞ - постоянная времени при $\alpha \to \infty$.

Переходная функция, соответствующая передаточной функции (1), тогдаприобретает вид

$$h(\tau, \alpha) = 1 - \exp\left(-\frac{\tau}{\frac{1}{\Psi\,\alpha}+T_\infty}\right). \qquad (3)$$

Переходная функция (3) в трехмерных координатах τ α h (τ,α) может быть представлена в виде поверхности, где независимыми аргументами являются время переходного процесса τ и коэффициент теплообмена α, а постоянные параметры Ψ и T_∞отвечают за кривизну поверхности.

Экспериментальные переходные характеристики в трехмерных координатах при этом представляются как кривые или точечные значения, находящиеся в параллельных плоскости τ 0 $h(\tau,\alpha)$ плоскостях, пересекающих ось α в точках α_1, α_2, α_3, …,α_N. Таким образом, если поставить задачу установления значений параметров Ψ и T_∞ в (3), которые дадут наилучшее приближение экспериментальных переходных характеристик к поверхности (3), то характеристическая кривая вида (2) может быть найдена без определения значений постоянных времени $T(\alpha_1)$,$T(\alpha_2)$, $T(\alpha_3)$, …,$T(\alpha_N)$, соответствующих каждому испытанию.

Подобная задача относится к классу двумерного регрессионного анализа и может решаться в различных математических пакетах и системах. Нами разработана программа нахождения параметров Ψ и T_∞ в (3) по экспериментальным переходным характеристикам авиационных ДТГ, предназначенная для использования в системах Mathcad 14 и Mathcad 15.

Программа реализуется в следующей последовательности.

1. Ввод исходных данных:

$$X := \begin{pmatrix} \tau_{11} \\ \tau_{21} \\ \dots \\ \dots \\ \tau_{k1} \\ \tau_{12} \\ \tau_{22} \\ \dots \\ \dots \\ \tau_{l2} \\ \tau_{13} \\ \tau_{23} \\ \dots \\ . \\ \tau_{m3} \\ \dots \\ \dots \\ \tau_{1N} \\ \tau_{2N} \\ \dots \\ \dots \\ \tau_{nN} \end{pmatrix} Y := \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_1 \\ \dots \\ \dots \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_2 \\ \dots \\ \dots \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \\ \alpha_3 \\ \dots \\ \dots \\ \alpha_3 \\ \dots \\ \dots \\ \alpha_N \\ \alpha_N \\ \dots \\ \dots \\ \alpha_N \end{pmatrix} Z := \begin{pmatrix} h_1(\tau_{11}, \alpha_1) \\ h_1(\tau_{21}, \alpha_1) \\ \dots \\ \dots \\ h_1(\tau_{k1}, \alpha_1) \\ h_2(\tau_{12}, \alpha_2) \\ h_2(\tau_{22}, \alpha_2) \\ \dots \\ \dots \\ h_2(\tau_{l2}, \alpha_2) \\ h_3(\tau_{13}, \alpha_3) \\ h_3(\tau_{23}, \alpha_3) \\ \dots \\ \dots \\ h_3(\tau_{m3}, \alpha_3) \\ \dots \\ \dots \\ h_N(\tau_{1N}, \alpha_N) \\ h_N(\tau_{2N}, \alpha_N) \\ \dots \\ \dots \\ h_N(\tau_{nN}, \alpha_N) \end{pmatrix}$$

В векторах Xи Zсодержатся координаты точек экспериментальных переходных характеристик, зарегистрированных при соответствующих значениях коэффициента теплообмена, а в векторе Y – сами значения коэффициентов теплообмена.

2. Ввод функции регрессии:

$$z(A, B, x, y) := 1 - e^{-\left(\frac{x}{\frac{1}{A y} + B}\right)},$$

где A соответствует параметру Ψ, а B – параметру T_∞ в (3).

3. Ввод вектора, формирующего сумму квадратов разностей между поверхностью функции регрессии и значениями экспериментальных переходных характеристик:

$$S(A, B) := \overrightarrow{[\sum (z(A, B, X, Y) - Z)^2]}.$$

4. Ввод начальных условий для искомых параметров:

$$\begin{pmatrix} A \\ B \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} "\Psi_{нач}" \\ "T_{\infty\,нач}" \end{pmatrix}.$$

5. Ввод ключевого слова, открывающего блок решения системы уравнений, содержащих функцию *MinErr*:

$$\text{Given} \quad S(A,B) = 0.$$

6. Поиск минимума функций двух переменных с использованием функции *MinErr*:

$$\begin{pmatrix} A \\ B \end{pmatrix} := MinErr.$$

7. Результат вычисления искомых параметров:

$$\begin{pmatrix} A \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} "\Psi" \\ "T_{\infty}" \end{pmatrix}.$$

Результаты двумерного регрессионного анализа можно также представить в виде графиков.

Если результаты зарегистрированных экспериментальных переходных характеристик ДТГ представлены в формате таблиц Excel, то их можно использовать в разработанной программе при вводе исходных данных путем обращении к функции READFILE, например, следующим образом:

$$D := READFILE("\text{Имяфайла.xls}", "Excel", 2)$$

$$X := D^{<0>} Y := D^{<1>} Z := D^{<2>}$$

$$X = Y = Z =$$

Предлагаемый метод может быть применен и для нахождения характеристических кривых моделей ДТГ, имеющий порядок $n \geq 2$.

Для моделей ДТГ с $n = 2$, передаточная функция которых может быть представлена в виде

$$W(p) = \frac{E\,p+1}{(T_1\,p+1)(T_2\,p+1)},$$

функция регрессии в программе может выглядеть как:

$$z(A,B,C,D,K,L,x,y) := \left[1 - \frac{\frac{1}{A\cdot y} + B - \left(\frac{1}{K\cdot y} + L\right)}{\frac{1}{A\cdot y} + B - \left(\frac{1}{C\cdot y} + D\right)} \cdot e^{\frac{-x}{\frac{1}{A\cdot y}+B}} + \frac{\frac{1}{C\cdot y} + D - \left(\frac{1}{K\cdot y} + L\right)}{\frac{1}{A\cdot y} + B - \left(\frac{1}{C\cdot y} + D\right)} \cdot e^{\frac{-x}{\frac{1}{C\cdot y}+D}} \right]$$

$$S(A,B,C,D,K,L) := \overrightarrow{\left[\sum (z(A,B,C,D,K,L,X,Y) - Z)^2\right]}$$

Здесь A, B, C, D, K и Lсоответствуют параметрам, входящих в постоянные времени T_1, T_2 и *Е*динамических характеристик ДТГ, имеющим второй порядок.

Для термоэлектрических ДТГ с проволочными чувствительными элементами, помещенными в камеру торможения, для расчета $\alpha_{чэ}$используется одно из следующих соотношений в случае их поперечного обтекания газовым потоком [11]:

$$\alpha_{чэ} = \lambda_c \frac{CRe^n Pr^m}{d} = \lambda_c \frac{C\left(\frac{V_{кт} d}{\nu_c}\right)^n \left(\frac{\nu_c}{a_c}\right)^m}{d} = \lambda_c \frac{C\left(\frac{V_{кт} d \rho_c}{\eta_c}\right)^n \left(\frac{\eta_c c_p}{\lambda_c}\right)^m}{d},$$

где C, n и m – эмпирические коэффициенты уравнения подобия, зависящие от значения числа Re;

$V_{кт}$-скорость газового потока в камере торможения ДТГ;

d – диаметр чувствительного элемента ДТГ;

λ_c, ν_c,η_c,a_c, ρ_c и c_p– теплофизические характеристики газового потока.

Поскольку измерять значение $\alpha_{чэ}$ при эксплуатации ДТГ не представляется возможным, то на практике измеряют доступный для этого параметр ГТД, который наиболее близко связан с условиями теплообмена ДТГ с газовым потоком. Так в работе [1] постоянная времени корректирующего устройства подстраиваются под изменение постоянной времени ДТГ по измеряемому значению давления$p_к^*$ в компрессоре ГТД. В другой работе [4] об изменении постоянной времени ДТГ при эксплуатации судят по изменению расхода обтекающего его газа $G_г$.

Таким образом, в зависимости от выбранного параметра ГТД, подлежащего измерению для целей обеспечения оптимальной коррекции динамических характеристик ДТГ, необходимо в дальнейшем перестроить установленную зависимость (2) под выбранный параметр ГТД с учетом выражений (4) и (5).

Список литературы:

1. *Гольберг, Ф.Д.* Методы управления газотурбинными двигателями по не измеряемым параметрам с использованием бортовой математической модели двигателя / Ф.Д. Гольберг,

О.С. Гуревич, А.А. Петухов // Системы автоматического управления авиационными газотурбинными двигателями. Труды ЦИАМ № 1346 / Под ред. О.С. Гуревича. М.: ТОРУС ПРЕСС, 2010. – 264 с.

2. *Frid, A.I.* Adaptive control of high turbine inlet temperature of aircraft gas turbine engine [Адаптивный контроль температуры газа перед турбиной ВДГТД]. Symposium on Actual Problems of Aircraft Engines Construction.Ufa, Apr. 12 -13, 1999. Ufa: UfaStateAviat. Techn.Univ. 1999, pp. 101 – 106.

3. *Домрачева, Л.С.* Синтез систем измерения нестационарных температур газовых потоков / Л.С. Домрачева. – М.: Машиностроение, 1987. – 224 с.

DETERMINATION OF THE CHARACTERISTIC CURVE OF THERMAL INERTIA OF AVIATION SENSORS OF GAS TEMPERATURE

Safina I., Aleshina D.
Supervisor: A. Sabitov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The purpose of this work was to develop a technique that allows to determine the characteristic curves of the thermal inertia of a DTG without finding the time constants by the experimental transient characteristics.

УДК 658.516.1

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Смоленцева А.С.
Научный руководитель: Ф.Р. Мифтахутдинова, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассматриваются необходимость разработки технических регламентов о безопасности авиационной техники и дальнейшая их гармонизация с регламентами Европейского Союза. Анализируется система сертификации авиационной техники в Российской Федерации в сравнении с системой сертификации Европейского Союза и предлагается один из способов их гармонизации и повышения технологий отечественной сертификации воздушных судов.

В Российской Федерации деятельность в сфере подтверждения соответствия авиационной техники регулирует Воздушный Кодекс РФ. Согласно данному Кодексу все воздушные судна и комплектующие изделия должны быть сертифицированы в обязательном порядке [1]. Вопросы, касающиеся подтверждения соответствия авиационной техники, находятся в ведении Министерства транспорта Российской Федерации и Федерального агентства воздушного транспорта в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 1283 от 28 ноября 2015 г. В таблице 1 представлена система обязательной сертификации авиационной техники, объектов гражданской авиации в РФ.

Таблица 1

Система обязательной сертификации авиационной техники и объектов гражданской авиации в РФ

Обеспечение безопасности полета и защита окружающей среды от воздействия авиации	
Система сертификации	
Система сертификации	Система сертификации

авиационной техники и объектов гражданской авиации (ССАТ и ОГА)	эксплуатантов воздушных судов, обслуживания и ремонта авиационной техники и объектов гражданской обороны (СС ГА)
Органы по сертификации	
Министерство транспорта РФ и Федеральное агентство воздушно транспорта	Федеральная служба по надзору в сфере транспорта
Нормативные документы, обеспечивающие безопасность полета и защиты окружающей среды от воздействия авиации	
Требования к авиационной технике и объектам гражданской авиации (Авиационные правила – АП)	Требования к эксплуатантам воздушных судов, обслуживанию и ремонту авиационной техники и объектов гражданской обороны (Федеральные авиационные правила – ФАП)
Регистарция Систем сертификаиции в Росстандарте	

В связи с вступлением в силу на территории РФ Федерального закона «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ необходимо введение технических регламентов о безопасности авиационной техники, которые пересматривали и устанавливали правила и методы измерений и испытаний при проведении процедур подтверждения соответствия.

Вступление в 2012 году РФ во Всемирную Торговую Организацию ставит задачу гармонизации правил подтверждения соответствия авиационной техники, летной годности и воздействия на окружающую среду с нормативной базой, регламентирующей авиационные требования Европейского Союза (ЕС).

EASA европейское агентство по безопасности полетов – это агентство ЕС по выполнению и регулированию задач в сфере безопасности гражданской авиации посредством подтверждения соответствия авиационной техники, разработки и введения стандартизированных правил.

Нормативная база EASA содержит две группы правил, изображенные на рисунке 1, которые используются как инструмент подтверждения соответствия. В первую группу правил входит Регламент ЕС № 748/2012, устанавливающий правила реализации летной годности и экологической сертификации воздушных судов и связанных с ними продуктов, деталей и приборов, а также для сертификации проектных и производственных организаций. Во вторую группу входит регламент ЕС № 2024/2003, который устанавливает правила продления летной годности и эксплуатации самолетов, деталей и приборов, а также правила сертификации организаций и персонала, занимающихся обслуживанием авиационной техники.

Дополнительно разработан документ AMC&GM (Acceptable Means of Compliance) – Допустимые Методы Соответствия разъясняют условия, при которых требования, содержащиеся в Регламенте № 748/2012, могут считаться удовлетворительными. GM (Guidance Material) – Руководящие Материалы, которые помогают разъяснить понятия, содержащиеся в CS (Certification Specifications) – Сертификационных Спецификациях и в Регламенте. В данном случае, спецификация – это набор требований и параметров, которым должен отвечать объект, а Сертификационная Спецификация – это технические условия сертификации [2].

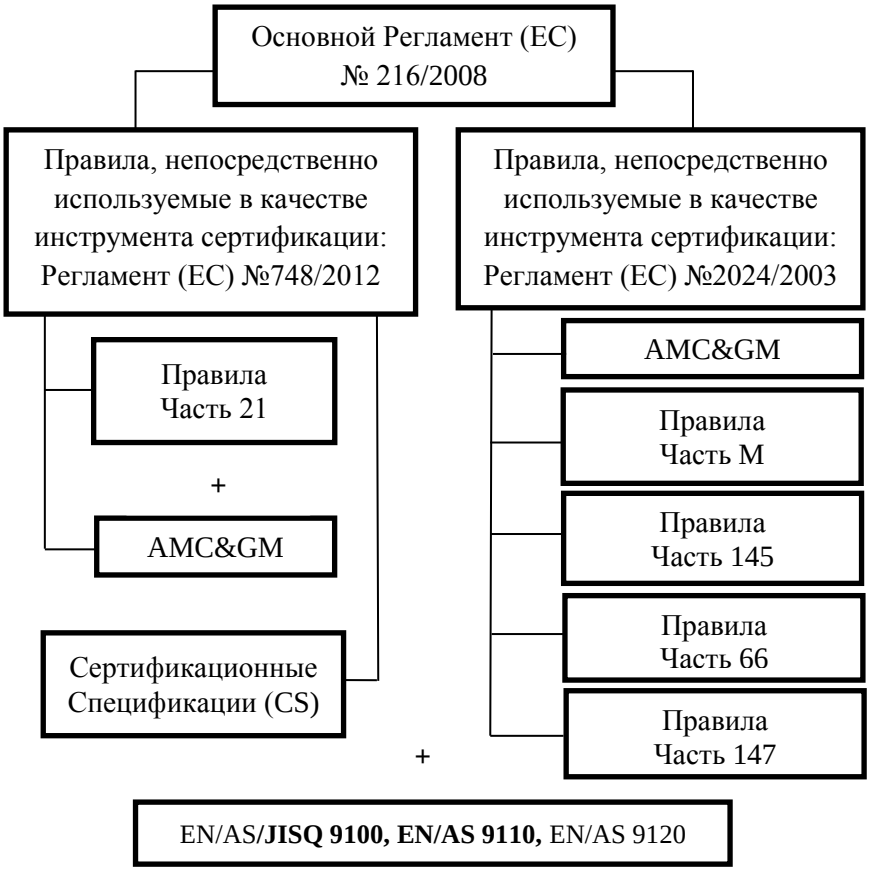


Рисунок 1 – Структура системы сертификации EASA

Таким образом, Россия сталкивается с такими проблемами в области подтверждения соответствия авиационной техники, как:

- недостаточное развитие нормативной базы и необходимость использования «двойных» стандартов (РФ и ЕС);
- недостаточная гармонизация (идентичность) с международными нормативными документами;
- отсталость технологий сертификации воздушных судов и комплектующих изделий от международного уровня;

Все это существенно сказывается на времени и стоимости проведения сертификационных работ у отечественных органов по сертификации.

Одним из способов решения данных проблем – использование в РФ «сквозной» сертификации, являющейся одним из способов доказательства правильности решений в обстоятельствах высокой степени неопределенности на первоначальных стадиях проектирования, когда компоненты проектируемых изделий не произведены и их испытания невозможны [3]. Она может базироваться на математическом и физическом моделировании, аналитических исследовательских работах, анализе начальных данных и на сопоставлении с образцами-аналогами. По итогам проведенных исследований разрабатываются и осуществляются предупреждающие мероприятия, которые ориентированы на устранение обнаруженных несоответствий и на увеличение надежности и безопасности изделий. Документированные результаты применяются при окончании сертификации изделия как доказательная документация вместе с результатами наземных и летных испытаний. Еще одной из этапов «сквозной» сертификации являются лабораторно-стендовые испытания.

Степень готовности сертифицированной документации, которая должна составлять около 50% от всего объема к началу летных испытаний, характеризует результативность процесса «сквозной» сертификации. Поэтому летные испытания, важные для оценивания основных характеристик авиационной техники и установления их летной годности в РФ, в ЕС имеют значительно меньшее значение и рассматриваются как контрольный этап. Реализация данного принципа дает возможность до 80% всех данных получить на земле. Главное внимание уделяется только тем испытаниям, которые невозможно смоделировать в наземных условиях. Обычно итоги летных испытаний дают 5-7% расхождения с результатами моделирования и наземными испытаниями. С экономической точки зрения использование «сквозной» сертификации воздушных судов рационально, так как затраты на проведение одной доработки на стадиях моделирования в 10 раз экономичнее, чем

лабораторно-стендовые испытания и в 100 раз выгодней проведения летных испытаний.

Список литературы:

1. Российская Федерация. Законы. Воздушный кодекс Российской Федерации: федер. закон: принят Гос. Думой 19 февраля 1997 года: одобр. Советом Федерации 5 марта 1997 г.

2. *Степаненко С.М., Кокотина В.В., Харченко В.Г.* Особенности европейской системы подтверждения соответствия авиационной техники предъявляемым нормативным требованиям. Запорожье, Украина, 2008

3. *Ахметшин Т.Ф.* Сертификация авиационной техники // Вестник УГАТУ 2014. Т. 18, №2 (63). С. 10-18

CONFIRMATION OF COMPLIANCE OF AVIATION EQUIPMENT

Smolentseva A.
Supervisor: F. Miftakhutdinova, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

This article discusses the need to develop technical regulations on the safety of aviation equipment and their further harmonization with the regulations of the European Union. The aviation equipment certification system in the Russian Federation is compared with the European Union certification system and one of the ways to harmonize and improve the technologies for domestic certification of aircraft is proposed.

УДК 658.5

ОЦЕНКА И АНАЛИЗ РИСКОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВНУТРЕННЕГО АУДИТА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА

Хуснуллина К.П., Фёдорова Э.Ю.
Научный руководитель: К.А. Хуторова, старший преподаватель
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В статье представлен анализ действующих стандартов по проведению внутреннего аудита системы менеджмента трех организаций из сфер машиностроения, приборостроения и сферы образования на соответствие рекомендациям ГОСТ Р ИСО 19011-2012 «Руководящие указания по аудиту систем менеджмента». А также предложено применение методики оценки рисков для процесса внутреннего аудита системы менеджмента при формировании программы внутреннего аудита организации.

Концепция внутреннего аудита системы менеджмента будет востребована и стабильна, если при ее создании будут учтены все основные требования, связанные с управлением рисками.

Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии был утвержден норматив ГОСТ Р ИСО 19011-2012 «Руководящие указания по аудиту систем менеджмента», который вступил в силу с 1 февраля 2013 года [1]. Область применения ISO 19011 распространяется на все существующие сегодня системы менеджмента.

Согласно ГОСТ Р ИСО 19011-2012, аудит – это систематический, независимый и документированный процесс получения свидетельств аудита и объективного их оценивания с целью установления степени выполнения согласованных критериев аудита.

Кроме того, настоящий стандарт вводит термин риска применительно к аудиту систем менеджмента. Используемый здесь подход принадлежит как к рискам, связанным с не достижением хода аудита определенных целей, так и к рискам, связанным с возможностью воспрепятствовать осуществлению деятельности

и процессов проверяемой организации из-за проведения мероприятий по аудиту.

Если сравнить зарубежные организации с российскими, то зарубежные активно используют систему управления рисками для эффективного проведения внутреннего аудита. Для большинства российских же организаций проблема становления самого процесса внутреннего аудита и применения методов и моделей управления рисками при его проведении находится в стадии разработки.

Для определения, насколько полно реализуются на промышленных предприятиях в России рекомендации стандарта ИСО 19011-2012, были проанализированы действующие стандарты по проведению внутреннего аудита системы менеджмента трех организаций из сфер машиностроения, приборостроения и сферы образования. Результаты собранной информации сведены в Таблицу 1.

Таблица 1

	1	2	3
Высшему руководству следует обеспечить разработку целей программы аудита			
Лицу, управляющему программой аудита, следует:			
установить объем программы аудита			
определить и оценить риски, связанные с программой аудита			
определить обязанности по аудиту			
определить процедуры программы аудита			
определить необходимые ресурсы			
обеспечить внедрение программы аудита			
обеспечить управление и сохранность соответствующих записей по программе аудита			
осуществлять мониторинг, анализ и улучшение программы аудита			

Из таблицы 1 видно, что «рекомендации ГОСТ Р ИСО 19011-2012» во всех документах используются не в полном объеме, а именно, то что лицу, управляющему программой аудита, следует:

«определить и оценить риски, связанные с программой аудита» не реализовано ни в одном из них. Другие рекомендации были обнаружены во всех стандартах организаций, но чаще всего они прописаны не в полном объеме.

Несмотря на неполное использование ГОСТ Р ИСО 19011-2012, во всех стандартах просматриваются все основные рекомендации по содержанию программы аудита и лишь «риски» даже вскользь не встречаются в СТО.

Одной из причин не включения в стандарты организаций по проведению внутреннего аудита рассматриваемых требований можно назвать недостаточная методическая проработанность вопросов идентификации и оценки рисков, связанных с программой аудита системы менеджмента.

В свою очередь, идентификация рисков начинается с классификации их по группам и суммирования подобных типов для поиска подходящих путей их сокращения.

Риски, в зависимости от сферы возникновения, можно подразделить на внешние и внутренние. К внешним рискам относятся факторы, не связанные непосредственно с деятельностью самой организации.

Далее будем рассматривать только внутренние факторы, которые зависят от менеджмента организации, т.е. от управленческих решений руководителей различного уровня.

Внутренние факторы риска появляются в сфере хозяйственной деятельности компании, которую можно поделить на производственную и непроизводственную. Непроизводственная (социальная) область деятельности компании в настоящей работе не рассматривается. Производственный процесс является комплексом взаимосвязанных основополагающих, добавочных и поддерживающих (обслуживающих) процессов. В таких областях появляются особые факторы риска – риски менеджмента.

Таким образом, внутренние риски существуют в организации всегда, а именно в менеджменте, то есть в управленческой деятельности. Риски аудита относятся именно к внутренним рискам бизнес-процессов компании. Кроме того существует большое число разнообразных рисков, связанных с установлением, реализацией, мониторин-

гом, анализом и усовершенствованием программы аудита, которые могут воздействовать на достижение ее целей. Лицу, управляющему программой аудита, необходимо принимать во внимание эти риски в их формировании. Такие риски могут быть связаны с:

- планированием;
- ресурсами;
- выбором группы аудиторов;
- реализацией;
- записями и их управлением;
- мониторингом, анализом и улучшением программы аудита [2].

По данным критериям производится оценка рисков, значения которых вносятся в отчет и учитываются при мониторинге, анализе и улучшении программы аудита.

При необходимости и по согласованию с Руководителем внутреннего аудита список рисков можно увеличить или уменьшить в зависимости от специфики конкретного аудита.

Из-за нехватки статистических данных, в практической деятельности рекомендуется применять экспертные оценки и методы классификации риска, основанные на простых способах количественного анализа риска.

Для проведения оценки риска предлагается использовать матрицу «процессы-риски» представленную в Таблице 2.

Таблица 2

Риски	Проверяемые процессы				Вероятности рисков
	$П_1$	$П_2$	...	$П_k$	
$Р_1$	p_{11}	p_{12}	...	p_{1k}	q_1
...	...	...	...	...	...
$Р_m$	p_{m1}	p_{m2}	...	p_{mk}	q_m
Весовые коэффициенты процесса	p_1	p_2	...	p_k	…

Заголовками столбцов матрицы являются процессы, осуществляемые в ходе составления программы аудита. В таблице 1

они обозначены символами $П_j$ (j=1...k). Заголовками строк матрицы являются категории риска $Р_i$ (i=1..m).

На пересечении i-той строки и j-того столбца матрицы «процессы-риски» ставится один из арифметических символов: 0, 1 (уровни риска, при необходимости их количество можно увеличить) в соответствии с условием:

$$p_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{при отсутствии риска } Р_i \text{ для процесса } П_j, \\ 1, & \text{при наличии риска } Р_i \text{ для процесса } П_j. \end{cases}$$

Указанные значения суммируются по строкам и столбцам матрицы, полученные таким образом суммы, делятся на сумму всех элементов матрицы.

Так определяются вероятности рисков q_i (i=1..m) и весовые коэффициенты p_j процессов (j=1..k):

$$q_i = \frac{\sum_{j=1}^{k} p_{ij}}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{k} p_{ij}}, \; p_j = \frac{\sum_{i=1}^{m} p_{ij}}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{k} p_{ij}}.$$

Расчеты, приведенные в матрице «Процессы-риски» должны учитываться при формировании карты рисков в программе внутренних аудитов.

Таким образом, составление программы внутренних аудитов осуществляется на основе проведенной оценки рисков и определения потерь связанных с ними.

Список литературы:

1 Система добровольной сертификации «Единый Стандарт» [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://1cert.ru/novosti/obnovlennyiy-gost-r-iso-19011-2012-ohvatyivaet-vse-sistemyi-menedzhmenta. Дата обращения: 01.02.2014.

2 ГОСТ Р ИСО 19011-2011. Руководящие указания по аудиту систем менеджемента. Введ. 2012-07-19. - М.: Стандартинформ, 2013. - 36 с.

ESTIMATION AND ANALYSIS OF RISKS IN THE INTERNAL AUDIT OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

Khusnullina K., Fedorova E.
Supervisor: K. Khutorova, Senior Lecturer
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The article presents an analysis of the current standards for the internal audit of the management system of the three organizations from the fields of engineering, instrumentation and education in accordance with the recommendations of ISO 19011:2012 "Guidelines for auditing management systems". Also, it was proposed to apply the risk assessment methodology for the internal audit process of the management system when forming the internal audit program of the organization.

УДК 658.562

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ВЫБОРКИ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ИЗДЕЛИЙ

Фёдорова Э.Ю., Хуснуллина К.П., Ирган В.Д.
Научный руководитель: А.Ф. Сабитов, к.т.н., доцент
(Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассматривается решение вопроса о выборе объема выборки для обеспечения необходимой доверительной вероятности. Подробно описываются определения экстраполяции и интерполяции, а также производится поиск необходимых значений регрессионным анализом.

При определении показателей надежности изделий по результатам испытаний определенного объема выборки возникает вопрос о точности полученных результатов. Как известно, точность при этом определяется уровнем выбранной доверительной вероятности и объемом выборки.

При определении среднего квадратического отклонения (СКО) и дисперсии определяемой величины при любом объеме выборки всегда получают их средние значения, а потребителю необходимо знание их номинальных значений для изделий конкретного типа. Известно, что номинальные значения получаются при стремлении объема выборки к бесконечности, что на практике реализовать невозможно.

В ГОСТ 8.508-84«Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля» приведена таблица значений доверительной вероятности $P_д$ и допускаемой относительной погрешности α_σ оценки СКО в зависимости от объема выборки (см. таблицу).

Таблица

Доверительная вероятность $P_д$	Объем выборки n при α_σ, равном %						
	10	15	20	25	30	35	50
0,90	200	80	40	30	20	18	10
0,95	200	100	60	40	30	20	15
0,99	250	200	100	60	45	35	20

По таблице можно найти допускаемую относительную погрешность α_σ, когда задана доверительная вероятность $P_д$ и объем выборкиn.Также можно найти объем выборки n при заданной доверительной вероятности $P_д$ и допускаемой относительной погрешности α_σ. И, аналогично, если задан объем выборки n и допускаемая относительная погрешность допускаемая относительная погрешность α_σ, то можно найти доверительную вероятность $P_д$, с какой установлены искомые величины.

Недостаток таблицы в том, что она не позволяет находить непосредственно промежуточное значение объема выборки и допускаемой относительной погрешности α_σ.

В данной работе предлагается заменить таблицу функциональной зависимостью вида $\alpha_\sigma=f(n)$, которая позволит для любого объема выборки n по заданной доверительной вероятности устанавливать погрешность определения искомых величин.

Поиск предлагается вести с использованием регрессионного анализа. Регрессионный анализ – это процедура, направленная на установление значений, параметров заданной функции, которые обеспечивают минимальное среднее квадратического отклонения функции от табличных значений на интервале наблюдений. Для проведения регрессионного анализа выбраны две функции регрессии: $y = Ae^{\frac{n}{k}}$ и $y = \frac{100*k}{n+k}$, где k – искомый параметр.

Реализация регрессионного анализа произведена с привлечением следующих функций системы Statistica: Nonlinear Estimation: Speadsheet1 User-specified regression, custom loss function:

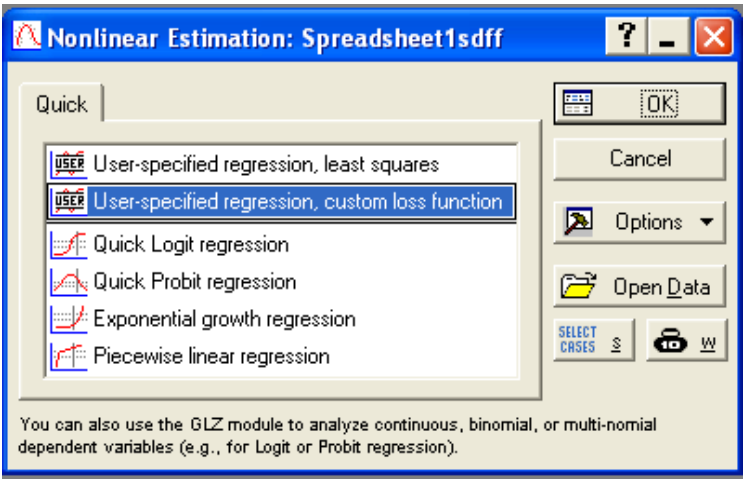


Рис. 1. Функция нелинейной оценки.

Выбрав нужную функцию, нажимаем кнопку «ОК».

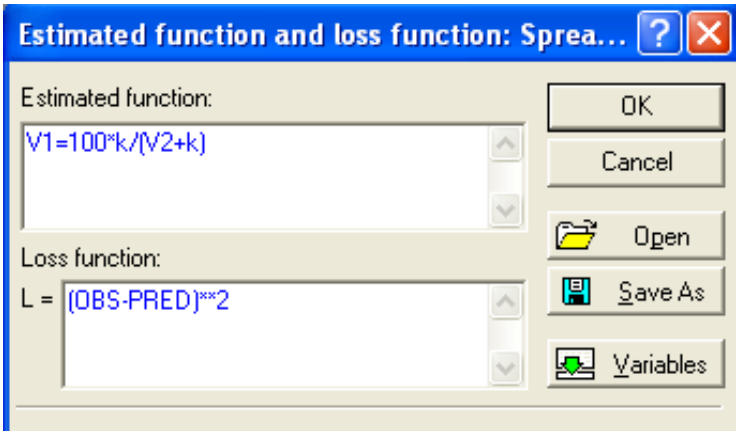


Рис. 2. Оценочная функция.

В появившееся окно «Estimated function» вводим формулу для вычисления функции.

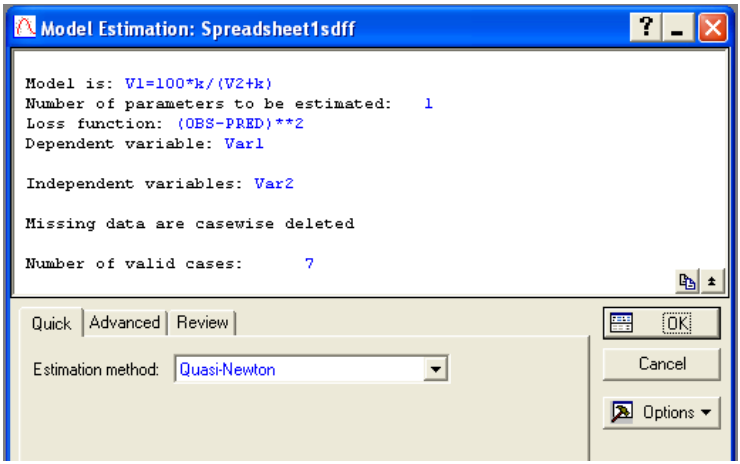


Рис. 3. Оценка модели.

Проверяем данные и нажимаем кнопку «ОК».

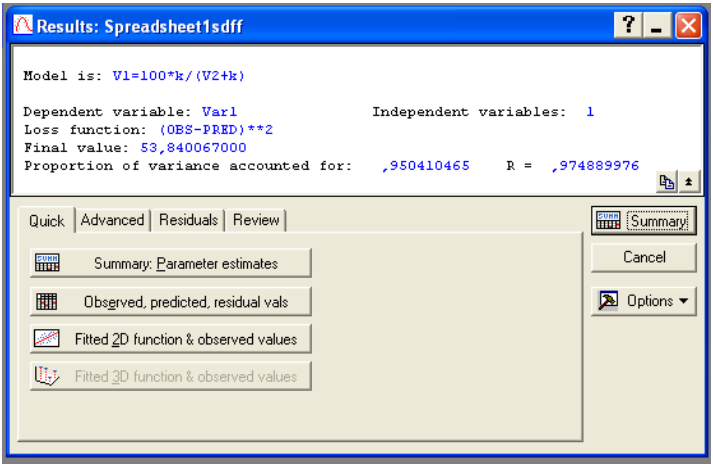


Рис. 4. Результаты.

Если данные верны, то нажимаем кнопку «Summary» и получаем значение k – оценка сходимости.

Чтобы получить гиперболическую зависимость результатов, надо нажать кнопку «Fitted 2D function».

Анализ полученных результатов показал, функция регрессии в виде гиперболической зависимости лучше описывает значения таблицы.

На рисунке 5 для примера представлен один из фрагментов результата применения указанных функций системы Statistica, а на рисунке 6 – графики установленных гиперболических зависимостей для доверительных вероятностей $P_д$= 0,9, 0,95 и 0,99.

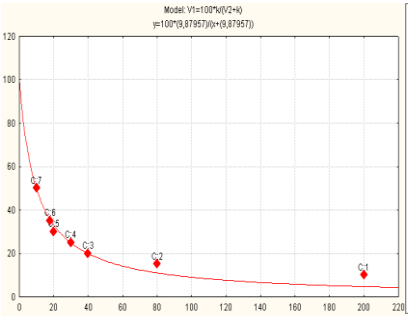


Рис. 5.

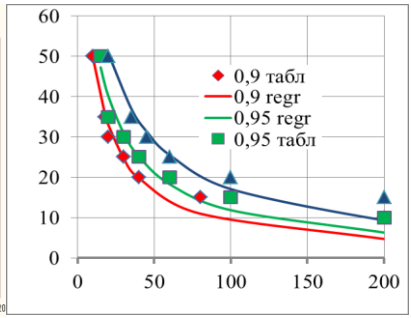


Рис. 6.

Преимуществом установленной функциональной зависимости является то, что можно для любого объема выборки n по заданной вероятности $P_д$ находить значения α_σ не используя таблицу.

Список литературы:

1. ГОСТ 8.508-84. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологические характеристики средств измерений и точностные характеристики средств автоматизации ГСП. Общие методы оценки и контроля. - введ. 30.06.1985. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – с.30.

2. *Журавлев Г.Т.* Использование ППП STATISTICA для обработки и анализа первичной социологической информации: учебно-практическое пособие (УПП). – 2-е изд. доп. и перераб. – М.: Российская Академия предпринимательства; Агентство печати «Наука и образование», 2008. – с.60.

FORMATION OF VOLUME OF SELECTION AT TESTS OF PRODUCTS

Fedorova E., Khusnullin K., Irgan V.
Supervisor: A. Sabitov, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
*(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev, Kazan)*

This article discusses the issue of choosing sample size to provide the necessary confidence. Details the definition of extrapolation and interpolation, and to find the necessary values of the regression analysis.

ПОДСЕКЦИЯ 4.5

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ НАЗЕМНЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 621.3:629.7

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛЕГКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ВМЕСТИМОСТЬЮ ОТ 2 ДО 6 ЧЕЛОВЕК

Алибек К.
Научный руководитель: В.Г. Новосельский, к.воен.н., доцент
(*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань*)

Представлен взгляд на развитие систем электроснабжения легких летательных аппаратов вместимостью до 6 человек.

В настоящее время в РФ стремительно развивается легкая авиация. Потребность в легких летательных аппаратах чрезвычайно высока. Развитие легкой авиации сдерживается недостатком отечественной авионики, ориентированной на легкие летательные аппараты. Выпускаемые промышленностью для авиации электротехнические, электромеханические и электронные системы и устройства предназначены для использования на крупных (магистральных) самолетах и непригодны по своим характеристикам для установки на легких летательных аппаратах.

Эффективность эксплуатации легких летательных аппаратов во многом определяется характеристиками системы электроснабжения (СЭС), ее надежностью и живучестью.

Анализ характеристик самолетов, которые можно отнести к легким летательным аппаратам, позволил создать лицо типового самолета этой категории.

На самолетах этой категории используются, в основном, следующие виды СЭС:

- система постоянного тока стабилизированного напряжения 12/14В и 24/28В автомобильного стандарта;
- система постоянного тока стабилизированного напряжения 24/28В и более авиационного стандарта;
- система переменного тока однофазного (трехфазного) 36В, 115В и выше;

- комбинированная система, включающая подсистемы переменного и постоянного тока.

В качестве основных источников электроэнергии в СЭС применяются генераторы переменного тока с выпрямительным блоком (для системы постоянного тока) или генераторы, непосредственно снабжающие переменим током бортовые потребители. Резервным (аварийным) источником электроэнергии являются аккумуляторы.

В настоящие время разработаны и эксплуатируются преобразователи (регуляторы), позволяющие подключить бортовые потребители как переменного, так и постоянного тока к системам электроснабжения не зависимо от рода тока, который они генерируют.

Кроме того, для питания потребителей не требуется стабилизированное напряжение. Преобразователи (регуляторы) получаемую бортовую электроэнергию преобразуют в электроэнергию с параметрами, которые соответствуют требованиям каждого потребителя.

Для оценки эффективности СЭС выбирается типовой летательный аппарат (например, самолет) разрабатывается для него СЭС на переменном токе, на постоянном токе, комбинированные и исследуются эти системы в различных режимах эксплуатации летательного аппарата.

Исследования осуществляются с помощью компьютерных S – моделей в среде MATLAB. В результате моделирования оцениваются и сравниваются однотипные показатели различных СЭС типового летательного аппарата при одинаковых режимах эксплуатации. По результатам сравнения выбирается наиболее эффективная СЭС для данного типа летательного аппарата.

В качестве математического аппарата используются вероятностные модели систем массового обслуживания.

Для оценки эффективности СЭС целесообразно использовать следующие показатели:

1. Вероятность отказа в обслуживании $P_{\text{отк}}$ – вероятность того что, что требуемый потребитель не будет подключен к подсистеме генерирования (не получит электроэнергию).

2. Абсолютная пропуская способность системы Q – среднее число потребителей, обслуживаемых системой в единицу времени (одновременно подключенных к бортовой подсистеме генерирования).

3. Относительная пропускная способность q – это средняя доля заявок, обслуживаемых

$$q = \frac{Q}{\gamma},$$

Значение q можно определить и через $P_{отк}$

$$Q = 1 - p_{отк}$$

4. Среднее число подключенных приборов (среднее значение требуемой мощности подсистемы генерирования)

$$N_з = \sum_{k=1}^{n} kP_k; \qquad N_з = \frac{Q}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu} q = \alpha q,$$

где $\alpha = t_{обсл}/t_З$ – параметр обслуживания (требуемая средняя мощность подсистемы генерирования), μ – интенсивность потока обслуженных заявок (поток отключенных потребителей)

5. Средняя длина очереди L – математическое ожидание числа заявок (потребителей), ожидающих обслуживания (подключения к бортовой сети). Тогда среднее число заявок, находящихся в системе $Y=N_З+L$.

6. Время ожидания обслуживания $t_{ож}$ – математическое ожидание времени пребывания заявки в очереди.

7. Среднее время пребывания заявки в системе

$$t_с = t_{ож} + t_{обсл}$$

где $t_{обсл}$ – среднее время обслуживания (подключенного состояния потребителя к подсистеме генерирования).

Выбор показателя для оценки эффективности СЭСЛА определяется целями (задачами) проводимого исследования.

Список литературы:

1. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. Учеб. для вузов/ Е.С. Вентцель, -10-е изд., стер М.: Высш. шк., 2006.-576 с.

2. *Сирота А.А.* Методы и алгорнгмы данных их моделирование: Учебное пособие/ А.А. Сирота. СПб.: БХВ- Петербург, 2007.-384 с

3. *Терещук В.С., Новосельский Б.Г., Шакирзянова Н.Ш.* Системы электрооборудования легательных аппаратов. Учебное пособие В.С. Терещук, В.Г. Новосельский, Н.Ш. Шакирзянова.- Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ,2017.-376с.

PROBABILISTIC MODELS OF ELECTRICAL EQUIPMENT SYSTEM OF FLIGHTING DEVICES

Alibek K.
Supervisor: V. Novoselsky, Candidate of Military Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

A view on the development of power supply systems for light aircraft with a capacity of up to 6 people is presented.

УДК 621.3

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ахмеров Р.И.
Научный руководитель: Н.Ш. Шакирзянова, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Описаны методы и алгоритмы программы, осуществляющей расчеты и анализы режимов работы системы электроснабжения постоянного тока транспортных средств при проектировании, модификациях и модернизации системы электроснабжения.

Описание самой программы дано в [1]. При анализе исследуются нормальные и частичные режимы работы первичной и вторичной сетей постоянного тока на различных этапах полета, аварийные режимы при отказах в системе генерирования, обрывах проводов первичной распределительной сети и коротких замыканий (КЗ) в сети.

В ходе проведения анализа решаются следующие задачи:

−расчет токов на участках цепей и напряжений в узлах расчетной схемы для нормального и директивных режимов с учетом изменения токораспределения по этапам полета;

−расчет токов на участках цепей и напряжений в узлах расчетной схемы для режимов короткого замыкания;

−определение максимальных токов участков и минимальных напряжений узлов схемы для нормального и директивных режимов;

−проверка проводов по предельно допустимому току;

−проверка по допустимому номинальному напряжению на зажимах потребителей;

−проверка правильности выбора аппаратов защиты (АЗ) по номинальному току, установленных в первичных и вторичных сетях;

−проверка защищаемости проводов аппаратами защиты;

−определение последовательности срабатывания АЗ в режимах КЗ и проверка селективности действия защиты;

−определение максимального, минимального и среднего времени отключения места КЗ от установившихся токов короткого замыкания с учетом технологического разброса времятоковых характеристик аппаратов защиты для проверки ограничения времени отключения места КЗ;

−проверка аппаратов защиты на устойчивость к токам короткого замыкания;

−проверка чувствительности аппаратов защиты.

Проверка правильности выбора аппаратов защиты осуществляется согласно [3] ОСТ 100195-76.

Расчет токов на участках цепей и напряжений в узлах расчетной схемы для нормальных и директивных режимов с учетом изменения токораспределения по этапам полета и расчет токов на участках цепей и напряжений в узлах расчетной схемы для режимов короткого замыкания осуществляется с помощью метода узловых потенциалов.

Ниже приведен расчет токов в ветвях и напряжений в узлах для нормального режима на примере электрической схемы, данной на рис. 1.

В этой схеме источниками электроэнергии G5 и G6 являются аккумуляторные батареи (АБ), потребителями – токи нагрузок шин (3 Ш.акк., 4 Ш.акк., 5 Ш.акк.).

Для проведения расчетов токов и напряжений методом узловых потенциалов для электрической схемы составляется расчетная схема (рис.2).

АБ представляется параметрами: - E_A - эдс разряда АБ и r_A - внутреннее сопротивление АБ.

К узлам, соответствующим шинам, подключены источники тока с токами равными токам нагрузок шин. Значения этих токов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Позиционное обозначение шины	Номер этапа полета	Ток нагрузки, (А)

3 Ш.акк.	4	J_{H1}=54,1
4 Ш.акк.	4	J_{H4}=50,1
5 Ш.акк.	4	J_{H5}=38,2

Сопротивления и проводимости участков расчетной схемы:

$R_3=2,26\times10^{-3}$Ом g_3=442,48См

$R_2=1,39\times10^{-3}$Ом g_2=719,42См

$R_4=11,217\times10^{-3}$Ом g_4=89,15См

$R_5=2,3328\times10^{-3}$Ом g_5=428,67См

$r_A=12,4\times10^{-3}$Ом g_A=80,65См

$g_{11}=g_2+ g_3+g_4+g_5$ =1679,72См $g_{22}=g_2+g_A$=800,07См

$g_{33}=g_A+g_3$=523,13См $g_{44}=g_4$=89,15См

$g_{55}=g_5$=428,67См

E_A=25,8В

E_Ag_A=2080,77А

Матричное узловое уравнение расчетной схемы имеет вид.

g_{11}	g_2	g_3	g_4	g_5	U_1	J_{H1}
g_2	g_{22}				U_2	$_Ag_A$
g_3		g_{33}			U_3	$_Ag_A$
g_4			g_{44}		U_4	J_{H4}
g_5				g_{55}	U_5	J_{H5}

Соответствующая этому матричному уравнению система приобретает вид:

$U_1g_{11}+U_2(-g_2))+U_3(-g_3)+U_4(-g_4)+ U_5(-g_5)=-54,1$

$U_1(-g_2)+U_2g_{22}= E_Ag_A$

$U_1(-g_3)+U_3g_{33}= E_Ag_A$

$U_1(-g_4)+U_4g_{44}=-50,1$

$U_1(-g_5)+U_5g_{55}=-38,2$

Далее дается решение этой системы уравнений.

$U_2=(E_Ag_A- U_1(-g_2))/g_{22}=0,9U_1+2,6;$

$U_3=(E_A g_A - U_1(-g_3))/g_{33}=0{,}85U_1+3{,}98;$
$U_4=(-50{,}1 - U_1(-g_4))/g_{44}=U_1-0{,}56;$
$U_5=(-38{,}2 - U_1(-g_5))/g_{55}=U_1-0{,}089.$
$U_1 = 25{,}23$В; $U_2 = 23{,}31$В; $U_3 = 25{,}43$В.
$U_4 = 24{,}67$В; $U_5 = 25{,}14$ВВ.
$I_3=(U_3-U_1)g_3=(25{,}43-25{,}23)\times 442{,}48=88{,}5$А;
$I_2=(U_2-U_1)g_2=(25{,}31-25{,}23)\times 719{,}42=57{,}55$А;
$I_5=(U_1-U_5)g_5=(25{,}23-25{,}14)\times 428{,}67=38{,}5$А;
$I_4=(U_1-U_4)g_4=(25{,}23-24{,}67)\times 89{,}15=49{,}925$А

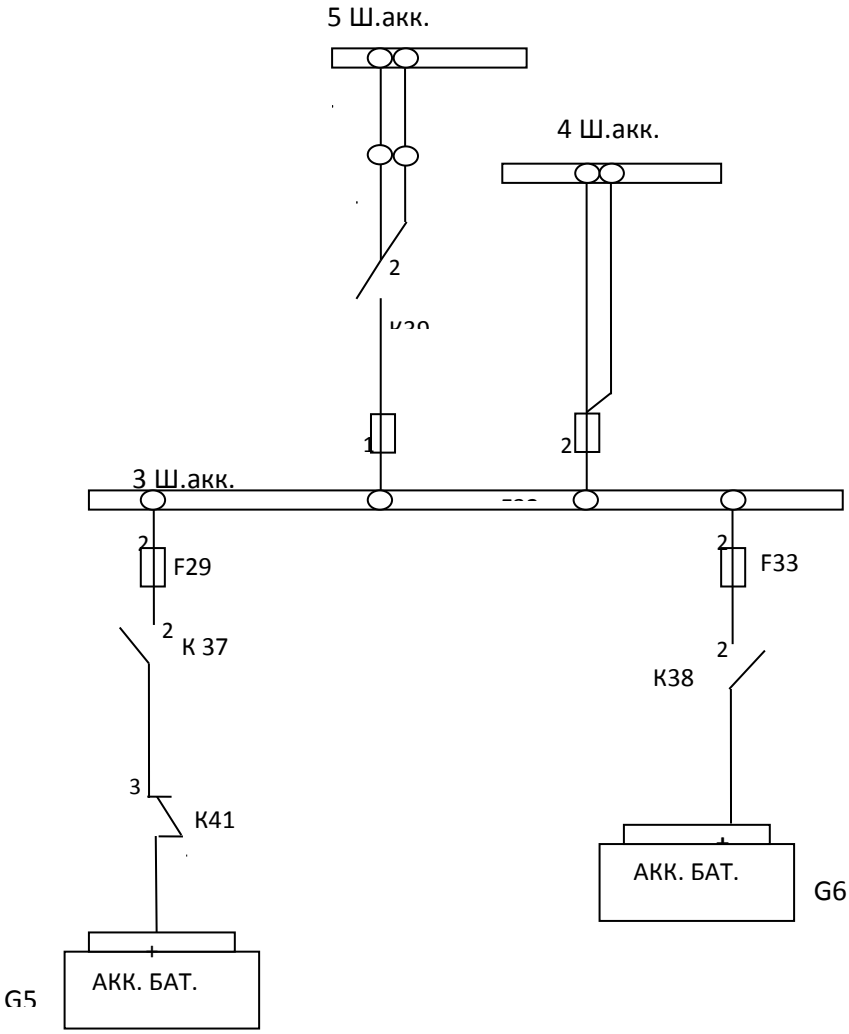


Рис.1. Электрическая схема

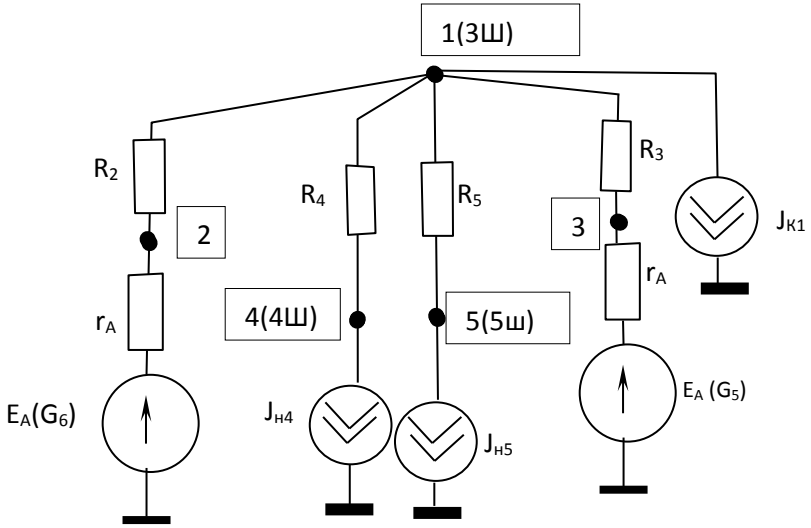


Рис.2 Расчетная схема

В результате определяются токи на участках цепей и напряжения в узлах расчетной схемы.

Список литературы:

1. *Федоров Е.Ю., Шакирзянова Н.Ш., Хайруллина Г.С.* Специализированное программное обеспечение для автоматизированного проектирования электротехнических комплексов летательных аппаратов Вестник КАИ №2 2016 г, с.78-84.

2. *Касаткин А.С., Немцов М.В.* Электротехника: Учебное пособие для неэлектротехн. спец. вузов - М.: Высш. шк., 2008.

3. ОСТ 100195-76. Аппараты защиты бортовых электрических сетей самолетов и вертолетов. М., 1976.

ANALYSIS OF OPERATING MODES OF THE POWER SUPPLY SYSTEM VEHICLE

Akhmerov R.
Supervisor: N. Shakirzyanova, Associate Professor

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

Methods and algorithms of programs that carry out calculations and analyzes of operating modes of DC power supply systems for vehicles during the design, modification and modernization of power supply systems are described.

УДК 621.3:629.7

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ АВИАЦИИ

Вьонг З.Х.
Научный руководитель: В.Г. Новосельский, к.воен.н., доцент
(*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань*)

Представлен взгляд на развитие систем электроснабжения нового поколения летательных аппаратов региональной авиации.

На повестке дня стоит вопрос о воссоздании региональной авиации для осуществления непрерывно растущих грузопассажирских потоков внутри региона и населенных пунктов прилегающих регионов. С этой целью проектируются и создаются самолеты с экономичными двигателями вместимостью 15-20 пассажиров.

Эффективность эксплуатации таких ЛА во многом определяется характеристиками системы электроснабжения (СЭС), ее надежностью и живучестью.

В качестве примера можно привести самолет **L-410 «Turbolet»** — девятнадцатиместный универсальный двухмоторный самолёт для местных воздушных линий (МВЛ). Версия с улучшенными взлетно-посадочными характеристиками имеет индекс L-410UVP-E20 [1]. Этот самолет разработан конструкторским бюро завода Let и предназначен для эксплуатации на неподготовленных грунтовых, травяных, снежных площадках, а также на аэродромах с короткими ВПП.

По состоянию на 2017 год в мире эксплуатируется более 300 L-410 разных модификаций.

В настоящее время эта машина производится на чешском заводе Let. Планируется развернуть серийное производство Л-410 в России на базе Уральского завода гражданской авиации (Екатеринбург).

Характеристики подобных Л – 410 легких самолетов приведены в таблице 1.

Что же послужило росту популярности данных самолетов? Ответ очевиден: все дело в том, что самолеты оказались очень надежными, весьма простыми в обслуживании и обладающими хорошими эксплуатационными показателями. Большая заслуга в этом принадлежит системе электроснабжения таких самолетов.

Таблица 1.

Характеристики	Be-76 Duchess	Beechcraft G58 Baron	Cessna 310	Рысачок	Evektor EV-55 Outback	L-410UVP	HVN 100
Размах крыла, м	11,58	11,6	10.67	18	16,10	19,98	20
Длина фюзеляжа, м	8,86	9,2	8.23	12,44	14,35	14,42	15
Высота пассажирского салона, м	2,89	2,9	3,2	5,38	4,66	5,83	6
Расстояние от подлокотников кресел до потолка салона, м^2	1,2	1,15	1,3	1,5	1,4	1,23	1,5
Ширина пассажирского салона, м							
на уровне пола	1,43	1,43	1,11	1,12	1,17	1,21	1,08
на уровне подлокотников	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52
на расстоянии 1,2 м от пола	1,32	1,60	1,43	1,60	1,15	1,3	1,7
Масса топлива, кг	528	528		1520		1000	1000
Тип двигателя	поршневой 2 × Lycomin	поршневой 2 × Continental IO-	поршневой 2 × Continen-	2 × ТВД General Elec-	турбовинтовой 2 х Pratt &	2 × ТВД Walter M601	2 × ТВД Walter M601

	g O-360-A1G6D	520-L	tal O-470-B - 2	tric H80	Whit-ney PT 6A-21	E	E
Мощность двигателя, л.с.	2 × 180	2 × 620	2 x 240	2 × 760	2 × 536	2 × 750	2 × 750
Максимальная скорость, км/ч	360	427	350	410	408	335	350
Крейсерская скорость, км/ч	285	370	330	400	370	310	320
Практический потолок, м	5990	6,000	6 096	6000		4250	4500
Практическая дальность полета, км	1445	2089	1 609	2000	2200	1410	1500
Посадочная скорость, км							
Экипаж, чел	1	1	1	2	2	2	2
Количество пассажиров, чел	3	6	4	10	9	19	20

На самолетах однотипных с Л-410 в качестве основного источника электроэнергии может использоваться система стабилизованного по напряжению трехфазного (однофазного) переменного тока и (или) система постоянного тока. В качестве аварийного источника электроэнергии используется аккумуляторные батареи. Уровень номинального переменного напряжения составляет, как правило 115/200В, а уровень постоянного напряжения 27В [4]. Характеристики самолетов, которые даны в таблице 1, позволяют представить лицо типового самолета этой категории (HVN100). Для этого типового самолета в качестве основной системы электроснабжения предлагается система переменного трехфазного тока напряжением 150/200В и выше нестабильной частоты. В качестве генератора используются синхронные трехфазные генераторы, количество которых определяется количеством двигателей самолета. В этом случае потребители постоянного напряжения питаются от управляемых выпрямителей, которые задают (формируют) номи-

нальное напряжение для каждого потребителя (индивидуально) или для групп однотипных потребителей. Потребители переменного напряжения нестабильной частоты питаются непосредственно от шин распределительных устройств, а потребители, требующие электроэнергию стабильной частоты питаются от непосредственных преобразователей частоты. Работа выпрямителей и преобразователей частоты управляется микроконтроллерами.

Таким образом, на входных клеммах каждого потребителя с помощью преобразователей (регуляторов) задаются необходимые параметры используемой электроэнергии. Следовательно, питание всех потребителей осуществляется с основных шин ЦРУ (РУ). Если корпус ЛА металлический, то он используется в качестве четвертого провода трехфазной системы электропитания. Если корпус выполнен из неэлектропроводного материала, то осуществляется прокладка минусовых жгутов.

Резервные источники электроэнергии (аккумуляторные батареи) в аварийном режиме (при отказах генераторов) подключаются к основным шинам бортовой сети через автономные инверторы, что повышает надежность и живучесть.

В настоящее время в среде MATLAB разрабатываются S-модели системы электроснабжения типового самолета и проводится их отладка для исследования эффективности системы электроснабжения [3].

Для оценки эффективности СЭС можно использовать вероятностные модели систем массового обслуживания и управления запасами [2].

Список литературы:

1. Электрооборудование самолета Л-410УВП: Методические указания по электрооборудованию самолета для курсантов специальности 24.03. - Кировоград:, КВЛУ ГА, 1989,-48 с.

2. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. Учеб. для вузов/Е.С. Вентцель, - 10-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2006. – 576 с.

3. Сирота А.А. Методы и алгоритмы анализа данных и их моделирование: Учебное пособие / А.А. Сирота. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.

4. *Терещук В.С., Новосельский В.Г., Шакирзянова Н.Ш.* Системы электрооборудования летательных аппаратов. Учебное пособие / В.С. Терещук, В.Г. Новосельский, Н.Ш. Шакирзянова. – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2017. – 376 с.

POWER SUPPLY OF NEW GENERATION OF AIRCRAFT FOR REGIONAL AVIATION

Vuong D.
Supervisor: V. Novoselsky, Candidate of Military Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

A view is presented on the development of power supply systems for a new generation of regional aviation aircraft.

УДК 621.311:622.276

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЁТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И РЕГЛАМЕНТИРУЮЩЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ

Гатауллин Р.Р.
Научный руководитель: А.А. Цой, к.т.н., доцент.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Существующие методы расчёта и требования к проектированию систем электроснабжения в нефте-газодобывающей отрасли не соответствуют современным условиям и тенденциям развития экономики. Актуализация нормативно-технической документации и методов расчёта нагрузок на объектах нефтедобычи остаётся нерешённой проблемой в наши дни.

Расчёт электрических нагрузок является одной из основных задач при проектировании системы электроснабжения. Режимы функционирования системы, выбор элементов сети, экономичность работы во многом будут определяться техническими решениями, принятыми при её проектировании. Как правило, проектирование таких систем опирается на инструктивные, нормативно-технические документы. Соответствие последних требованиям времени и новым техническим веяниям предопределяет качество строительных работ, успешную модернизацию действующих объектов.

В настоящее время при проектировании систем электроснабжения нефтяных промыслов массового типа (нагнетающих, добывающих скважин, объектов сбора нефти, арматуры, групповых замерных установок, кустовых насосных станций, дожимных насосных станций и др.) используются следующие основные методы расчета нагрузок.

1. Расчётная нагрузка $P_м$ определяется путем умножения номинальной мощности $P_н$ на коэффициент K, зависимость меньший

единицы (например, метод коэффициента спроса $К_с$, метод коэффициента использования $К_и$)

$$P_м = K \cdot P_н.$$

2. Расчётная нагрузка $P_м$ определяется путем умножения средней нагрузки $P_с$ на некоторый коэффициент $К$, больший или равный единице (например, по методу упорядоченных диаграмм - на коэффициент максимума $К_м$), или путем добавления к средней нагрузке некоторой величины ΔP, характеризующей отклонение расчетной нагрузки от средней (например, статистический метод, метод вероятностного моделирования):

$$P_м = K \cdot P_с. \text{ или } P_м = P_с + \Delta P.$$

3. Расчётная нагрузка $P_м$ определяется по удельным показателям производства G (например, метод удельного расхода электроэнергии):

$$P_м = K \cdot G.$$

Применение первых двух групп методов расчёта в области значений коэффициента использования $K_И \geq 0{,}6$, характерной для нефтепромысловых установок массовых типов, показывает, что при увеличении $К_и$ коэффициент максимума $К_м$ уменьшается, стремясь к единице, а коэффициент спроса $К_с$ увеличивается, стремясь к $К_и$. При этом $P_м = K_м \cdot P \approx P_н$, при эффективном числе электроприемников $n_э<10$, характерном для КТП 10/0,4 кВ кустов и площадок. [1]

Следовательно, при расчёте электрических нагрузок, вне зависимости от метода, который мы применяем, при $K_И \geq 0{,}6$ расчетная нагрузка $P_м$ становится практически равной номинальной мощности $P_н$ установки, что не соответствует фактическим данным ни по одному из технологических процессов при добыче нефти.[3]

Современные проектировщики электроснабжения в своей работе опираются на общероссийские документы, основным из которых остаются Правила устройства электроустановок (ПУЭ), которые постепенно обновляются и публикуются отдельными разделами. Но для полноценной и правильной работы инженера-энергетика одних только ПУЭ недостаточно, необходимы ещё

Строительные нормы и правила (СНиП), дополняющие и взаимосвязанные с Правилами устройства электроустановок.

Наряду с общероссийскими документами существуют региональные отраслевые документы, в частности, регламентирующие решение вопросов электроснабжения месторождений нефти и газа. Регионом, для которых тема электроснабжения объектов нефтедобычи освещена достаточно полно, является Западная Сибирь. Обусловлено это тем, что регион имеет свои особенности, касающиеся электросетей: суровые климатические условия, большая территориальная разбросанность нефтепромыслов, отсутствие транспортных и коммуникационных связей, наличие крупных технологических объектов, разбросанных на обширной территории.

Основным разработчиком руководящих нормативно-технических документов в советское время выступала организация Гипротюменнефтегаз совместно с Министерством нефтяной промышленности СССР.

Одними из таких документов являются:

• ВНТП-3-85 «Нормы технологического проектирования объектов сбора, транспорта, подготовки нефти, газа и воды нефтяных месторождений» (Миннефтепром СССР, 1986 г.);

• РД 39-0147323-803-89-Р «Указания по расчету и регулированию электрических нагрузок и потребления предприятий нефтяной промышленности» (Главтюменнефтегаз, Гипротюменнефтегаз, 1989 г.). [2]

Эти документы используются на практике до наших дней. Хотя не существует уже вышеуказанных организаций, нет централизованной экономики, на которую были «заточены» эти документы. Обусловлено это тем, что, на сегодняшний день, нет действующих современных аналогичных указаний и норм, отвечающих требованиям сегодняшней рыночной экономики и условиям частной собственности, где уже не нужно учитывать «народнохозяйственный ущерб», а необходимо точно и грамотно оценивать прибыль и упущенную выгоду и т.д.

За 20 и более лет существования вышеуказанных документов существенно изменились и начальные условия, имеющиеся у проектировщика в процессе проектирования систем электро-

снабжения. Если раньше технологическая схема разработки месторождения имелась со всеми перспективами технологических и нагрузочных показателей на пять, десять лет вперёд, то в настоящее время проектирование ведётся с расчётом на ближайшие 2-3 года. Более того, условия разработки могут меняться даже в процессе проектирования. Такие малые сроки продиктованы изменившимся в меньшую сторону дебитом скважин (в 80-90 гг. существовали так называемые «фонтанные скважины», для которых не требовалось механизированных способов добычи), малыми запасами и объёмами добычи вновь разрабатываемых месторождений. Также появились технические и экономические возможности применения на нефтяных месторождениях собственных источников электроэнергии, в частности, газотурбинных, газопоршневых установок, работающих на очищенном попутном газе, который раньше попросту сжигался. Эти установки включаются не отдельно, как резервные, а параллельно энергетической системе, что разгружает существующие сети и снижает потребление энергии от районных и распределительных сетей. Такие установки не были учтены в методах расчёта и распределения электроэнергии и указаниях к проектированию энергоснабжения нефтепромыслов времён СССР. [5]

Приведённые факты – далеко не весь перечень, определяющий особенности проектирования современных систем электроснабжения нефтяных месторождений. С учётом изложенного можно с уверенностью сказать, что на сегодняшний день ощущается острый недостаток современных, отвечающих требованиям рыночной экономики и учитывающих специфику сегодняшних методов и технологий нефтедобычи, нормативно-технических документов. Это является очень сложной технической задачей, требующей от её составителей опыта работы и осведомлённости в сфере проектирования и эксплуатации современных систем электроснабжения и разработки нефтяных месторождений в совокупности.

Координаторами такого вида деятельности могут выступать Ассоциация энергетиков нефтяной и газовой промышленности и производители электрооборудования. Разрабатываемые документы должны носить рекомендательный характер, все содержащиеся

в них нормы и положения должны быть экономически обоснованы и соответствовать современной практике проектирования, строительства, эксплуатации и функционирования систем электроснабжения нефтяных месторождений. Конечно же, создание таких документов невозможно представить без поддержки со стороны ведущих нефтяных компаний, а также Минэнерго РФ, Госэнергонадзора и, возможно, других надзорных и контролирующих органов федерального уровня.

Список литературы:

1. *Кудряшов Р.А., Новоселов Ю.Б., Фрайштетер В.П.* О причинах завышения расчетных электрических нагрузок на нефтяных месторождениях Западной Сибири//Промышленная энергетика. – 1986. – Вып. 6. – С. 18-21.

2. Нормативная база проектирования электроснабжения нефтяных месторождений/Р.А. Кудряшов, З.А. Малкова, Ю.Б. Новосёлов, В.П. Фрайштетер//Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 3. – С. 76-78.

3. *Кудряшов Р.А., Кудряшова О.М.* Роль методического фактора при уточнении расчетного максимума мощности для нефтедобывающих предприятий//Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 3. – С. 82-83.

4. Обоснование уровней электропотребления и электрических нагрузок при проектировании электроснабжения нефтяных месторождений/Р.А. Кудряшов, Ю.Б. Новоселов, В.П. Фрайштетер, Д.В. Евсеенко//Нефтяное хозяйство. – 2002. – № 7. – С. 39-41.

5. Опыт использования электростанций для утилизации попутного газа на нефтепромысловых объектах Татарстана/ Маловеев В.В., Шаталов А.Н., Гревцов В.М., Сахабутдинов Р.З. //Нефтепромысловое дело. —2012. — №8. — С.42-47

IMPROVEMENT OF CALCULATIONS OF ELECTRICAL LOADS AND REGULATING DOCUMENTATION AT ENGINEERING OF ELECTRICAL SUPPLY SYSTEMS OF OIL FIELDS

Gataullin R.
Supervisor: A. Tsoi, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The existing methods of calculation and the requirement to engineer systems of electrical power supply in oil and gas extraction branch don't correspond to the modern conditions and tendencies of development of economy. Updating of the specifications and technical documentation and methods of calculation of loads on objects of oil production remains an unresolved problem today.

УДК 621.3.09

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ПРЯМОМ УДАРЕ МОЛНИИ В КАБИНУ АВТОМОБИЛЯ «КАМАЗ»

Гильфанов Н.К.
Научный руководитель: Р.Р. Гайнутдинов, к.т.н.,
старший преподаватель
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной работе предложен подход для прогнозирования электромагнитных помех в интерфейсных линиях связи электронных систем автомобиля «КАМАЗ» при прямом ударе молнии. Рассмотрен случай прямого удара молнии в кабину автомобиля «КАМАЗ».

В наши дни автомобиль является самым распространённым видом транспортного средства. В настоящее время, в автомобилестроении широко внедряются новые материалы и технологии при производстве конструкционных элементов. Так широкое внедрение получают композитные материалы в конструкциях автотранспортных средств. Но улучшая массогабаритные характеристики материала, ухудшаются электромагнитные. В связи с чем, важнейшей проблемой становится обеспечение помехоустойчивости бортового оборудования автомобиля к внешним электромагнитным воздействиям [1, 2, 3] и, в частности, к воздействию разрядов молнии [4,5,6]. Помехоустойчивость бортового оборудования, в основном, определяет надежность и качество его функционирования.

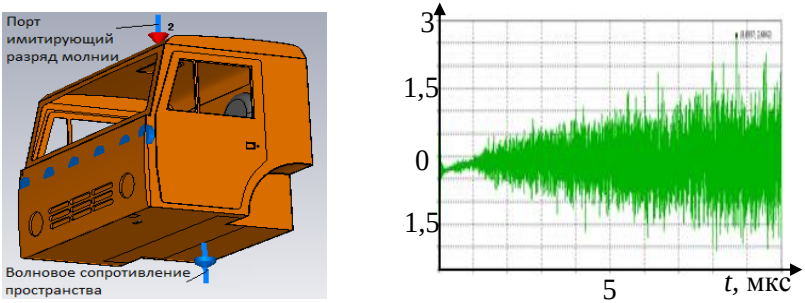
Целью данной работы является исследование электромагнитной обстановки и электромагнитных помех в линиях связи электронных систем при прямом разряде молнии в кабину автомобиля «КАМАЗ».

Для прогнозирования помехоустойчивости бортового оборудования автомобиля при воздействии мощных электромагнитных

импульсов предлагается применять программные реализации численных методов на основе разработки имитационных моделей [7].

Ниже рассматривается воздействие прямого разряда молнии в кабину автомобиля «КАМАЗ». Кабина имеет длину – 1830 мм, ширину – 2490 мм, высоту – 1875 мм, толщину материала 2 мм, тип материала композит (углепластик). Для проведения моделирования используется интерфейсные связи – CAN 2.0B. Длина линий связи интерфейса изменяется от 360 мм до 2360 мм (на концах установлена нагрузка 100 Ом, имитирующая бортовое оборудование) (рис. 1а).

Максимальное значение электромагнитных помех в интерфейсных линиях связи при прямом ударе молнии наблюдается в линии связи длиной 1860 мм. Пример электромагнитной помехи в данной линии связи представлен на (рис.1б).



а) б)

Рис. 1. Графическое представление имитационной модели
(а – модель кабины автомобиля «КАМАЗ»;
б – осциллограмма помехи в линии связи)

Сводные результаты исследований показывают, что уровни электромагнитных помех (рис. 2) в интерфейсных линиях связи достигают достаточно больших значений, что может привести к нарушению качества функционирования электронных систем автомобиля «КАМАЗ».

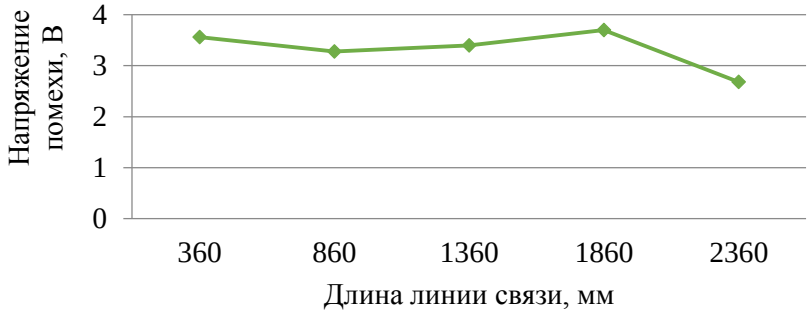


Рис. 2. Сводные результаты исследования электромагнитных помех в интерфейсных линиях связи

Список литературы;

1. *Гайнутдинов Р.Р., Чермошенцев С.Ф.,* Методология обеспечения внутрисистемной электромагнитной совместимости бортового оборудования беспилотных летательных аппаратов // Изв. ВУЗов. Авиационная техника. 2016. № 4. С. 155–161.

2. *Гайнутдинов Р.Р., Чермошенцев С.Ф.* Прогнозирование внутрисистемной электромагнитной совместимости беспилотных летательных аппаратов // Вестн. Каз. гос. техн. ун-та имени А.Н. Туполева. 2014. № 4. С. 124-130.

3. *Gaynutdinov R.R., Chermoshentsev S.F.* Study Electromagnetic Disturbance in the Coupling Path of Aircraft at Interaction Microsecond Electromagnetic Pulses // IEEE 2017 18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, Erlagol, Altai – 29 June – 3 July, 2017: proceedings. Novosibirsk, 2017. P. 147-150.

4. *Chermoshencev S.F., Gaynutdinov R.R.* Modeling the External Electromagnetic Influences on the Complex Electronic Equipment // Proceedings of 2015 XVIII IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), May 19-21, 2015. St. Peterburg, 2015. P. 90-92.

5. *Gaynutdinov R.R., Chermoshentsev S.F.* Study of Lightning Strike Impact on Unmanned Aerial Vehicle // IEEE 2016 17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and

Electron Devices, Erlagol, Altai, 30 June – 4 July, 2016: proceedings. Novosibirsk, 2016. P. 428-432.

6. *Gaynutdinov R.R., Chermoshentsev S.F.* Study of Impact Lightning at of Electromagnetic and Thermal Stability of Fuselage of Unmanned Aerial Vehicle // 2016 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE'2016), September, 22-23, 2016, Saratov: conf. proc. Saratov, 2016. Vol. 2. P. 241-246.

7. *Гайнутдинов Р.Р., Чермошенцев С.Ф.* Помехоустойчивость бортового оборудования беспилотного летательного аппарата при прямом разряде молнии // Вестн. Каз. гос. техн. ун-та имени А.Н. Туполева. 2015. № 6. С. 143-148.

MODELING OF NOISE IMMUNITY IN CASE OF DIRECT LIGHTNING STRIKE INTO THE COCKPIT OF THE CAR "KAMAZ"

Gilfanov N.
Supervisor: R. Gaynutdinov, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

In this paper, we propose an approach for predicting electromagnetic interference in the communication lines of interfaces with a direct lightning strike. The case of a direct lightning strike into the cab of the «KAMAZ» vehicle is considered.

УДК 628.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ УСТРОЙСТВ

Загидуллин Р.Р.
Научный руководитель: Р.И. Салимов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье приводятся результаты исследований по решению задач электромагнитной совместимости светодиодных устройств. Сделаны выводы по решению задачи электромагнитной совместимости светодиодных устройств.

Современные здания оборудованы множеством цифровой, телекоммуникационной, электронной и другими видами оборудования, которые имеют низкий уровень защиты от перенапряжений и импульсных помех. Вследствие невысокого качества электропитания на некоторых промышленных предприятиях происходит повреждение электронной техники систем и оборудования.

При проведении монтажных и проектных работ, а также при эксплуатации объекта при проведении мероприятий по электромагнитной совместимости (ЭМС) нельзя рассматривать различные типы оборудования, коммуникации и различные системы отдельно друг от друга.

Светодиодное оборудование также нуждается в защите от электромагнитных помех и само может являться источником помех, так как при включении устройство начинает потреблять импульсный ток, как показано на рисунке 1.

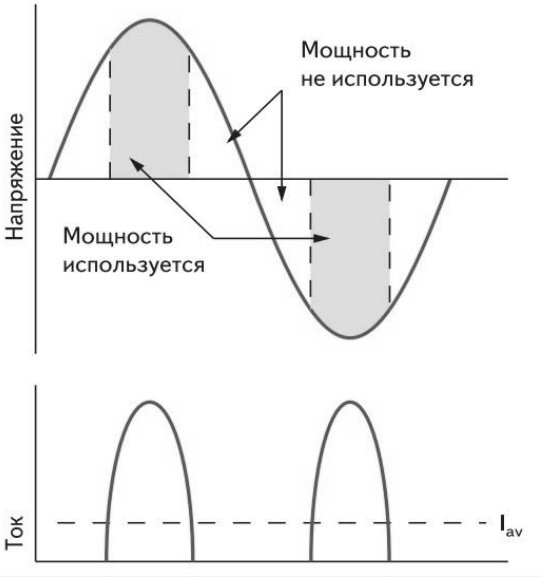


Рис. 1. Форма сигналов

Вследствие этого в сети переменного напряжения появляются искажения синусоидальной формы тока.

Для урегулирования проблемных вопросов ЭМС светового оборудования применяется национальный стандарт ГОСТ Р 51318.15-99 [1]. Этот стандарт накладывает ограничения на интенсивность радиопомех на частотах от 9 кГц до 30 МГц. При этом контролируются не только излучаемые радиопомехи, но и напряжение помех на сетевых (входных) зажимах и (в случае самостоятельного блока питания или управления) на зажимах для подключения нагрузки [2].

С целью соответствия требованиям стандарта [1] необходимо правильно подобрать элементы питающей схемы светодиодных устройств, а именно драйверы и сглаживающие конденсаторы.

Под словом драйверы понимается блок питания для преобразования входного напряжения сети питания. Важно выбрать такой драйвер, у которого в схеме будет присутствовать токоограничивающий резистор. При правильной работе такой драйвер не будет

перегреваться и светодиоды не будут перегорать. На рисунке 2 приведен пример наиболее эффективной схемы драйвера с защитой, построенной на элементах *R1* и *C1*.

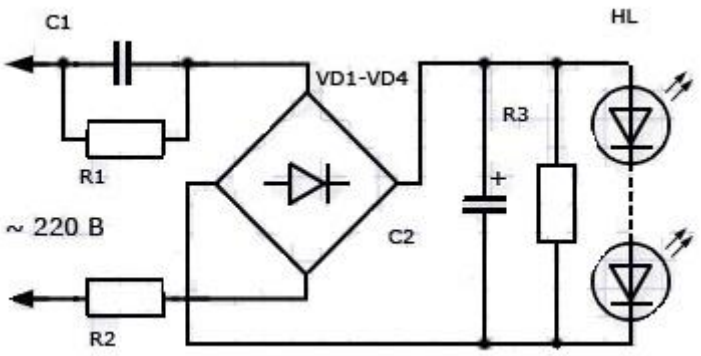


Рис. 2. Схема драйвера с защитой цепи светодиодов.

Таким образом, при решении задачи электромагнитной совместимости использования светодиодных устройств в электрических сетях обязательным условием является соответствие источника питания национальному стандарту ГОСТ Р 51318.15-99.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 51318.15-99 (СИСПР 15-96) Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи индустриальные от электрического светового и аналогичного оборудования. Нормы и методы испытаний // М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. С. 639–656.

2. Полупроводниковая светотехника №2 2009 // изд. ЗАО «Медиа Группа Файнстрит», 2009. С. 32-33.

STUDY OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF POWER SOURCES OF THE LED DEVICES

Zagidullin R.
Supervisor: R. Salimov, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev, Kazan)

In this article the results of studies on solving electromagnetic compatibility problems of LED devices are presented. Comparative analysis of power supplies. Conclusions are drawn on the solution of the problem of electromagnetic compatibility of LED devices.

УДК 621.3:629.7

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ КАК СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Иванов Д.Ю., Соколова А.Ф.
Научный руководитель: В.Г. Новосельский, к.воен.н., доцент
(*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань*)

Представлен подход к оценке эффективности систем электроснабжения летательных аппаратов как одно номенклатурных систем управления запасами. В качестве предмета запаса на борту летательного аппарата рассматривается «запас» электроэнергии (электрической мощности).

Важнейшим условием успешного функционирования систем электроснабжения летательных аппаратов (СЭСЛА) является своевременное обеспечение бортовых потребителей электроэнергией требуемых параметров.

Качественное решение этой задачи предполагает наличие на борту ЛА запасов мощности в подсистеме генерирования электроэнергии. Это обуславливается тем, что при работоспособном состоянии СЭСЛА должна обеспечить бесперебойное питание электроэнергией бортовых потребителей (в соответствии с потоком «заявок») на всех режимах эксплуатации ЛА. В неработоспособном состоянии СЭСЛА должна иметь «запас» электроэнергии для питания потребителей, обеспечивающих аварийный режим эксплуатации ЛА. Таким образом, СЭСЛА может быть представлена как одно номенклатурная система управления запасами (СУЗ). Поэтому для оценки эффективности СЭСЛА может быть использован математический аппарат теории управления запасами [1], которая изучает системы, связанные с накоплением, расходованием и пополнением материальных ресурсов и называемые СУЗ.

При анализе и синтезе СУЗ необходимо учитывать структуру исследуемой системы (СЭСЛА), ее параметры, свойства параметров запаса, характер спроса и характер пополнения.

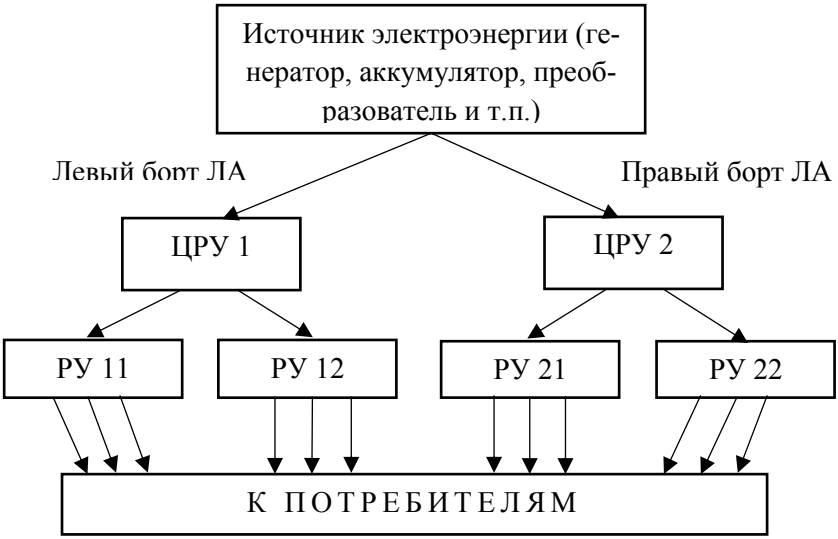


Рис. 1. Типовая структура (пирамидальная) СЭСЛА

Одна из типовых структур СЭСЛА представлена на рис. 1 [3].

ЦРУ – центральное распределительное устройство, РУ – распределительное устройство.

Особенностью СЭСЛА как СУЗ является следующее:

1. Объем запаса электроэнергии (мощности) уменьшается на значение требуемой мощности для конкретного потребителя в момент его подключения к подсистеме генерирования и увеличивается на это же значение при его отключения. Это означает, что момент подключения потребителя рассматривается как поставка определенного объема заказа (электроэнергии), а отключение этого потребителя – как пополнения запаса на этот же объем (электроэнергии).

2. Контроль объема запаса электроэнергии (мощности) в СЭСЛА осуществляется в моменты включения и отключения потребителей в соответствии с потоком заявок (спросом).

3. Потоки заявок на подключение (λ) и отключение (μ) потребителей являются простейшими (пуассоновскими).

4. СЭСЛА не смотря на различие в структуре могут рассматриваться как однокаскадные одно номенклатурные СУЗ, так как

все запасы (электроэнергии) сосредоточены в подсистеме генерирования.



Рис. 2. Стратегия ($y_{кр}$, y_0) для СЭСЛА. Моменты подключения потребителей: $t_{п1}$, $t_{п2}$, …, $t_{п7}$ ($t_{пi}$, $i = 1, k$; интенсивность потока λ). Моменты отключения потребителей: $t_{о1}$, $t_{о2}$, …, $t_{о7}$ ($t_{оj}$; $j = 1, n$; интенсивность потока μ; $n = k$ – число потребителей электроэнергии).

5. Таким образом, СЭСЛА могут рассматриваться как одно-каскадные СУЗ при вероятностном дискретном спросе.

6. Для одно номенклатурной СУЗ стратегия ($y_{кр}$, y) – стратегия двух уровней является предпочтительной. В ней спрос определяет и момент подачи заказа и его объем. Для СЭСЛА стратегия управления запасами электроэнергии представляет собой стратегию ($y_{кр}$, y_0) (рис. 2).

7. Для СЭСЛА может быть реализована и другая стратегия, например, стратегия (T, y). Это зависит от цели исследования, исходных данных, ограничений и структуры СУЗ.

Основной особенностью управления запасами электроэнергии при вероятностном спросе является то, что теоретически нельзя исключить дефицит, а можно только обеспечить требуемое значение вероятности возникновения дефицита электроэнергии. Поэтому методика определения этого показателя для однокаскадной одно номенклатурной СУЗ рассматривается при следующих предположениях:

- дискретный вероятностный стационарный спрос представляет простейший поток требований интенсивностью λ на подклю-

чение потребителей к подсистеме генерирования (мгновенная поставка соответствующего объема электроэнергии);

- стратегия управления запасами электроэнергии типа (T, y_0) – периодическая с пополнением соответствующего отключаемому потребителю объема электроэнергии до уровня y_{0j};

- поставка электроэнергии осуществляется мгновенно, а ликвидация дефицита – накоплением требований до очередной поставки.

Эффективность управления запасами электроэнергии будет характеризовать вероятность возникновения дефицита $q(y_{кр})$ или вероятность его отсутствия $r(y_{кр})=1-q(y_{кр})$ в течение периода между поставками электроэнергии.

Дефицит в течение периода между поставками электроэнергии отсутствует, если число требований k на подключение за период не превысит по объему y.

Так как спрос представляет простейший поток требований, то вероятность P_k того что за время T в систему поступит ровно k требований на объем запаса электроэнергии, определяется по формуле Пуассона

$$P_k = \frac{a^k}{k!} e^{-a}, \qquad (1)$$

где $a=\lambda T$ – среднее ожидаемое число требований на объем электроэнергии за время T.

Дефицит отсутствует при $y_{0k} \geq y_{кр}$ ($k = 0, 1, 2, \ldots, n$), n – число потребителей электроэнергии на борту ЛА, т.е.

$$r(y_{0k}) = \sum_{k=0}^{n} P_k = \sum_{k=0}^{n} \frac{a^k}{k!} e^{-a}. \qquad (2)$$

Для определения вероятности возникновения дефицита при стратегии управления ($y_{кр}$, y_0) строится граф состояний СУЗ (рис. 3).

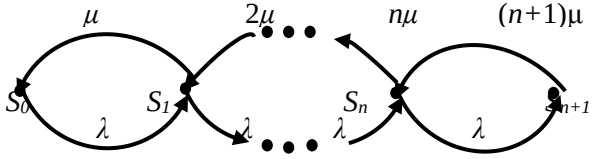


Рис. 3. Граф состояний одно номенклатурной СУЗ (СЭСЛА).

При заданном y состояние СУЗ (СЭСЛА) y_0 в любой момент времени полностью определяется числом заявок k на объемы запаса электроэнергии, поданных в подсистему генерирования. Действительно, если СУЗ находится в состоянии S_k (k = 0, 1, …, n, n + 1), то это означает, что подано k заявок на поставку объемов электроэнергии, а в подсистеме генерирования имеется $y - y_{0k}$ запаса электроэнергии (при $k = n + 1$ имеет место дефицит электроэнергии). Переход СУЗ из состояния S_k в состояние S_{k+1} (k = 0, 1, …, n) происходит под воздействием потока требований интенсивности λ, а переход из S_k в S_{k-1} (k = 1, 2, …, n + 1) – под воздействием потока требований интенсивности $k\mu$.

Граф состояний (рис. 3) соответствует (n + 1) – канальной системе массового обслуживания (СМО) с отказами. Следовательно, вероятность возникновения дефицита есть вероятность попадания СУЗ в состояние S_{n+1}, а стационарное значение этой вероятности определяется формулами Эрланга [1], [2]:

$$q_0(y_{\text{кр}}) = \frac{a^{n+1}}{(n+1)!}\left[\sum_{k=0}^{n+1}\frac{a^k}{k!}\right]^{-1}, \quad a = \frac{\lambda}{\mu}. \qquad (3)$$

Стационарная вероятность достаточности запаса электроэнергии

$$r_0(y_{\text{кр}}) = 1 - q_0(y_{\text{кр}}) = \sum_{k=0}^{n}\frac{a^k}{k!}\left[\sum_{k=0}^{n+1}\frac{a^k}{k!}\right]^{-1}. \qquad (4)$$

Физически $q_0(n)$ – это средняя доля времени, в течение которого в подсистеме генерирования имеет место дефицит электроэнергии, а $r_0(n)$ – доля времени, в течение которого он отсутствует. $r_0(n)$ можно рассматривать как составляющую коэффициента готовности СЭСЛА, характеризующую своевременность обеспечения потребителей электроэнергией.

Список литературы:

1. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. Учеб. для вузов/ Е.С. Вентцель, - 10-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2006. – 576 с.

2. *Сирота А.А.* Методы и алгоритмы анализа данных и их моделирование: Учебное пособие / А.А. Сирота. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.

3. *Терещук В.С., Новосельский В.Г., Шакирзянова Н.Ш.* Системы электрооборудования летательных аппаратов. Учебное пособие / В.С. Терещук, В.Г. Новосельский, Н.Ш. Шакирзянова. – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2017. – 376 с.

ELECTRIC SUPPLY SYSTEM OF FLIGHTING EQUIPMENT AS RESERVOIR CONTROL SYSTEMS

Ivanov D., Sokolova A.
Supervisor: V. Novoselsky, Candidate of Military Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The approach to the evaluation of the efficiency of aircraft power supply systems as single-item inventory management systems is presented. As a subject of stock on board an aircraft, the "reserve" of electricity (electric power) is considered.

УДК 621.3:629.7

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Иванов Д.Ю., Соколова А.Ф.
Научный руководитель: В.Г. Новосельский, к.воен.н., доцент
(*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань*)

Представлен вероятностный (стохастический) подход к оценке эффективности систем электроснабжения летательных аппаратов.

Учет случайных факторов необходим при исследовании процессов эксплуатации, ремонта и обеспечения систем авиационных комплексов, при оценке их эксплуатационной эффективности, разработке СЭОЛА и обосновании технических требований к этим системам.

Множество $S = \{S_0, S_1, S_2, \ldots, S_k\}$ возможных состояний системы и множество возможных ее переходов из одного состояния в другое можно представить в виде ориентированного графа (рис. 1), вершинам которого соответствуют состояния системы, а дугам – возможные переходы системы из одного состояния в другое. При этом можно определить значения вероятностей $P_k(t)$ того, что в момент времени t система обязательно находится в одном из возможных состояний S_k.

Так как в любой момент времени t система обязательно находится в одном из возможных ее состояний, то при любом t справедливо нормировочное условие

$$\sum_{k=1}^{N} P_k(t) = 1, \qquad (1)$$

где N+1 – число возможных состояний системы.

Совокупность функциональных соотношений и логических условий, позволяющих вычислить значения вероятностей $P_k(t)$ для $k = 0,\ldots N$, и представляет собой ***вероятностную модель системы***.

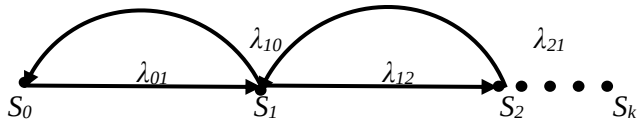


Рис. 1. Ориентированный граф состояний системы

Множество *S* можно определить, как множество допустимых комбинаций возможных состояний элементов системы. Кроме того, каждое состояние системы можно охарактеризовать конкретной комбинацией численных значений ее параметров.

Для определения закономерности перехода системы из одного состояния в другое, каждый переход рассматривается как результат воздействия на систему некоторого случайного потока событий интенсивностью λ (среднее число событий в единицу времени). Для систем электроснабжения ЛА поток событий представляет собой поток отказов систем, поток требований на подключение потребителей к устройствам генерирования электроэнергии или поток требований на отключение потребителей от устройств генерирования электроэнергии [3].

Поток событий, обладающий такими свойствами, как стационарность, ординарность и отсутствие последействия является простейшим, для которого число событий, попадающих на любой участок, распределено по закону Пуассона. Это означает, что вероятность попадания ровно k событий на участок (t_0, $t_0 + \tau$) определяется выражением [1], [2]

$$P(k) = \frac{a^k}{k!} e^{-a}, k = 0, 1, 2, ..., \quad (2)$$

где a – среднее число событий, приходящихся на участок τ. Для простейшего потока $a = \lambda \tau$.

Для пуассоновского потока событий можно определить закон распределения $F(t)$ интервала времени между событиями. Так как $F(t)$ – вероятность того, что на участок длительности t попадет хотя бы одно событие, то

$$\left.\begin{aligned} F(t) &= 1 - P(0) = 1 - e^{-\lambda t}; \\ f(t) &= F'(t) = \lambda e^{-\lambda t}, t \geq 0. \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

Математическое ожидание M_t, дисперсия D_t и среднее квадратическое отклонение σ_t случайной величины, распределенной по показательному закону, определяются соотношениями [1]

$$M_t = \lambda \int_0^\infty te^{-\lambda t}dt = \frac{1}{\lambda};\ D_t = \frac{1}{\lambda^2};\ \sigma_t = \frac{1}{\lambda}. \qquad (4)$$

Простейшие потоки событий довольно часто встречаются на практике, так как суммарный поток, образующийся при взаимном наложении достаточно большого числа стационарных и ординарных потоков с последействием (что часто имеет место на практике) является простейшим.

Поэтому, если переход системы из состояния S_i в состояние S_j происходит под воздействием L простейших потоков (λ_l (l = 1, L)), то

$$\lambda_{ij} = \sum_{l=1}^{L} \lambda_l.$$

Таким образом, каждой дуге (i, j) графа состояний можно поставить в соответствие интенсивность суммарного потока событий. Такому графу состояний соответствует квадратная матрица интенсивностей переходов $||\lambda_{ij}||$ порядка (N+1, N+1), причем $\lambda_{ii} \equiv 0$. Для такого графа состояний (рис. 1) имеем [1]

$$\left|\left|\lambda ij\right|\right| = \begin{Vmatrix} 0 & \lambda_{01} & 0 \\ \lambda_{10} & 0 & \lambda_{12} \\ 0 & \lambda_{21} & 0 \end{Vmatrix} \qquad (5)$$

Несмотря на различие физической природы стохастических систем, им может соответствовать одна и та же вероятностная модель. К числу наиболее часто используемых моделей относятся модели систем массового обслуживания (СМО).

Основными признаками реальной системы, позволяющими рассматривать ее как своеобразную СМО, являются:

- наличие объектов, нуждающихся в случайные моменты времени в обслуживании (в выполнении некоторых работ над собой или для себя); эти объекты порождают так называемый входящий поток заявок (требований) на обслуживание;
- наличие объектов, которые производят обслуживание и называются обслуживающими приборами (каналами);
- возникновение задержек в обслуживании (образование очереди).

В качестве своеобразных СМО могут рассматриваться: системы электроснабжения ЛА (СЭСЛА) [3].

При исследовании СЭСЛА (интерпретируемых как СМО) можно предположить, что входящий поток заявок – простейший поток событий интенсивностью λ. Заявка СЭСЛА отождествляется с требованием подключить бортовой потребитель электроэнергии к устройствам (подсистемам) генерирования. Таким образом формируется входящий поток заявок [3].

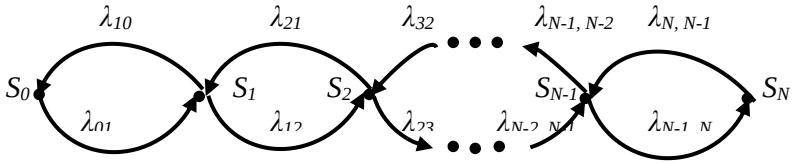


Рис. 2. Граф состояний СМО (СЭСЛА)

Обслуживающий прибор – это подсистема генерирования электроэнергии, представляющая собой совокупность каналов, мощность и параметры каждого из которых соответствуют своему потребителю.

Возникновение задержек в обслуживании (образование очереди) возможно при отказах подсистемы генерирования.

СЭСЛА может быть представлена как однофазная многоканальная СМО.

СЭОЛА является СМО с конечным числом состояний, поэтому в этой системе всегда имеет место стационарный режим.

Уравнения А.Н. Колмогорова описывают переход системы из одного состояния в другое и при выражении всех вероятностей P_k ($k = 1, \dots N$) через P_0 будут иметь вид [1]

$$P_1 = \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{10}} P_0;$$

$$P_2 = \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} P_1 = \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{10}} \cdot \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} P_0$$

$$P_k = \frac{\lambda_{k-1,k}}{\lambda_{k,k-1}} P_{k-1} = \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{10}} \cdot \frac{\lambda_{12}}{\lambda_{21}} \dots \frac{\lambda_{k-1,k}}{\lambda_{k,k-1}} P_0;$$

$$P_k = P_0 \prod_{i=1}^{k} \frac{\lambda_{i-1,i}}{\lambda_{i,i-1}}, \quad k = 1, 2, \ldots, N. \tag{6}$$

Подставляя значения P_k в нормировочное уравнение

$$\sum_{k=1}^{N} P_k = 1$$

Получаем

$$P_0 + P_0 \sum_{k=1}^{N} \prod_{i=1}^{k} \frac{\lambda_{i-1,i}}{\lambda_{i,i-1}} = 1;$$

$$P_0 = \left[1 + \sum_{k=1}^{N} \prod_{i=1}^{k} \frac{\lambda_{i-1,i}}{\lambda_{i,i-1}}\right]^{-1} \tag{7}$$

Подставляя в формулы (6) и (7) значения интенсивностей переходов $\lambda_{i,\, i-1}$ и $\lambda_{i-1,\, i}$ для СМО любого типа, можно рассчитать вероятности ее состояний и определить показатели эффективности.

Наиболее часто используются следующие показатели эффективности СМО (СЭСЛА):

1. Вероятность отказа в обслуживании $P_{\text{отк}}$ – вероятность того, что требуемый потребитель не будет подключен к подсистеме генерирования (не получит электроэнергию).

2. Абсолютная пропускная способность системы Q – среднее число потребителей, обслуживаемых системой в единицу времени (одновременно подключенных к бортовой подсистеме генерирования).

3. Относительная пропускная способность q – это средняя доля заявок, обслуживаемых

$$q = \frac{Q}{\lambda}.$$

Значение q можно определить и через $P_{\text{отк}}$

$$q = 1 - P_{\text{отк}}.$$

4. Среднее число занятых приборов (среднее значение требуемой мощности подсистемы генерирования)

$$N_{\text{з}} = \sum_{k=1}^{n} kP_k; \;\; N_{\text{з}} = \frac{Q}{\mu} = \frac{\lambda}{\mu} q = \alpha q,$$

где $\alpha = t_{\text{обсл}}/t_{\text{з}}$ – параметр обслуживания (среднее необходимое число обслуживающих приборов или требуемая средняя мощность подсистемы генерирования), μ – интенсивность потока обслуженных заявок (поток отключенных потребителей).

5. Средняя длина очереди L – математическое ожидание числа заявок (потребителей), ожидающих обслуживания (подключения к бортовой сети). Тогда среднее число заявок, находящихся в системе $Y = N_з + L$.

6. Среднее время ожидания обслуживания $t_{ож}$ – математическое ожидание времени пребывания заявки в очереди.

7. Среднее время пребывания заявки в системе

$$\overline{t_c} = \overline{t_{ож}} + \overline{t_{обсл}},$$

где $t_{обсл}$ – среднее время обслуживания (подключенного состояния потребителя к подсистеме генерирования).

Выбор показателя для оценки эффективности СЭСПА определяется целями (задачами) проводимого исследования.

Список литературы:

4. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. Учеб. для вузов/ Е.С. Вентцель, - 10-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2006. – 576 с.

5. *Сирота А.А.* Методы и алгоритмы анализа данных и их моделирование: Учебное пособие / А.А. Сирота. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.

6. *Терещук В.С., Новосельский В.Г., Шакирзянова Н.Ш.* Системы электрооборудования летательных аппаратов. Учебное пособие / В.С. Терещук, В.Г. Новосельский, Н.Ш. Шакирзянова. – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2017. – 376 с.

PROBABILISTIC MODELS OF ELECTRICAL EQUIPMENT SYSTEM OF FLIGHTING DEVICES

Ivanov D., Sokolova A.
Supervisor: V. Novoselsky, Candidate of Military Sciences, Associate Professor
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

A probabilistic (stochastic) approach to the assessment of the efficiency of aircraft power supply systems is presented.

УДК 621.3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ E3.SERIES

Игнатьев А.П., Кузьминых Н.М.
Научный руководитель: Г.С. Хайруллина, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлен процесс проектирования бортовой кабельной сети, реализованный средствами программного обеспечения E^3 Series.

Инструментальными средствами проектирования электротехнических изделий являются системы автоматизированного проектирования (САПР), их программные модули, утилиты (подпрограммы) и команды. Для конструирования электротехнических изделий используют САПР печатных плат, машиностроительные САПР, САПР кабелей и жгутов и др. виды САПР.

САПР кабелей и жгутов предназначена для автоматизации процесса моделирования электрических кабелей и жгутов.

Одним из основных комплексов бортового оборудования является комплекс электрооборудования. Задачей его является обеспечение всего транспортного средства и его бортового ЭО электроэнергией.

Любая электрическая система состоит из трех составных частей: источников электроэнергии, потребителей электроэнергии и промежуточного звена – электрической сети.

Функции бортовой электрической сети:

- передача и распределение электроэнергии;
- управление работой источников электроэнергии и отдельных потребителей;
- защита бортового электрооборудования от коротких замыканий, перегрузок и разнообразных помех.

Электрические связи между элементами бортового электрооборудования осуществляются с помощью **проводов, шин и спе-**

циальных аппаратов.

Выбор сечения **проводов** для монтажа зависит от величины тока, проходящего по ним. Для монтажа бортовых систем применяются изолированные провода. Тип изоляции зависит от условий эксплуатации и величины напряжения, под которым находится изоляция. Если монтаж нужно защитить от воздействия внешних электрических полей, используются экранированные провода.

Специальные аппараты, применяемые в бортовом электрооборудовании, это:

- клеммные колодки;
- электрические соединители (ЭС);
- штепсельные разъемы (ШР);
- разъемные (зажимные) колодки.

Эти аппараты рассчитаны на соединение и разъединение электрических цепей в обесточенном состоянии.

Проектирование бортовой кабельной сети заключается в получении трехмерных образов жгутов и полного комплекта документации технологической подготовки производства, начиная от разработки принципиальных электрических схем [1]

При проектировании бортовой кабельной сети выполняются определенные действия от разработки принципиальных электрических схем до получения трехмерных образов жгутов и полного комплекта документации технологической подготовки производства.

Этапы проектирования бортовой кабельной сети

Выделяются следующие этапы проектирования бортовой кабельной сети:

- представление заказчиком технического задания на проектирование электрических схем и компоновку оборудования;
- разработка принципиальной электрической схемы;
- компоновка – определение мест установки оборудования и мест прокладки жгутов;
- разработка схемы соединений;
- получение трехмерных образов жгутов;
- получение комплекта конструкторской документации БКС.

Электротехническая САПР E3.Series позволяет решать круг

самых разнообразных задач автоматизированного проектирования кабельных и жгутовых схем, задач транспортного машиностроения и задач в электро- и теплоэнергетике. Программное обеспечение E3.series разработано специально для задач электротехнического проектирования. Все данные, используемые в этом программном обеспечении, передаются для обработки в другие системы САПР. Система позволяет выпускать всю необходимую конструкторскую документацию в соответствии со строгими требованиями ГОСТ и СТП.

Проектирование бортовой кабельной системы с помощью E3.Series удобнее всего осуществлять в модуле E3.Cable.

Этот модуль является инструментом для описания структурно-функциональных связей проектируемого изделия, а также представления его межблочных жгутовых и кабельных соединений. С помощью этого модуля можно получить всю необходимую техническую документацию.

Первым делом создается проект и вычерчивается принципиальная электрическая схема проектируемого устройства. Далее создается и вычерчивается схема соединений проектируемого устройства.

Различные изделия при разработке проекта в E3.Series размещаются на разных листах и разных схемах. При этом любое изменение свойств изделия на любой из схем приводит к изменению свойств этого изделия во всем проекте. То же самое изменение распространяется и на другие объекты E3.Series: цепи, расположенные на разных листах; проектные свойства; основные надписи листов и свойств подразделов и т.д. Таким образом E3. Series позволяет осуществлять сквозное проектирование, что позволяет исключить несинхронность данных в различных частях проекта.

На следующем этапе по схеме соединений вычерчивается чертеж жгута. На чертеже жгута должен содержать помещаются изображение изделия, дающее представление о расположении и связи его составных частей , при необходимости таблицы или схемы, поясняющие соединения составных частей, размеры и предельные отклонения длин всех участков жгута и номера позиций составных частей, входящих в жгут (кабель);

По окончании работы над чертежом жгута данные по электрическим связям через автоматически генерируемый XML-файл передаются в модуль электрической разводки NX, в котором далее ведется работа над трехмерными моделями жгутов [2].

Список литературы:

1. *Городнов А.Г., Садыков М.Э., Терещук В.С., Федоров Е.Ю., Ференец А.В., Шакирзянова Н.Ш., Цой А.А.,* Разработка структурной схемы процесса проектирования электрооборудования автомобиля на основе CALS-технологий // Грузовик с приложением. - 2011. – №9. - с. 13-16.

2. *Низамов Р.А., Хайруллина Г.С.* Сквозное проектирование электротехнических комплексов с помощью программных комплексов E3.series и NX. //Девятая Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России», 5 8 сентября 2016 г: Сборник докладов. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. с.783-786

DESIGN OF THE CASING BOARD NETWORK IN THE E3.SERIES SOFTWARE

Ignatiev A., Kuzminykh N.
Supervisor: G. Khayrullina, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The process of designing an on-board cable network implemented by the software of the E3 Series is presented.

УДК 621.32

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ГОЛОВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА

Камалов Р.Р., Загидуллин Р.Р.
Научный руководитель: Р. И. Салимов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлена характеристика интеллектуальной системы головного освещения беспилотного грузового автомобиля. Приведена сравнительная характеристика функций автомобиля с водителем и автомобиля в беспилотном варианте, разработан алгоритм работы.

В настоящее время все большее внимание производителями автомобилей уделяется обеспечению безопасности движения. Развиваются системы пассивной и активной безопасности, системы сигнализации и предупреждения. В последнее время много внимания уделяется новым аспектам безопасности, в частности контролю состояния водителя, адаптации автомобиля к условиям движения.

Система автоматического управления освещением является сегодня одним из важных направлений повышения комфорта и надёжности автомобильных систем. Актуальность данной тематики очевидна, поскольку в настоящее время развитие автомобильной бортовой электроники имеет колоссальные масштабы. Главной идеей такого развития является роль человека в управлении агрегатами автомобиля с целью снижения утомляемости водителя, повышения комфортабельности и безопасности, а также использование подобных систем в беспилотных транспортных средствах (БПТС).

Целью работы является разработка системы головного освещения БПТС, назначением которой является информирование участников дорожного движения о характере движения беспилотного грузового автомобиля, о совершаемом маневре, о виде транспортного средства, его габаритах на основе сбора

информации о дорожной ситуации, времени суток, сезона эксплуатации.

Наиболее близкой к разрабатываемой системе (прототипом) является система адаптивного освещения AFL [1].

Нами определены требования, предъявляемые к разрабатываемой системе:

1) БПТС должен быть заметным для других участников дорожного движения;

2) БПТС должен «видеть» и анализировать дорожную обстановку.

Таким образом, предлагается рассматривать следующие функции головного освещения с адаптивной системой освещения БПТС:

- ближний свет;
- адаптивное освещение поворотов;
- освещение перекрестков;
- подсвечивание пешеходов;
- динамические указатели поворотов;
- габаритное освещение.

Сравнительные характеристики функций автомобиля с водителем и автомобиля в беспилотном варианте представлена в таблице 1.

Отмечаем, что для беспилотного варианта автомобиля функции дальнего света и противотуманного освещения предлагается исключить, так как они предназначены для водителя и не являются необходимыми элементами интеллектуального освещения БПТС.

Таблица 1

Сравнительные характеристики функций автомобиля с водителем и автомобиля в беспилотном варианте

№ п/п	Функция головного освещения	Автомобиль с водителем	БПТС
1.	Ближний свет	+	+
2.	Дальний свет	+	-
3.	Адаптивное освещение	+	+

	поворотов		
4.	Освещение перекрестков	+	+
5.	Подсвечивание пешеходов	+	+
6.	Динамические указатели поворотов	+	+
7.	Габаритное освещение	+	+
8.	Противотуманное освещение	+	-
9.	Проблесковый маячок	+/-	+

Алгоритмы работы системы должны быть построены на основе предложенных рекомендаций.

Ниже представлен алгоритм работы системы управления поворота фар ближнего света по вертикали (рис.1) с учетом предлагаемых рекомендаций и сведений, представленных в [2], [3].

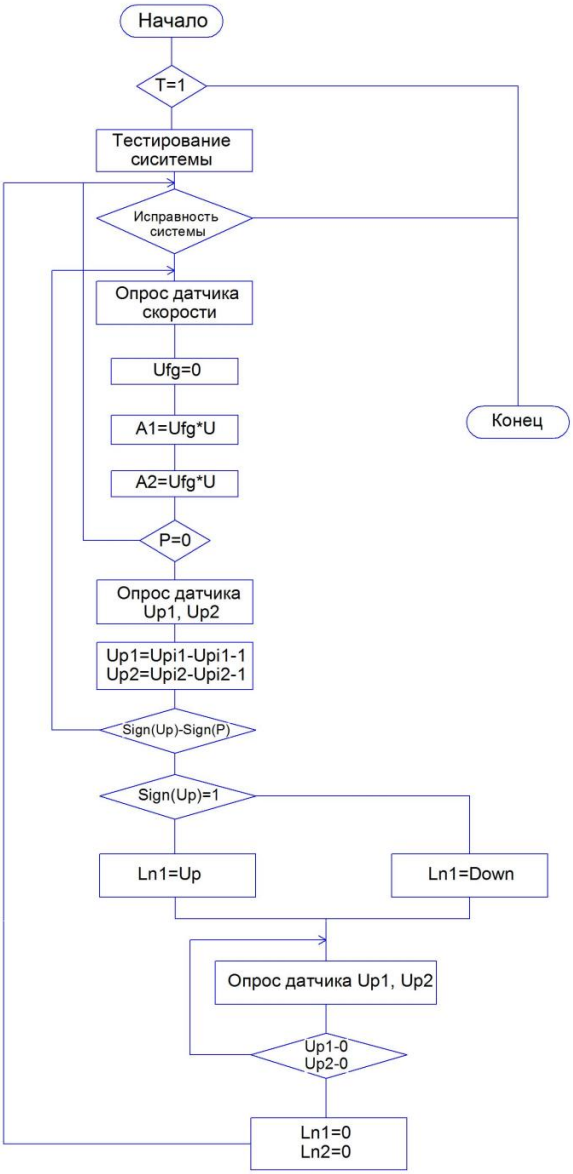


Рис. 1. Алгоритм работы системы адаптивного освещения

Система управления поворота фар по вертикали активируется при включении внешнего освещения при T = l, то есть при включении ближнего света, и автоматически выходит в режим тестирования, тестируется контроллер, а также все датчики и нагрузка системы. При T = 0 система управления поворотом фар не активируется.

После успешного прохождения тестирования система находится в режиме определения скорости движения автомобиля. С учетом скорости автомобиля изменяется скорость поворота фар. Первое что система определяет, это точная скорость движения автомобиля. Далее величины скорости поступают на микроконтроллер и обрабатываются им, производится расчет угла, на который нужно повернуть прожекторы фар:

$$U_{fg}=(U_{pi}\text{-}Upi\text{-}1)*K.$$

Вычисленный угол поворота фар подается в виде сигнала на электродвигатели, которые поворачивают прожекторы фар на требуемый угол: $A = U_{fg}*U$. Датчики угла поворота фар передают информацию микроконтроллеру об их положении. Таким образом, реализуется обратная связь. Микроконтроллер проверяет, совпадает ли выданный им углы поворота фар с углами, на который фары повернулись и при расчете нового угла поворота прожекторов фар, ведется его корректировка с учетом угла, на который фары уже были повернуты. Так же при движении на высокой скорости положение фар меняется быстрее, а при более медленном движении поворотный механизм снижает скорость поворота фар, микроконтроллер при расчете угла поворота прожекторов фар рассчитывает и скорость поворота фар.

Представленный алгоритм является основой дальнейшего построения алгоритмов для других режимов работы головного освещения БПТС и компьютерного моделирования этих режимов.

Разработка системы ведется в рамках открытого проекта в студенческой лаборатории «Беспилотный автомобиль» кафедры электрооборудования КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева.

Список литературы:

1. Сайт: http://znanieavto.ru/svet-zvuk/sistema-adaptivnogo-

osveshheniya-dorogi.html

2. *Р.И. Салимов, Р.Р. Загидуллин.* XXII Туполевские чтения (школа молодых ученых): Международная молодёжная научная конференция, 19-21 октября 2015 года: Материалы конференции. Сборник докладов. Казань: Изд-во «Фолиант», 2015, с. 99-105.

3. Сборник научных статей IV Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского» 17–19 декабря 2013 года, с. 193-196

INTELLECTUAL SYSTEM OF HEAD ILLUMINATION OF PILOTLESS CARGO TRANSPORT

Kamalov R., Zagidullin R.
Supervisor: R. Salimov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The characteristic of intellectual system of head lighting of the pilotless truck is submitted. The comparative characteristic of functions of the car with the driver and the car is provided in pilotless option, the work algorithm is developed.

УДК 621.3:629.7

СИСТЕМЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Кочкарова Л.М., Шушакова А.А.
Научный руководитель: В.Г. Новосельский, к.т.н., доцент,
А.Ю. Афанасьев, д.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлены обзоры систем генерирования энергии летательных аппаратов и параметров основных и резервных систем электроснабжения. Описаны преимущества и недостатки систем генерирования энергии переменного тока и постоянного тока.

На сегодняшний день существует множество различных схем построения систем генерирования электрической энергии для летательных аппаратов (СГЭЭ ЛА), в том числе и резервных. Как правило, учитывая разнообразие применяемых на борту приемников электрической энергии, СГЭЭ ЛА являются комбинированными и содержат источники как переменного, так и постоянного тока, однофазные и трехфазные. Однако, если ограничится рассмотрением только первичных систем генерирования, то по типу генерируемой электроэнергии можно выделить следующие основные группы:

- СГЭЭ ЛА постоянного тока, СГЭЭ ЛА переменного тока постоянной частоты,
- СГЭЭ ЛА переменного тока переменной частоты,
- комбинированные СГЭЭ ЛА.

Состав и параметры различных СГЭЭ ЛА подробно описаны в литературе [1, 2]. На рисунке 1 приведена сводная классификация СГЭЭ ЛА.

В современных летательных аппаратах однозначного выбора, в пользу какого либо типа системы электроснабжения нет, однако просматриваются тенденции в сторону увеличения выходного напряжения вплоть до 270В, что связано с понятным желанием

снизить токовую нагрузку на кабельную сеть и элементы защиты и коммутации.

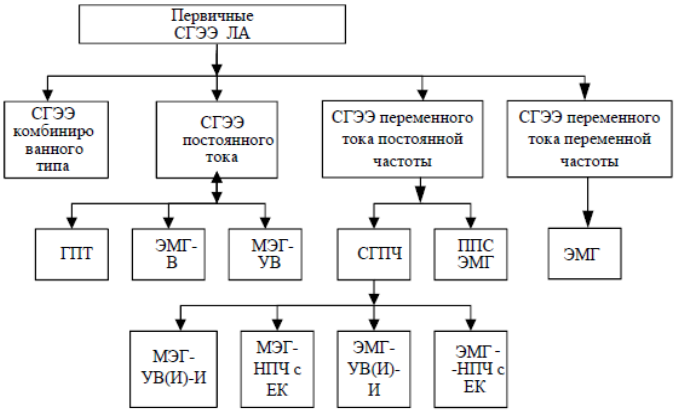


Рис 1. Классификация СГЭЭ ЛА

В таблице 1 приведены параметры систем электроснабжения (СЭС) самолетов, разработанных в последнее время.

Таблица 1

Параметры СЭС

№	Наименование ЛА	Основная СЭС	Резервная (аварийная) СЭС
1	Boing787	Переменного тока переменной частоты 4х250кВА 230 В	Переменного тока постоянной частоты 2Х225кВА, 230В, 400Гц
2	А 380	Переменного тока переменной частоты 4Х150кВА, 230 В	Переменного тока постоянной частоты 2Х90кВА 115В 400Гц; (Аварийная система переменного тока переменной частоты 70кВА 115В)
3	SSJ-100	Переменного тока постоянной частоты 2х90кВА, 115В, 400Гц.	Переменного тока постоянной частоты 30кВА напряжением 115В 400Гц; (Аварийная система переменного тока постоянной

			частоты 15кВА 115В 400Гц)
4	ЯК 242	Переменного тока переменной частоты 2Х120кВА, 115 В	Переменного тока постоянной частоты 75\90кВА напряжением 115В 400Гц; (Аварийная система переменного тока постоянной частоты 10кВА 115В 400Гц)

Как видно из таблицы 1 в системе электроснабжения Boing787 в качестве первичной выбрана система переменного тока переменной частоты номиналом 230В, а в качестве вторичных систем используются как системы постоянного тока 27В, так и переменного тока постоянной частоты 115В.

Похожие решения используются и в других современных пассажирских самолетах, таких как А380, SSJ-100 и т.д. Однако в качестве резервных СГЭЭ ЛА, как правило, используются системы переменного тока постоянной частоты. Например, в Boing787 это два стартер-генератора мощностью 225кВА напряжением 230В 400Гц, а в SSJ-100 это генератор мощностью 30кВА напряжением 115В 400Гц. Этому есть объективные причины, СГЭЭ ЛА переменного тока по сравнению с СГЭЭ ЛА постоянного тока имеют следующие преимущества:

- Меньшие габариты и массу;
- Отсутствие коллекторно-щеточного узла;
- Большую, предельную мощность генераторов;
- Простоту и надежность оборудования;
- Меньший уровень помех радиоприему;
- Более просто и надежно реализуемые системы защиты;

К основным недостаткам СГЭЭ ЛА переменного тока относятся:

- Необходимость использования устройств для преобразования и поддержания постоянной частоты;
- Потребление реактивной мощности;
- Сложность обеспечения параллельной работы.

Но они не являются определяющими, при выборе типа системы электропитания. Кроме того, как привило, количество потребителей, которым требуется постоянный ток гораздо меньше, чем потребителей переменного тока [3].

Так, например, несмотря на то, что исторически первыми на борту самолетов появились и долгие годы оставались единственными системы генерирования постоянного тока с напряжением 27В, на сегодняшний день они практически вытеснены СГЭЭ ЛА переменного тока, а системы генерирования постоянного тока, перешли в разряд вторичных.

Список литературы:

1. *Зиновьев Г.С.* Основы силовой электроники / Г.С. Зиновьев // Новосибирск: Изд-во НГТУ.- Ч.1.- 2011.- 199с.

2. *Грузков С.А.* Электрооборудование летательных аппаратов. Ч1.- М. Изд. МЭИ.- 2005.- 568с.

3. *Кучерявый А.А.* Бортовые информационные системы// Курс лекций под ред. В.А. Мишина и Г.И. Клюева.- 2-е изд., перераб. и доп. – Ульяновск УлГТУ.- 2004.- 504с.

SYSTEMS OF GENERATION OF ELECTRIC ENERGY OF AIRCRAFTS

Kochkarova L., Shyshakova A.
Supervisor: V. Novoselskii, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;
Afanasyev A., Doctor of Technical Sciences, Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

Reviews of aircraft power generation systems and parameters of main and standby power supply systems are presented. Advantages and disadvantages of AC and DC power generation systems are described.

УДК 51-73

ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДРОССЕЛЬНОЙ ЗАСЛОНКОЙ ВОЗДУШНОГО КАНАЛА

Кугергин В.В., Миннебаев М.Р.
Научный руководитель: Г.П. Капустин, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, Казань)

Электронная система управления дросселем это разработка в виде учебной модели для работы студентов. В статье дано обоснование и цель разработки.

Развитие современного автомобилестроения позволяет постоянно совершенствовать системы управления двигателем и другими агрегатами автомобиля. В последнее время все больше систем в автомобиле управляется при помощи электроники. В частности, управление дроссельной заслонкой бензиновых двигателей внутреннего сгорания раньше осуществлялось при помощи механического привода. Однако в настоящее время все больше производителей, в том числе и отечественные, применяют электронную систему управления дроссельной заслонкой. [1]

Для автопроизводителей применение электронной системы управления дроссельной заслонкой позволяет увеличить объемы продаж, так как при электронном управлении достигается оптимальная величина крутящего момента на всех режимах работы двигателя. Также обеспечивается снижение расхода топлива за счет плавного управления, выполнение экологических требований и безопасность движения.

Появление на рынке автомобилей со сложными электронными системами, в том числе с электронной системой управления дроссельной заслонкой, требует большого количества специалистов данного направления. Но в настоящее время в российских ВУЗах не уделяется должного внимания данному вопросу.

Решение данного вопроса возможно введением для студентов курса о современных автомобильных электронных системах управ-

ления и оборудованием лабораторий ВУЗов установками, реализующими принципы этих систем.

Учебная модель электронной системы управления дросселем воздушного канала (ЭСУД) предназначена для лабораторного практикума и дипломного проектирования студентов.

Целью разработки является:

- оборудование лаборатории кафедры ЭО устройствами реального времени из области электрооборудования автономных объектов;
- показать на конкретном примере применение методологии и методики проектирования микропроцессорных устройств с последующей оценкой работоспособности принятых решений;
- использование студентами проектной и конструкторской документации системотехнических, схемотехнических, алгоритмических, программных решений;
- привлечение студентов к работе по разработке, отработке и практическому изготовлению ЭСУД.

ЭСУД было решено разделить на несколько законченных узлов:

1. Блок управления, включающий в себя управляющее устройство (микроконтроллер), источник вторичного электропитания системы и регулирующее устройство.
2. Пульт контроля, обеспечивающий контроль и наблюдение за состоянием системы, а также, с помощью средств индикации, сигнализирующий о возникших неисправностях.
3. Педальный узел, выполняющий функцию задающего устройства.
4. Дроссельный узел, включающий в себя собственно управляемый объект (дроссельную заслонку) и выполняющий функцию исполнительного механизма.

Далее приведена структурная схема электронной системы управления дросселем.

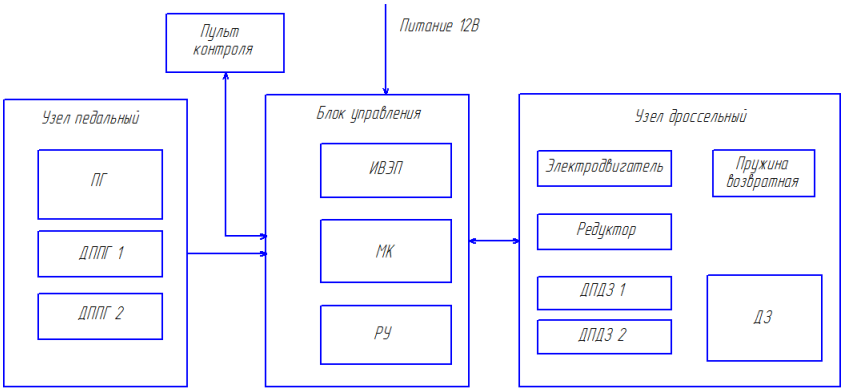


Рис. 1. Структурная схема, где ПГ – педаль газа, ДППГ 1, 2 – датчик положения педали газа 1, 2, ИВЭП – источник вторичного электропитания, МК – микроконтроллер, РУ – регулирующее устройство, ДПДЗ 1, 2 – датчик положения дроссельной заслонки 1, 2, ДЗ – дроссельная заслонка.

При разработке ЭСУД используется педальный и дроссельный узлы от автомобиля Nissan Almera, имеющиеся в распоряжении разработчика. Для реализации блока управления ЭСУД используется микроконтроллер семейства AVR.

Список литературы:

1. Системы управления бензиновыми двигателями. Bosch. перевод с немецкого. Первое русское издание: -М.; Издательство «За рулем» - 2005 – 432с.

ELECTRONIC THROTTLE CONTROL SYSTEM OF AIR CHANNEL

Kugergin V., Minnebaev M.
Supervisor: G. Kapustin, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

Electronic control system throttle is a development in the form of a training model for the work of students. The article gives the rationale and purpose of the development.

УДК 629.042: 629.0460

КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ КОМФОРТА БЕСПИЛОТНОГО АВТОБУСА. СИСТЕМЫ КОМФОРТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ САЛОНА БЕСПИЛОТНОГО АВТОБУСА БИЗНЕС КЛАССА

Мухаметшин Э.М.
Научный руководитель: Р.И. Салимов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлена классификация систем комфорта беспилотного автобуса, а также систем внутреннего освещения салона автобуса бизнес класс.

Согласно озвученным планам по развитию рынка беспилотных автомобилей с интеллектуальными системами в России, в 2016 году началась реализация первого этапа программы AutoNet. В этот период автобусы и грузовые автомобили без водителей начнут использоваться в опытной эксплуатации на внутризаводских территориях отечественных предприятий и организаций. С 2035 года будет постепенно происходить переход на полную автоматизацию перевозок: российские автобусы и грузовые автомобили начнут курсировать на дальние расстояния без водителей по всей стране [01].

Целью данной статьи является формирование подходов и классификаций систем комфорта автобусов, в частности систем комфортного освещения салона беспилотного автобуса. Авторы предполагают взять за основу следящую классификацию автобусов, подразделяя их на классы. (Рис. 1)

Системы комфорта предназначены для комфортного пребывания пассажиров в автобусе. К параметрам комфорта можно отнести следующие условия: влажность, температуру, степень загрязнённости воздуха, освещение в салоне, комфортное размещение в пассажирском кресле, мультимедийные системы.

Для регулировки данных параметров в салоне автобуса существует различное оборудования: это отопители салона, системы кондиционирования, вентиляции и фильтрации воздуха, система

освещения, и удобные сидения, различные мультимедийные устройства.

Условия комфорта могут задаваться как водителем, так и самим пассажиром. В условиях применения систем комфорта в беспилотных автобусах необходимо применение интеллектуальных систем комфорта. В зависимости от условий окружающей среды: зима-лето, день-ночь, солнечно-пасмурно и т.д.

Так как жесткой классификации систем комфорта в пассажирском транспорте нет, в данной статье мы бы хотели разработать и предложить свою классификацию.

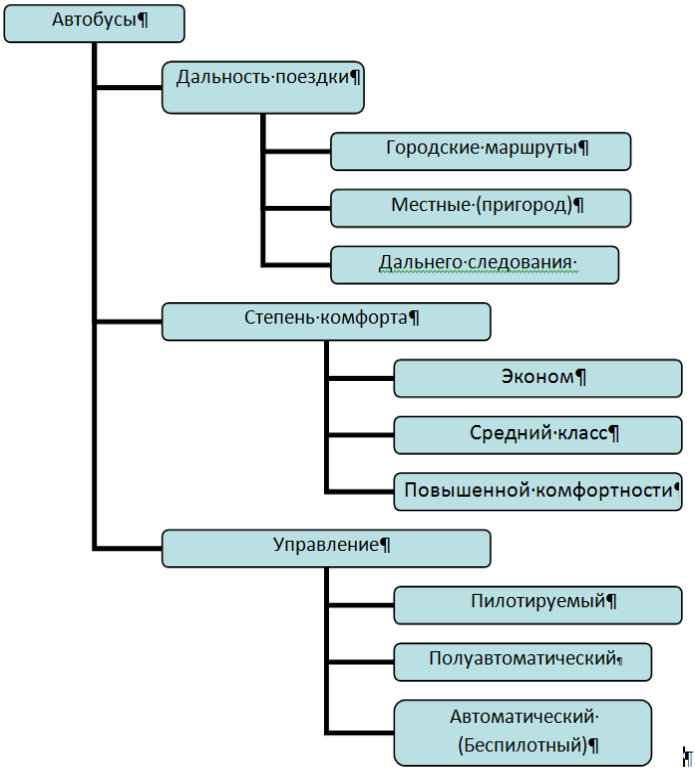


Рис. 1 Классификация автобусов

На основе предложенной классификации предполагается использование возможной компоновки беспилотного автобуса дальнего следования, повышенной комфортности. Требования к данному автобусу:

1) Отсутствие водителя

2) Тип автобуса - автобус дальнего следования

3) Повышенной комфортности

4) Вместимость и габаритные размеры

5) Соответствие нормам безопасной эксплуатации

Рассмотрим системы подробнее. В климатическую установку входят системы кондиционирования, отопления и управления климатом, состоящего из датчиков и блока управления. Так же остекление является частью систем климата и освещения, так как при затемнении стёкол жар от солнечного излучения снижается. Так же основной частью комфортного пребывания в дальних поездках являются сидения. В салонах повышенной комфортность неотъемлемой частью сидений являются их вентиляция и обогрев сидений. Так же расстояние между сидениями значительно больше чем у салонов эконом и среднего классов. Так же сидения обладают различными поддержками спины, поясницы, головы. [02] Система мультимедиа включает в себя различные развлекательные устройства, такие как дисплеи, радио, медиа плееры, различную звуковую аппаратуру.

Ключевое деление пассажирских салонов- это деление по классам:

1) Салон эконом класса комплектуем менее комфортными сидениями. Климат обеспечивается климатической установкой с кондиционером и отеплителем без климат - контроля.

2) Салоны среднего класса менее оснащены чем салоны повышенной комфортности. Оснащаются климат-контролем, удобными сидениями. Общей мультимедийной системой на весь салон.

3) Салоны повышенной комфортности (VIP) в которых используется максимальное оснащение оборудование необходимое для обеспечения комфортного пребывания пассажиров. Данные салоны не предназначены для перевозки большого количества пассажиров. В их оснащение входят такие удобства как полноценные

кухня, туалет. Сидения имеют большое количество регулируемых параметров и оснащаются вентиляцией и обогревом. Поддержание климата осуществляется много зонным климат-контролем с системой фильтрации и увлажнения воздуха. Могут оборудоваться стеклами с электрической тонировкой.

Система освещения включает в себя:

Какой современный автобус или микроавтобус сможет обойтись без освещения салона? Задача освещения особенно остро встает при переделке грузового фургона в пассажирский. Но и в других ситуациях, например, при монтаже багажных полок, может потребоваться модернизация существующего освещения. Что уж говорить о создании VIP салонов!

Правильная организация освещения салона автобуса и подсветки отдельных его элементов решает не только эстетическую задачу, но и повышает безопасность при перевозке пассажиров.

Поскольку выбор освещения - это во многом дело вкуса заказчика или дизайнера, мы дадим вам несколько общих рекомендаций:

– всё освещение салона микроавтобуса можно разделить на три группы - общее освещение, индивидуальное освещение и освещение проходов (включая тамбуры, лестницы, подножки);

– индивидуальное освещение вполне может отсутствовать, например, если автобус используется для городских пассажирских перевозок и в нем отсутствуют багажные полки;

– подсветка проходов является важной частью повышения пассивной безопасности микроавтобуса.

Коротко о светильниках.

В подавляющем большинстве случаев для освещения и подсветки салона используются качественные импортные светодиодные светильники и светодиодные ленты. LED технологии позволяют в разы снизить энергопотребления системы освещения (что при большом количестве светильников очень важно), снизить нагрузку на электрические кабели, аккумуляторную батарею и генератор автобуса.

Кроме этого, минимальный вес и небольшое тепловыделение позволяют изготавливать светильники самых разнообразных форм, а также комбинировать в одном светильники несколько разных вариантов освещения.

Таблица

№	Виды освещения	Управление	Описание
1	Заливающее	Авто/ ручное	Заливающее освещение состоит из потолочного и декоративного освещения создает комфортные условия пребывания пассажиров, По средствам регулировки температуры и оттенка свечения
2	Аварийное и дежурное	Авто/ ручное	Аварийное освещение необходимо при нештатных ситуация для подсвети проходов, аварийных выходов. Дежурное подсвечивает проходы и выходы при движении автобуса.
3	Индивидуальное	Ручное	Индивидуальное освещение используется для местного освещения для удобства пассажира при чтении или необходимых действий.
4	Затемнение окон	Авто/ ручное	Необоходимо для управления затемнением стекол при ярком солнечном свете и уменьшение температуры салона.
5	Шторки	Ручное	

При освещении салонов повышенной комфортности используется не только общее освещение, но и заливающее или декоративное освещение примером с легковых автомобилей могут служить современные системы освещения MB S-klass с подсветом зон подлокотников и многих других мест.

Список литературы:

1) Российская автоиндустрия готовится к запуску беспилотных грузовиков и автобусов [Электронный ресурс]- http://www.tehnoomsk.ru/node/2520 (Дата обращения: 15.02.2016 г.).

2) Освещение салона микроавтобусов [Электронный ресурс]- http://stildizayn.ru/osveshenie (Дата обращения: 15.02.2016 г.).

3) Концепция светодиодной подсветки салона самолета Airbus [Электронный ресурс]- http://lednews.lighting/topic/1726-kontseptsiya-svetodiodnoy-podsvetki-salona-samoleta-airbus/ статья в интернете. (Дата обращения: 15.02.2016 г.).

4) Первый в мире проект 100% светодиодного освещения vip-салонов самолетов [Электронный ресурс] - http://www.ledcenter.by/proekty/svetodiodnoe-osveshchenie-vip-salona-samoleta.html статья в интернете. (Дата обращения: 15.02.2016 г.).

CLASSIFICATION OF THE SELF-DRIVING BUS COMFORT SYSTEMS. THE SYSTEM OF COMFORTABLE ILLUMINATION OF THE PASSENGER COMPARTMENT OF THE SELF-DRIVING BUS

Mukhametshin E.
Supervisor: R. Salimov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

Here the classification of the self-driving comfort systems and the interior lighting system of the passenger compartment of the self-driving bus are presented.

УДК 621.3

ЗАПОЛНЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ E3.SERIES ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ

Насыпов А.И, Никоноров Д.А.
Научный руководитель: Г.С. Хайруллина, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Описывается работа с Редактором Базы данных E3.Series при проектировании бортовой кабельной сети

Одной из важнейших задач при автоматизированном проектировании бортовых кабельных сетей является разработка информационного обеспечения системы автоматизированного проектирования или создание электронной базы данных элементов и компонентов.

Основой информационного обеспечения являются база данных, хранящаяся в определенных файлах и поддерживаемая системой управления базами данных.

Современным мощным и удобным средством проектирования электротехнических изделий является система E3.Series.

При проектировании в системе E3.Series используются принципиальные электрические схемы, схемы соединений. Для выполнения этих схем система снабжена базами данных (БД) электротехнических изделий.

База данных предназначена для создания изделий, символов и моделей элементов, подбора проектной и нормативно-справочной информации по элементам бортовой кабельной сети, заполнения конкретным содержанием (атрибутами).

Создание новых и модифицирование существующих записей базы данных по изделиям, символам и моделям, а также создание форматок листов, определение атрибутов объектов, типов надписей, типов соединений, цвета, типа линий изображений объектов на чертежах, а также других параметров объектов выполняется в Ре-

дакторе Базы Данных E³.series [1].

Редактор БД действует с объектами символ, модель, изделие.

Под изделием имеются в виду блоки и устройства электрического или электронного оборудования или их элементы, а также, жгуты, кабели и провода.

Символ представляет собой условное графическое отображение изделия или его составного элемента на электрических схемах.

Моделью является условное графическое отображение изделия на чертеже компоновки.

В описание ***изделия*** в Базе Данных включены: имя; условное обозначение; краткое текстовое описание (наименование); текстовое описание технико-эксплуатационных характеристик (паспортные данные) и другой необходимой информации (номер по каталогу, поставщик); символ (или несколько символов; модель; условное обозначение; набор атрибутов.

В описание ***символа*** в БД включены: имя; краткое текстовое описание (наименование); графический образ; спецсимволы выводов с надписями и атрибутами; фиксированные надписи и текстовые поля; набор атрибутов.

В описание ***модели*** в Базе Данных включены: имя; краткое текстовое описание (наименование); графический образ; спецсимволы выводов с надписями и атрибутами; фиксированные надписи и текстовые поля; набор атрибутов; трехмерный габаритный контур; запретные зоны монтажа.

Между выводами символа (или символов) и модели изделия устанавливается взаимно однозначное соответствие.

Символ создается с помощью основных операций:

- создание графического изображения;
- назначение типа символа, его имени и класса;
- определение выводов для электрических соединений;
- определение фиксированных надписей и/или текстовых полей для подстановки автогенерируемых надписей;
- сохранение символа в Базе Данных.

Изделие создается с помощью основных операций:

- определение характеристик и атрибутов изделия (вид изде-

лия; имя изделия; условное обозначение; класс; наименование; специфические атрибуты;

- определение структуры изделия;
- назначение имен (номеров) выводов символов в составе изделия;
- назначение имен (номеров) выводов модели в составе изделия;
- согласование выводов символов и выводов модели изделия;
- определение взаимосвязей между основным и подчиненным символами изделия;
- сохранение изделия в БД.

К специфическим объектам *E3.series* (отличным от стандартных изделий) относятся: клеммы; кабели; марки проводов; фрагменты схем; блоки; соединители; сборки.

Обычно при создании символов, моделей и изделий специфических объектов используются созданные ранее подобные объекты. Нужные характеристики этих объектов редактируются, и объекты сохраняются в БД под новыми именами.

После заполнения БД можно переходить к выполнению нужных схем и дальнейшему проектированию бортовой кабельной сети. [2]

Список литературы:

1. *Низамов Р.А., Харуллина Г.С.* База данных для автоматизированного проектирования системы электроснабжения транспортных средств. // Международная молодёжная научная конференция, 19-21 октября 2015 года: Материалы конференции. Сборник докладов. Казань: Изд-во «Фолиант», 2015. Том II. С. 160-161

2. *Низамов Р.А., Хайруллина Г.С.* Сквозное проектирование электротехнических комплексов с помощью программных комплексов E3.series и NX. //Девятая Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России», 5 8 сентября 2016 г: Сборник докладов. Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. с.783-786

FILLING THE DATABASE IN THE PROGRAM COMPLEX E3.SERIES AT DESIGN ON-BOARD CABLE NETWORK

Nasypov A., Nikonorov D.
Supervisor: G. Khayrullina, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

Describes working with the E3.Series Database Editor when designing an onboard cable network

УДК 620.9

СТАТИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК АЭРОДРОМНОГО ПИТАНИЯ НА БАЗЕ МАТРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ 50/400 Гц

Нигаматзянов Р.А.
Научный руководитель: А.А. Цой, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В последние годы матричные преобразователи получили значительное распространение в качестве альтернативы преобразователям на базе АИН с широтно-импульсной модуляцией. Исследования направлены на разработку модели матричного преобразователя с непосредственным управлением. Рабочие циклы переключателей моделируются с помощью широтно-импульсной модуляции и коэффициент передачи напряжения равен 0.866. Особенность предлагаемой модели заключается в том, что в ней не используются ненадежные накопители энергии. Представленная модель является техническим решением с рациональными энергетическими и техническими показателями.

Тенденция к повышению энергетической эффективности, которая характеризуется обеспечением синусоидальности входных токов, близким к единице коэффициентом мощности, а также возможностью сброса электрической энергии в режиме рекуперативного торможения в промышленную сеть – это один из основных актуальных путей развития преобразовательных устройств.

В настоящий момент на международном рынке преобразовательной техники наиболее широко распространены и востребованы двухзвенные преобразователи частоты (ДПЧ). В конструктивной основе таких преобразователей лежат автономные инверторы напряжения (АИН), реже инверторы тока (АИТ). Обычно связь АИН с промышленной сетью осуществляется через диодный мост. Применение данного технического решения является эффективным для определенных условий работы, но связано с значимыми недостатками: потреблением значительной реактивной мощности и определяется высоким суммарным коэффициентом нелинейных

искажений входного тока.

Для решения вышеописанных проблем целесообразно в топологической схеме преобразователя заменить диодный мост активным выпрямителем (АВ). Тем не менее, это не позволит решить еще одну задачу – наличие накопителя в звене постоянного тока (конденсатора в случае использования АИН или дросселя в случае АИТ). Использование накопителей энергии – существенно влияет на массогабаритные характеристики преобразовательного устройства и порождает за собой дополнительные проблемы, которые складываются из ограничения эксплуатационных условий работы и периодического ремонта/замены накопителя.

Вышеизложенные аспекты не дают возможность достичь максимальных значений удельной мощности, которая определяется отношением мощности в нагрузке к объему преобразователя, и уменьшить размеры преобразователя, что привело бы к расширению сфер применения частотных преобразователей в индустрии. Вследствие этого предметами обсуждения остаются вопросы повышения качества потребляемой энергии, энергетической эффективности и надежности преобразовательного устройства.

Наиболее перспективным направлением развития источников питания переменного тока видится относительно новая модификация непосредственных преобразователей частоты – матричный преобразователь частоты (МПЧ) [1-3], в котором не использованы ненадежные элементы и характеризуется малым количеством высших гармоник потребляемой энергии и улучшенными массогабаритными показателями. Первые экспериментальные образцы МПЧ делают первые шаги к завоеванию мирового и отечественных рынков силовой преобразовательной техники. Тем не менее характеризуясь высокой ценой, остаются объектом научно-технических исследований [4].

Так же и для авиационной устройств аэродромного питания МПЧ являются перспективным видом преобразовательной техники. На текущем этапе развития авиационных преобразователей в России стоит замена электромашинных преобразователей статическими. Одной из задач обеспечения электропитанием летательных

аппаратов при предполетной подготовке и регламентном обслуживании является преобразование трехфазного напряжения 380/220 В – 50 Гц в напряжение 200/115 В повышенной частоты 400Гц.

Целью работы является разработка статического источника аэродромного питания матричного типа (Рис.1) с рациональными энергетическими и техническими показателями.

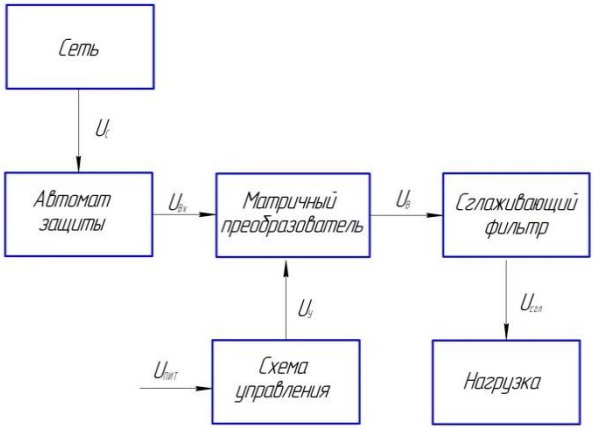


Рисунок 1 Структурная схема статического источника аэродромного питания матричного типа

Данное преобразовательное устройство в будущем позволит полностью отказаться от авиационных конверторов вращающегося типа и получить более улучшенные выходные и массогабаритные характеристики.

При проектировании источника аэродромного питания на базе матричного преобразователя частоты наиболее главным является выбор алгоритма управления силовыми ключами и расчет входного фильтра, из-за чего и будут зависеть такие показатели, как заданный коэффициент мощности, размеры преобразователя.

В целом, при организации коммутации требуется обеспечить следующие условия:

• не допускать ни в какой временной отрезок разрыв цепи выходного тока;

• не допускать короткого замыкания входных фаза.

Метод управления – широтно-импульсная модуляция – способен обеспечить максимальный коэффициент передачи, равный 0,866. Это значит, что из сети 220/380В матричный преобразователь способен сформировать выходное напряжение не более 190/330В.

Графики, на которых приведен способ формирования выходного напряжения на основе однополярной широтно-импульсной модуляции, изображены на рисунке 2.

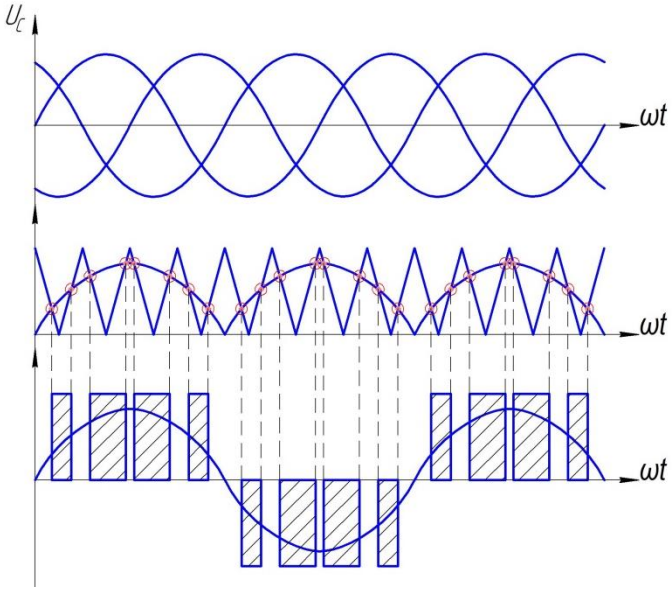


Рисунок 2 Принцип однополярной ШИМ

Исходя из теоретических соображений, был получен график выходного напряжения с частотой 400 Гц. (Рис.3)

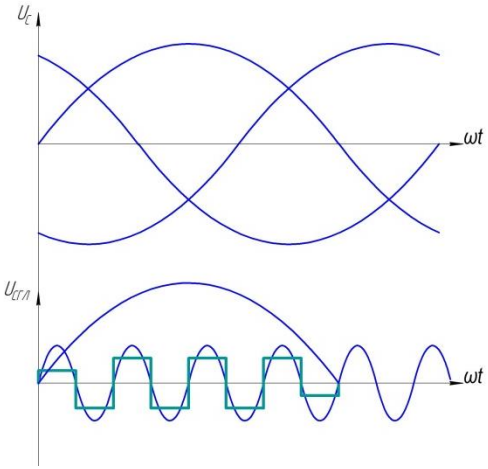


Рисунок 3 График выходного напряжения 400 Гц

Анализируя график, можно заметить, что в начальном и конечных отрезках полупериода, не обеспечивается требуемый уровень выходного напряжения.

Дальнейшие исследования будут посвящены решению вышеизложенной проблемы. А также для подтверждения адекватности полученных теоретических результатов и возможности эксплуатации разработанного источника питания, необходимо проверить ее работоспособность. Поэтому будет рассматриваться задача построения модели статического источника питания на базе матричного преобразователя в пакете Matlab (Simulink).

Список литературы:

1. Энергосберегающий промышленный регулируемый асинхронный электропривод нового поколения на основе двухзвенно-непосредственных преобразователей частоты / Р.Т. Шрейнер, В.К. Кривовяз, А.И. Калыгин и др.// Силовая электроника. 2007. №1. С. 42-45.

2. *Klumpner C., Wijekoom T., Wheeler P.,* A new class of hybrid AC/AC direct power converter // IEEE Industry App. Conference. 2005, vol. 4, pp. 2374-2381.

3. *Wheeler P., Grant D.* Matrix converters a technology re-view / Practical Matrix Converter // IEEE Transactions on Indus-trial Electronics. 2002, vol, 49, pp. 276.

4. *Виноградов А.Б.* Новые алгоритмы пространственно-векторного управления матричным преобразователем частоты // Электричество. 2008. №3. С. 41-52

STATIC POWER SOURCE OF AIRFIELD ON THE BASIS OF THE MATRIX CONVERTER 50/400 Hz

Nigamatzyanov R.
Supervisor: A. Tsoy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

In recent years, the matrix converters have received considerable spread as a good alternative to Voltage Source Inverter Pulse Width Modulation (VSI-PWM) converters. The researches focus on developing Pulse Width Modulated direct controlled matrix converter model. The duty cycles of the switches are modeled using pulse-width modulation and voltage transfer ratio equals to 0.866. A unique feature proposed model is that it does not require using of unreliable energy storages. The presented model is a technical re-making with sustainable energy and technical indicators.

УДК 621.3

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Низамов Р.А.
Научный руководитель: Е.Ю. Фёдоров, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Процесс автоматизированного проектирования бортовой кабельной сети беспилотного летательного аппарата состоит из решения множества задач. В этой статье будут рассмотрены задачи компоновки, размещения электрооборудования, разводка сложных электрических цепей, а также последующее формирование и трассировка жгутов.

Компоновка конструктивных узлов (КУ) бортовой кабельной сети (БКС) летательного аппарата (БПЛА) представляет собой объединение элементов электрооборудования в конструктивные узлы. Должны быть определены места размещения конструктивных узлов, ограничения на их объемы и т.п. Результаты решения определяют дальнейший характер разводки электрических цепей, формирование и трассировки жгутов. Задача компоновки и размещения конструктивных узлов наиболее часто встречается в смежных областях: при проектировании радиоэлектронной аппаратуры, устройств автоматики. В качестве критериев оптимизации используются различные оценки длины соединений. [1]

При решении задачи принципиальную электрическую схему представляют в виде графа коммутационной схемы, содержащую три типа вершин, соответствующих: E – элементам, C – выводам элементов, V – цепям. Структура графа коммутационной схемы задаётся матрицей цепей $T = \left\| t_{ij} \right\|_{n*k_1}$, строки которой соответствуют элементам, а столбцы выводам элементов, с учётом $k_1 = max, i = \overline{1,n}$, где n – число элементов. Кроме матрицы цепей зада-

ётся список запрещённых элементов, которые не могут находится в одной подсхеме.

Определяем приращение числа связей ΔK_j^i при помещении элемента e_i в кусок G_i. При $K_q^i = 1$ приращение имеется, при $K_q^i = 0$ – нет. Тогда алгоритм будет следующим:

1. В матрице Т выбираем строку e_i.
2. Строим вспомогательную строку для e_i строку s_o^i.
3. Определяем приращение ΔK_j^i, j= $\overline{1,p}$ в куски $1 \div p$.
4. Выбираем $\Delta K_{j^*}^i = \min_j \Delta K_j^i$.
5. Строку s_{j^*} модифицируем путём поразрядной дизъюнкции со строкой s_0^i.
6. Если число элементов в куске G_i равно заданному, то этот кусок сформирован, если меньше – выбираем другой элемент и повторяем алгоритм заново.

Задачей размещения является – распределение элементов и КУ на монтажном пространстве БПЛА. При решении задач размещения, определения конфигурации электрической сети БПЛА необходимо учитывать потери напряжения в проводах и многорежимность работы сети. Это приводит к тому, что проектирование БКС ведется взаимосвязано, то есть процесс проектирования носит сложный итерационный характер. [2]

Решение ведётся в 2 этапа. В начале происходит выбор элемента или КУ, основанный на расчёте меры связанности ещё неразмещённых элементов или КУ с размещёнными, исходя из матрицы смежности $R = \|r_{ij}\|_{n*n}$, которая учитывает количество связей между элементами или КУ и параметры этих связей. Выбирается элемент с наименьшим количеством связей с уже размещёнными элементами.

Далее выбранный элемент или КУ размещается в одной из незанятых позиций из множества L_n, выбранная с учётом критерия суммарной длины соединений. Для этого используется ортогональная метрика трёхмерного монтажного пространства БПЛА (Рис. 1.):

$$F_S = \sum_{V_q \in V(i.E_k)} \left[\left(x^q_{s_{max}} - x^q_{s_{min}} \right) + \left(y^q_{s_{max}} - y^q_{s_{min}} \right) + \left(z^q_{s_{max}} - z^q_{s_{min}} \right) \right]$$

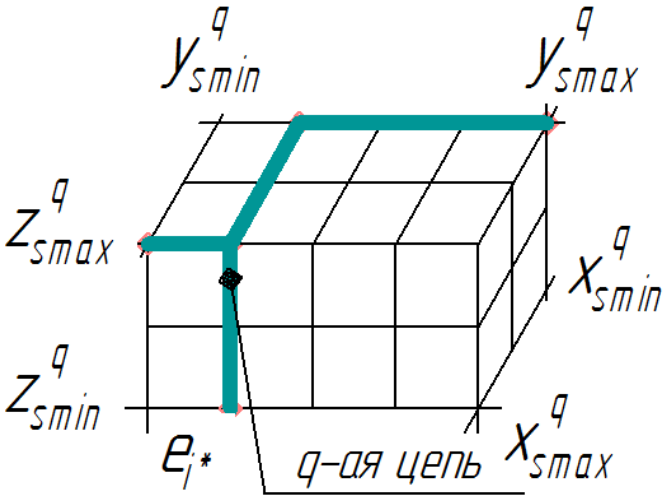


Рис. 1.

Правило выбора первого элемента или КУ (если отсутствуют размещенные элементы или КУ): такой элемент или КУ служит центром, вокруг которого группируется остальные элементы или КУ.

Разводка электрических цепей состоит в определении способа соединений эквипотенциальных выводов электрической схемы и проводится с учетом трасс и расположения элементов каждой цепи, требований надежности и т.п. Для проектирования межблочного монтажа в данных работах применяется разомкнутая топология соединений. При этом для уменьшения массы проводных соединений применяются дополнительные клеммы, образующие клеммные колодки. Электрические цепи при этом представляются графовыми моделями, и проблема сводится к определению минимальных покрывающих деревьев. [3]

Задачу разводки электрических цепей с использованием муфт сращивания удобно представить в виде деревьев Штейнера. Алгоритм построения дерева включает в себя:

1. Пронумеровать по часовой стрелке, по спирали точки множества $P = \{p_i\}$;
2. Определить вес соединений между заданными точками множества;
3. Составить матрицу весов $G = \|g_{ij}\|_{i*j}$;
4. Определить минимальный элемент матрицы весов;
5. Построить фрагмент дерева, соединяющий две точки p_i и p_i минимального элемента матрицы G;
6. Всем точкам ортогональной сетки, через которые прошёл фрагмент дерева, присвоить наименьший из номеров концевых точек фрагмента;
7. Повторять операции 2-6 пока не получится одно единственное дерево, связывающее все точки множества P и имеющий наименьший вес соединений.

Задача формирования жгутов состоит в объединении наборов проводов с учетом ограничений по электромагнитной совместимости, рода тока, технологичности, геометрических особенностей, мест прокладки и т.д. Количество работ по формированию жгутов ограничено, что объясняется трудностью постановки задачи из-за значительного числа проектных решений. Во многих существующих работах задача формирования жгутов решается при применении ортогональных графов и алгоритмов построения минимальных деревьев. [3]

Задача трассировки жгутов заключается в построении оптимальной траектории жгута в монтажном пространстве автомобиля. Во всех рассмотренных работах трассировка жгутов осуществляется в двухмерном пространстве с использованием графовых моделей. [3]

Работа выполняется в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-7706.2016.8.

Список литературы:

1. *Фёдоров Е.Ю., Хайруллина Г.С., Шакирзянова Н.Ш.* Компоновка элементов электрооборудования при автоматизированном проектировании летательного аппарата // Технические науки: тенденции, перспективы и технологии развития Волгоград, 11 октября 2016 г., С. 134-138.

2. *Фёдоров Е.Ю., Ференец А.В.* Оптимизационные задачи при автоматизированном проектировании бортовой кабельной сети летательного аппарата // Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли Казань, 10-12 августа 2016 г., С. 206-210.

3. *Низамов Р.А.* Автоматизированное проектирование бортовой кабельной сети летательного аппарата // Развитие технических наук в современном мире Воронеж, 08 декабря 2015 г., С. 174-175

OPTIMIZATION ALGORITHMS OF AUTOMATED DESIGNING OF THE ONBOARD CABLE NETWORK OF A UNMANNED AERIAL VEHICLE

Nizamov R.
Supervisor: E. Fedorov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The process of automated design of the onboard cable network of an unmanned aerial vehicle consists of solving a multitude of tasks. This article will discuss the problems of layout, placement of electrical equipment, wiring complex electrical circuits, as well as the subsequent formation and routing of harnesses.

УДК 621.314

СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Тихонов Я.С.
Научный руководитель: Р.И. Салимов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Система зажигания служит для воспламенения топливовоздушной смеси в цилиндрах газового двигателя грузового автомобиля. Неправильная настройка системы может привести к возникновению детонации сопровождающейся возникновением ударных волн.

С каждым годом применяется все большее количество электронных приборов в автомобилях. В настоящее время практически все системы электрооборудования включают элементы электроники с комплектующими, как отечественного, так и зарубежного производства. Это связано с решением таких задач, как обеспечение безопасности движения, уменьшение загрязнения воздуха, усовершенствование ходовых качеств автомобиля, его надежность, снижение трудоемкости технического обслуживания. Внедрение электронных устройств идет по двум основным направлениям: замена существующих механических устройств, функции которых электронные устройства выполняют более качественно и надежнее, внедрение электронных приборов, выполняющих функции, которые не могут выполнять механические приборы (электронные системы против блокировки, различные автоматические устройства, задающие режим работы двигателя, движения автомобиля и др.). Использование данных устройств позволяет существенно повысить эксплуатационные качества автомобиля. Система зажигания является обязательным комплектующим любого газового или бензинового двигателя.

Автомобиль КАМАЗ-6520-35 с газовым двигателем КАМАЗ-820.73-300 решает эту проблему. Максимальная мощность двигателя 221 кВт, 300 лошадиных сил при частоте вращения коленчатого вала 1900 об/мин. Максимальный крутящий момент 1373 Нм,

при частоте коленчатого вала 1300 об/мин. Среди преимуществ данной модели двигателя можно отметить следующие: экономия затрат на топливо в 2-3 раза, пониженный уровень шума при работе двигателя, значительное снижение количества токсичных веществ в выхлопных газах[4].

Блок микропроцессорной системы зажигания используется для управления зажиганием двигателя внутреннего сгорания с искровым зажиганием. Данный блок работает с 1,2,3,4,5,6,8 цилиндровыми двигателями. Имеется возможность установки Bluetooth для осуществления беспроводной связи[2].

Существуют три способа распределения высокого напряжения по цилиндрам ДВС[1]:

а) Механический распределитель. Это самый простой способ раздачи искры по цилиндрам, в настоящее время не применяется.

б) Попарно-параллельное распределение. Обычно этот способ применяется на двигателях с четным числом цилиндров (2 или 4). В данном случае каждая катушка работает на два цилиндра, т.е. искра подается сразу на два цилиндра. При этом в одном из цилиндров в этот момент такт сжатия, в другом – такт выпуска. Получается, одна искра работает в «холостую». Потери искры практически нет, т.к. искра в такте выпуска происходит при давлении идет на поджигание топливно-воздушной смеси в цилиндре с тактом сжатия. Этот способ применяется на автомобилях ВАЗ-1111 «Ока», ВАЗ-2110 и т.д.

в) Индивидуальное распределение. Наиболее прогрессивный метод подключения. На каждый цилиндр работает отдельная катушка и коммутатор Обязательное условие – наличие датчика фаз (ДФ), кроме 1-цилиндрового двигателя. Этот способ применяется на автомобилях Toyota Land Cruiser, Mitsubishi Pajero и т.д.

Подключение катушек зажигания

Катушки зажигания подключаются при помощи коммутаторов. Если катушка зажигания имеет встроенные коммутаторы, то ее можно подключать напрямую к выходам зажигания блока. Блок имеет 8 каналов зажигания. За основную работу блока МПСЗ отвечает микропроцессор ATmega644.

ATmega644 – 8-битный микроконтроллер CMOS с низким энергопотреблением, основанный на AVR с расширенной архитектурой RISC. Выполняя мощные команды в один тактовый цикл, ATmega644 достигает производительности, приближающейся к 1 MIPS при частоте 1 МГЦ, что позволяет системному проектировщику оптимизировать потребляемую мощность на выбранной частоте[3].

Список литературы

1) *Салимов Р.И.* Конспект лекций по курсу «Системы управления автотракторными двигателями», Казань, 2017, с. 78-81

2) Электронный блок управления системой зажигания [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.secu-3.org.SECU-3. (дата обращения 3.05.2017)

3) Микроконтроллер [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.atmel.com.MicrochipAtmel. (дата обращения 5.05.2017)

4) Характеристика автомобиля КАМАЗ [Электронный ресурс]. http://www.kamaz.ru.KAMAZ. (дата обращения 2.05.2017)

TRUCK IGNITION SYSTEM

Tikhonov Ya.
Supervisor: R. Salimov, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
*(Kazan National Research Technical University
named after A.N. Tupolev, Kazan)*

The ignition system is designed to ignite the fuel-air mixture in the cylinders of the gas engine of an unmanned cargo vehicle. Improper tuning of the system can lead to the appearance of detonation accompanied by the appearance of shock waves.

УДК 621.3

АЛГОРИТМ РАБОТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗАПУСКА С ФУНКЦИЕЙ АВТОЗАПУСКА ДВС БЕСПИЛОТНОГО ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Умутбаев Р.Р.
Научный руководитель: Р.И. Салимов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлен алгоритм системы дистанционного запуска с функцией автозапуска (СДАЗ). Приведено описание алгоритма СДАЗ.

Система пуска включает электростартер, аккумуляторную батарею и систему управления.

Система дистанционного запуска двигателя беспилотного грузового автомобиля предназначена для программного запуска двигателя беспилотного грузового автомобиля по команде оператора центра управления беспилотными автомобилями (ЦУБПА). Вторая функция заданной системы автозапуска – предназначена для автоматического запуска и прогрева двигателя. Устройство рассчитано на работу с двигателями с автоматической трансмиссией. Разрабатываемая система является сложной задачей, но наиболее труднее осуществить эффективность управления пуска автомобиля без содействия водителя.

В системе дистанционного запуска применяется опциональный GSM-GPRS и GPS-GLONASS телематический модуль, который позволяет определять координаты автомобиля, управлять дистанционно из любой точки Земли.

Интеллектуальный автозапуск позволяет осуществлять дистанционный и автоматический запуск двигателя по заданной температуре двигателя. Так же может применяться безопасное и эффективное управление роем роботизированных автомобилей в режиме жёсткого реального времени. Такая функция найдет при-

менение в автомобилях работающих в больших карьерах по добыче ресурсов.

Описание алгоритма работы СДАЗ

Алгоритм работы СДАЗ представлен на рис. 1.

В блок схеме введены следующие обозначения:

- температура двигателя – Тдв;
- заданная температура – Тзад;
- количество попыток пуска двигателя автомобиля – N;
- число оборотов коленчатого вала двигателя - n, для надежного пуска его минимальное значение – $n$min≥300 об/мин;
- $U_{АБ}$ – напряжение аккумуляторной батареи;
- Umin – минимальное напряжение аккумуляторной батареи, для надежного пуска его значение не ниже заданной, что соответствует степени заряженности аккумуляторной батареи 75%;
- время паузы между попытками пуска – $t_{пуск}$, оно равняется 60 с.

Отсутствием сигнала определяется включен ли стояночный тормоз, в каком положении коробка передач и открыты или закрыты двери и капот автомобиля. ДВС – двигатель внутреннего сгорания.

Начало работы алгоритма. На вход СДАЗ поступает команда «Начало». Выполняется ввод команд: «Запуск», «Отбой», «Аварийный отбой»; Ввод исходных данных: $n_{мин}$; $N_{макс} = 3$; $U_{АБ\,пор}$; $t_{пуск}$; $t_{паузы}$; Z.

Если включена функция автозапуска, то выполняется проверка: температуры двигателя Тдв и заданной температуры Тзад. Происходит сравнение температуры двигателя Тдв с заданной температурой Тзад. Если температура двигателя меньше заданной температуры, то происходит включение зажигания. Если температура ДВС больше заданной температуры, то алгоритм повторяется с момента проверки функции автозапуска.

Если функция автозапуска выключена, то происходит включение зажигания. Если частота вращения коленчатого вала n больше минимальной частоты вращения n_{min}, то происходит блокировка включения стартера и информирование оператора о результате запуска. Если частота вращения коленчатого вала не превышает ми-

нимального значения, то происходит проверка отсутствия сигналов датчика состояния системы (сигналы с замков дверей, капота, стояночного тормоза). Если датчик состояния системы запрещает запуск, то происходит блокировка включения стартера и информирование оператора о результате запуска, если нет, то сравнивается напряжение аккумуляторной батареи с пороговым значением. Если уровень зарядки аккумуляторной батареи ниже порогового значения, то происходит блокировка включения стартера и информирование оператора о результате запуска, иначе происходит проверка на превышение количества попыток запуска двигателя. Если количество попыток запуска больше трех, то происходит блокировка включения стартера и информирование оператора о результате запуска, если нет, то происходит запуск двигателя длительностью 10 с.

Если частота вращения коленчатого вала не превысила 300 об/мин, то выжидается пауза 60 с. К количеству попыток запуска прибавляется единица и алгоритм повторяется с момента проверки сигналов датчика состояния системы.

Если частота вращения коленчатого вала превысила значение 300 об/мин, то происходит отключение стартера и работа ДВС. Если с ЦУБПА не поступает сигнал «Отбой», то происходит информирование оператора, а иначе ДВС отключается и после происходит информирование оператора.

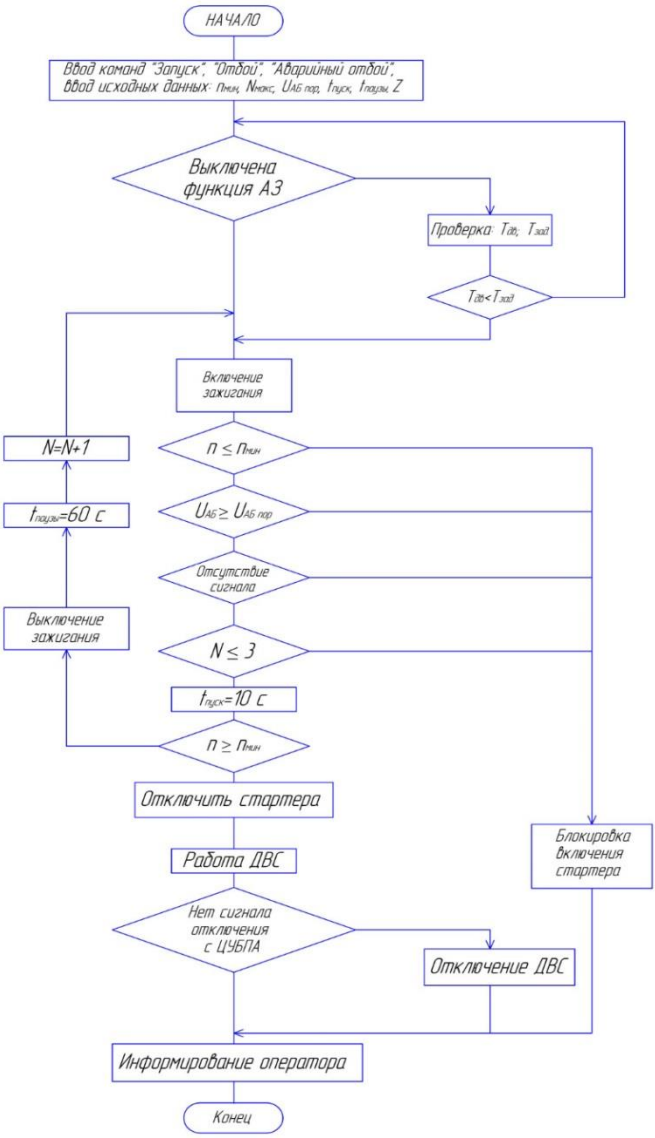


Рис.1. Алгоритм работы системы дистанционного запуска с функцией автозапуска.

ALGORITHM OF WORK OF INTELLIGENT REMOTE STARTING SYSTEM WITH FUNCTION OF AUTOMOTIVE START OF AN UNMANNED TRUCK

Umutbaev R.
Supervisor: R. Salimov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The algorithm of remote start system with the function of autorun (RSAS) is presented. The description of the RSAS algorithm is given.

УДК 621.311.69

СТАТИЧЕСКИЙ АЭРОДРОМНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ

Черных Д.А., Петрухин О.М.
Научный руководитель: А.А. Цой, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Обеспечение электропитанием летательных аппаратов при подготовке к полетам и наземном техническом обслуживании требует преобразование электроэнергии, подводимой из общей электросети аэропорта. Для этого обычно используются преобразователи вращающегося типа, которые имеют ряд недостатков. В данной статье разработан статический преобразователь, лишенный этих недостатков.

Одна из основных задач обеспечения электропитанием летательных аппаратов при подготовке к полетам и наземном техническом обслуживании связана с преобразованием трехфазного напряжения 380 В, 50 Гц в напряжение переменного тока 208/120 В повышенной частоты 400 Гц и постоянного тока 27 В.

Традиционно эта задача решалась использованием хорошо известных преобразователей вращающегося типа серий АТТ (трехфазный преобразователь переменного тока), АТО (преобразователь трехфазного переменного напряжения в однофазное переменное), АТП (преобразователь трехфазного переменного напряжения в постоянное), ЭМУ (электромашинные усилители), которые отличались простотой элементной базы и по сей день продолжают эксплуатироваться на различных объектах специального назначения. Однако, несовершенство вращающейся техники очевидно: небольшой межремонтный ресурс, высокая шумность, несовершенные массогабаритные характеристики, усложненная диагностика неисправного состояния, низкий КПД, низкий коэффициент мощности. Эти недостатки можно подчеркнуть и у авиационного электро-преобразовательного передвижного агрегата (АПЭА-100).

Решение вопросов разработки силового электронного преобразователя, имеющего выходные электрические параметры близкие

по характеристикам к электромашинным источникам аэродромного питания, является основной задачей проводимых исследований.

Объектом исследования является статический источник аэродромного питания, в том числе исследования структуры, возможностей технической реализации и выходные характеристики преобразователей, не использующих электрические машины и трансформаторы.

Актуальность выбранной темы обусловлена значимостью разработки статических аэродромных источников питания, которые позволяют осуществить надежную работу питаемых ими устройств, а также снизить расходы на эксплуатацию при высоком коэффициенте надежности.

Целью данной работы является разработка аэродромного статического источника питания, позволяющий сочетать в себе источник питания как переменного, так и постоянного тока с рациональными энергетическими и техническими показателями.

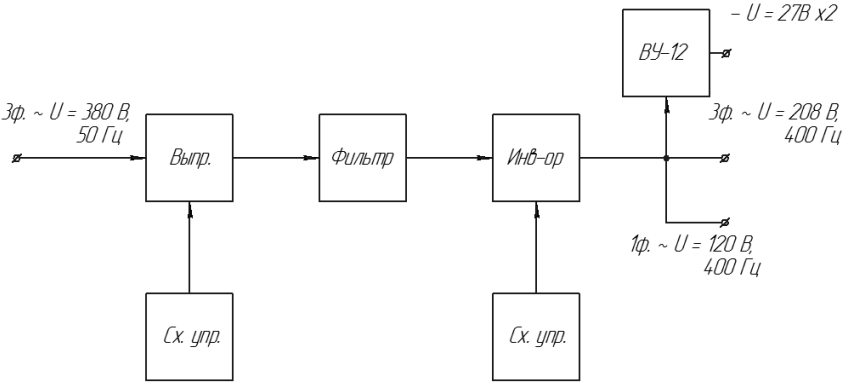


Рис.1 Функциональная схема

На рисунке 1 представлена функциональная схема разрабатываемого преобразователя. Для выполнения поставленных целей необходимо выпрямить входное напряжение с помощью полууправляемого тиристорного выпрямителя. Далее выпрямленное напряжение фильтруется для уменьшения пульсаций. Затем напряжение подается на управляемый инвертор, который преобра-

зует его в трехфазное переменное напряжение с необходимыми параметрами. С этого трехфазного напряжения снимается однофазное напряжение, к нему также подключаются выпрямительные устройства для получения системы постоянного тока. Между выходом и схемой управления инвертора устанавливается отрицательная обратная связь для обеспечения стабильности выходного напряжения вне зависимости от колебаний параметров входной цепи.

Выпрямитель представляет собой трехфазную мостовую схему выпрямления на тиристорах.

Выпрямление с наименьшим возможным повышением напряжения без возникновения режима прерывистых токов осуществляется с углом управления тиристорами, равным 60°. При этом по результатам расчетов среднее значение выпрямленного напряжения равняется 257В. Значение выпрямленного тока – 311А. Частота пульсаций выпрямленного напряжения равняется 300Гц. Для сглаживания пульсаций после выпрямителя устанавливается LC-фильтр. Фильтр реализуется на следующих элементах: дроссель ДС-320/4 и восемь конденсаторов МГБВ 500В 160мкФ.

По результатам предварительного и теплового расчета вентилей в качестве элемента для построения выпрямителя выбран силовой тиристор Т153-630 с охладителем О153-150.

Управление тиристорным выпрямителем осуществляется с помощью драйвера ДТРВ-6-DIN. Данный драйвер имеет встроенную защиту, исключающую большой начальный пусковой ток, перегрузки по току, а также позволяющую контролировать как наличие напряжения на всех трех фазах, подключенных к тиристорному преобразователю, так и правильный порядок чередования фаз. Защита от перегрузок по току осуществляется при помощи датчиков тока ДТХ-500.

Управляемый инвертор представляет собой трехфазную мостовую схему на биполярных транзисторах с изолированным затвором.

Как правило, перед инвертором устанавливают ёмкость, роль которой в данном случае играет конденсатор выбранного ранее LC-фильтра.[2] По результатам расчетов, эта ёмкость должна быть

больше или равна 856 мкФ. Выбранная ранее батарея конденсаторов имеет емкость 1280 мкФ, что удовлетворяет озвученным требованиям.

По результатам предварительного и теплового расчета вентилей в качестве элемента для построения инвертора выбран IGBT-модуль МТКИ400-12 с охладителем О55/265.

Для выделения синусоиды из выходного сигнала инвертора устанавливается LC-фильтр. Фильтр реализуется на следующих элементах: дроссель ДС400/1 и конденсатор К7569.

Управление инвертором на IGBT осуществляется с помощью широтно-импульсной модуляции. Реализуется это с помощью драйвера ДРИ61-10-12-1ОП1К-1. Драйвер выполняет следующие функции: обеспечивает включение и выключение транзистора с частотой переключения до 20 кГц; обеспечивает на затворе транзистора отпирающее напряжение до +17 В, задержка включения не превышает 1 мкс, время нарастания напряжения не более 0,4 мкс; обеспечивает на затворе транзистора запирающее напряжение до минус 5 В, задержка выключения не превышает 0,4 мкс, время спада напряжения не более 0,2 мкс; обеспечивает защиту транзистора при перегрузке по току или коротком замыкании в нагрузке, определяемым по ненасыщенному состоянию транзистора, путём плавного его запирания. Задержка срабатывания защиты 3 мкс, задержка начала выключения 4,5 мкс, время спада напряжения на затворе около 8 мкс; ограничивает напряжение между базой и эмиттером транзистора на уровнях +18 В и –6 В. Кроме того, передает в систему управления сигнал об аварийном выключении транзистора и об опасном снижении напряжения питания драйвера. Знак выходного напряжения драйвера индицируется светодиодом на плате драйвера зелёным цветом для положительного напряжения и красным – для отрицательного.

Общая потеря напряжения в преобразователе, по результатам расчетов, составляет 17,78 В.

Суммарные потери мощности составляют 5,5 кВт. КПД преобразователя равно 88%. Коэффициент мощности равен 0,477. Так как коэффициент мощности управляемых выпрямителей зависит от

угла управления, имеем в данном проекте его достаточно низкую величину.[1]

В устройстве используются следующие элементы коммутации. На входе установлен рубильник ВР32-37В 31250, после него установлен пост управления кнопочный ПКЕ-212-2. На выходе установлен автоматический выключатель ВА50-39Про. Выходы выполнены в виде ШРАП-разъемов.

Организация системы постоянного тока осуществляется при помощи готового устройства бортового питания ВУ-12 в количестве двух штук, подключаемых параллельно к трехфазной выходной сети инвертора.

В ходе работы был спроектирован статический аэродромный источник питания.

Источник имеет три выходные системы: систему постоянного тока с номинальным напряжением 27 В; систему переменного трехфазного тока с номинальным напряжением 208 В частотой 400 Гц; систему переменного однофазного тока с номинальным напряжением 120 В частотой 400 Гц.

Источник построен исключительно на элементах отечественного производства, имеет коэффициент мощности 0,477; КПД = 88%.

По сравнению с агрегатом АПЭА-100 разработанный источник имеет значительно меньшую массу и габариты. Также устройство обладает высоким качеством электроэнергии, высокой стабильностью выходного напряжения и низким уровнем интенсивности воздушного шума и вибраций.

Список литературы:

1. Цой А.А. Методика проектного расчета выпрямителей – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2016, 68 с.

2. Розанов Ю.К. Основы силовой преобразовательной техники.-М.:Энергия, 1970.-392с.

STATIC AERODROME POWER SUPPLY

Chernykh D., Petruhin O.
Supervisor: A. Tsoi, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The provision of electric power to aircraft in preparation for flights and ground maintenance requires the conversion of electricity supplied from the general electrical network of the airport. For this, rotary-type converters are usually used, which have a number of disadvantages. In this paper, a static converter has been designed without these drawbacks.

УДК 621.3

АПРОБАЦИЯ ПРОГРАММЫ АНАЛИЗА РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Шатский А.П.
Научный руководитель: Н.Ш. Шакирзянова, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Приведены результаты апробации программы, осуществляющей расчеты и анализы режимов работы системы электроснабжения постоянного тока транспортных средств при проектировании, модификациях и модернизации этой системы.

Описание самой программы дано в [1], [2]. Апробация программы проводилась на примере реальных сетей системы электроснабжения транспортного средства.

При старте программы в окне заставки вызывается постоянная экранная форма выбора режима работы (рис. 1). Устанавливаются связи программы с базами проектных и справочных данных. Кнопка «ВЫБОР СХЕМЫ» вызывает экранную форму выбора расчетной схемы (рис. 2).

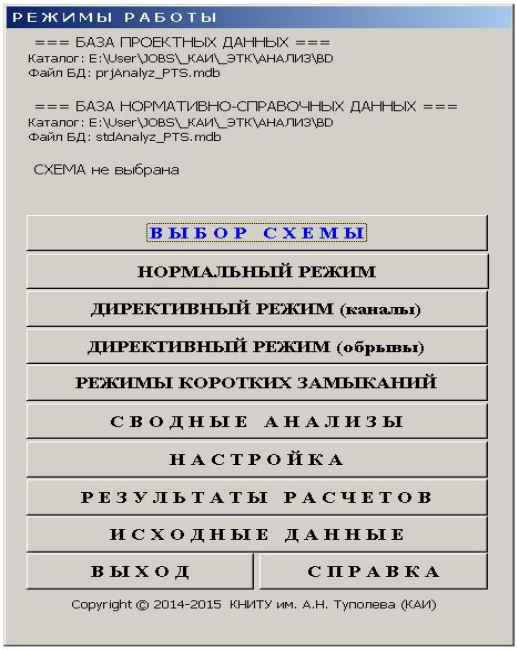


Рис. 1. Начальный вид экранной формы выбора режима работы

После выбора расчетной схемы (для нашего расчета – схема левого борта) возвращаемся к экранной форме выбора режима работы (рис. 1) и выбираем один из режимов работы «НОРМАЛЬНЫЙ РЕЖИМ», «ДИРЕКТИВНЫЙ РЕЖИМ (каналы)», «ДИРЕКТИВНЫЙ РЕЖИМ (обрывы)». «РЕЖИМЫ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ». После чего вызывается соответствующая экранная форма проведения расчетов.

Нажатие кнопки «  » вызывает расчет выбранного режима работы текущей расчетной схемы. Для просмотра результатов расчета необходимо в экранной форме выбора режима работы (рис. 1) выбрать режим «РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ».

В конце статьи приводятся результаты апробации программы на примере первичной сети (левый борт), представленной на рис.3.

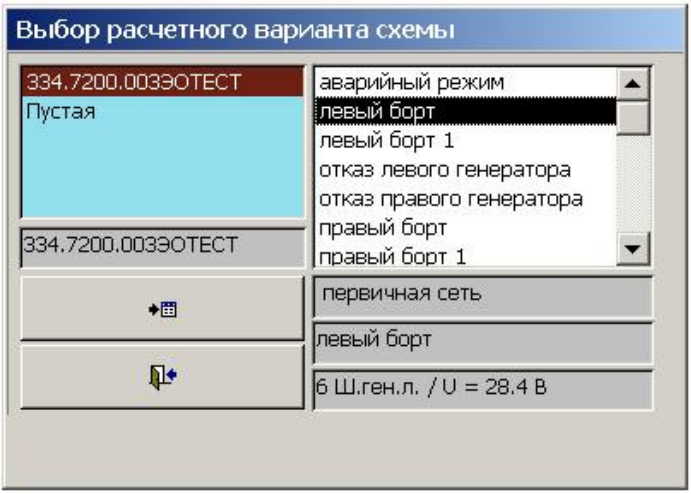


Рис. 2. Вид экранной формы выбора расчетной схемы

В сети источниками электроэнергии G1 и G5 являются соответственно генератор и аккумуляторная батарея (АБ), потребителями – токи нагрузок шин (6 Ш.ген., 7 Ш.ген., 8 Ш.ген.). В таблице 1 приведены эти токи по этапам полета.

Таблица 1

Позиционное обозначение шины	Ток нагрузки по этапам полета, (А)		
	Лето, ночь	Зима, ночь	Сложные метеоусловия
7 Ш.акк.	41,55	41,55	41,0
8 Ш.акк.	100,7	87,45	87,45
6 Ш.акк.	45,55	45,55	45,55

Результаты расчета нормального режима от 23.04.2017
СХЕМА: 003ЭОТЕСТ левый борт
Узел регулирования напряжения: 6 Ш.ген.л. U = 28,4В

Этапы работы

Номер этапа	Этап полета
1	лето, ночь

2	зима, ночь
3	сложные метеоусловия

НАПРЯЖЕНИЯ НА ШИНАХ РУ по этапам выполнения задания

ШИНА РУ	**U, в (1)**	**U, в (2)**	**U, в (3)**
6 Ш.ген.л.	27,88	27,923	27,925
7 Ш.ген.л.	27,79	27,834	27,837
8 Ш.ген.л.	27,649	27,723	27,725

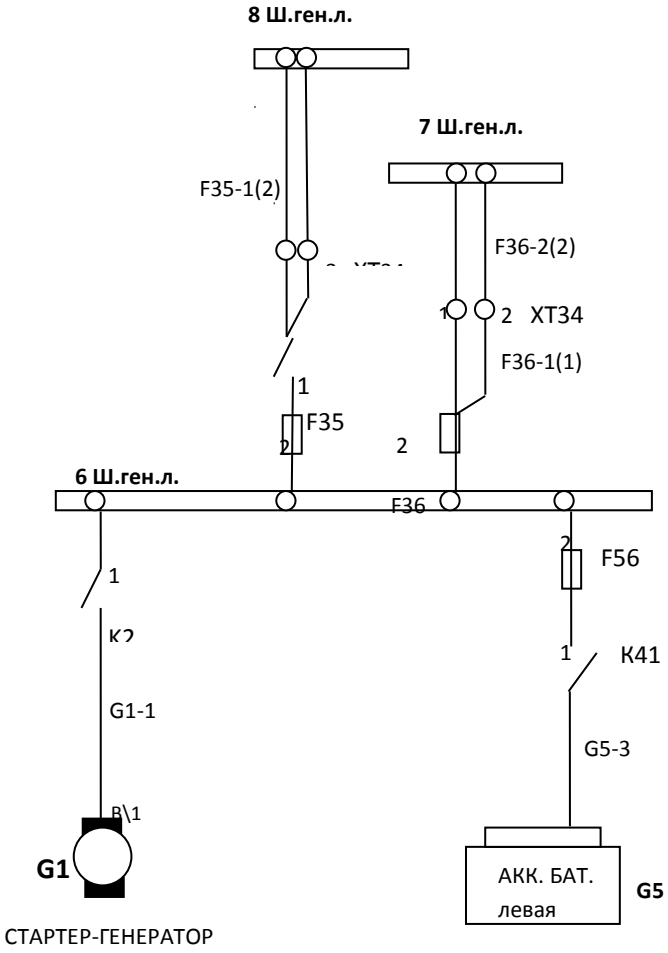

8 Ш.ген.л.
7 Ш.ген.л.
F35-1(2)
F36-2(2)
1
2 XT34
F36-1(1)
1
F35
2
2
6 Ш.ген.л.
F36
2
F56
1
1
K2
1
K41
G1-1
G5-3
B\1
G1
АКК. БАТ.
левая
G5
СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОР

Рис.3. Расчетная схема левого борта

ТОКИ В ПРОВОДАХ по этапам выполнения задания

Бирка провода	Откуда, элемент	ЭС	к-т	Куда элемент	ЭС	к-т	канал	I, A (1)	I, A (2)	I, A (3)
G1-1	G1		B/1	K2		2	1	187,8	174,55	174
	K2		1	6 Ш.ген.л.		1	1	187,8	174,55	174
	6 Ш.ген.л.		1	F36		1	1	41,55	41,55	41
F36-1(1)	F36		2	XT34		1	2	41,55	41,55	41
F36-1(2)	XT34		1	7 Ш.ген.л.		1	2	41,55	41,55	41
	6 Ш.ген.л.		1	F35		1	1	100,7	87,45	87,4
F35-1(1)	K30		1	XT34		3	2	100,7	87,45	87,4
F35-1(2)	XT34		3	8 Ш.ген.л.		1	2	100,7	87,45	87,4
G5-3	G5		+	K41		2	1	5	5	5
	K41		1	F56		1	1	5	5	5
	F56		2	6 Ш.ген.л.		1	1	5	5	5
	F35		2	K30		2	1	100,7	87,45	87,4

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ДИРЕКТИВНОГО РЕЖИМА от 19.05.2016

СХЕМА: 003ЭОТЕСТ левый борт

Узел регулирования напряжения: 6 Ш.ген.л. U = 28,4В

Изменение числа каналов в 1 проводах: ОТКУДА: F36(2) КУДА: XT34(1) КАНАЛОВ: 1

Этапы работы

Номер этапа	**Этап полета**
1	лето, ночь
2	зима, ночь
3	сложные метеоусловия

НАПРЯЖЕНИЯ НА ШИНАХ РУ
по этапам выполнения задания

ШИНА РУ	**U, в (1)**	**U, в (2)**	**U, в (3)**
6 Ш.ген.л.	27,88	27,923	27,925
7 Ш.ген.л.	27,771	27,815	27,818
8 Ш.ген.л.	27,649	27,723	27,725

ТОКИ В ПРОВОДАХ по этапам выполнения задания

Бирка провода	Откуда элемент	ЭС	к-т	Куда элемент	ЭС	к-т	канал	I, A (1)	I, A (2)	I, A (3)
G1-1	G1		B/1	K2		2	1	187,8	174,55	174
	K2		1	6 Ш.ген.л.		1	1	187,8	174,55	174
	6 Ш.ген.л.		1	F36		1	1	41,55	41,55	41
F36-1(1)	F36		2	XT34		1	1	41,55	41,55	41
F36-1(2)	XT34		1	7 Ш.ген.л.		1	2	41,55	41,55	41
	6 Ш.ген.л.		1	F35		1	1	100,7	87,45	87,4
F35-1(1)	K30		1	XT34		3	2	100,7	87,45	87,4

F35-1(2)	XT34		3	8 Ш.ген. л.		1	2	100,7	87,45	87,4
G5-3	G5		+	K41		2	1	5	5	5
	K41		1	F56		1	1	5	5	5
	F56		2	6 Ш.ген. л.		1	1	5	5	5
	F35		2	K30		2	1	100,7	87,45	87,4

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА РЕЖИМА КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ от 03.06.2016

СХЕМА: 003ЭОТЕСТ левый борт

Узел регулирования напряжения: 6 Ш.ген.л. U = 28,4В

Расчет КЗ на: 7 Ш.ген.л.

УСТАНОВИВШИЙСЯ РЕЖИМ

НАПРЯЖЕНИЯ НА ШИНАХ РУ

ШИНА РУ	**U, В**
6 Ш.ген.л.	3,151
7 Ш.ген.л.	0
8 Ш.ген.л.	3,151

ТОКИ В ПРОВОДАХ

Бирка провода	Откуда, элемент	ЭС	к-т	Куда элемент	ЭС	к-т	канал	I, А
G1-1	G1		B/1	K2		2	1	560
	K2		1	6 Ш.ген.л.		1	1	560
	6 Ш.ген.л.		1	F36		1	1	1706,707
F36-1(1)	F36		2	XT34		1	2	1706,707
F36-1(2)	XT34		1	7 Ш.ген.л.		1	2	1706,707
	6 Ш.ген.л.		1	F35		1	1	0
F35-1(1)	K30		1	XT34		3	2	0
F35-1(2)	XT34		3	8 Ш.ген.л.		1	2	0
G5-3	G5		+	K41		2	1	1146,707

	K41		1	F56		1	1	1146,707
	F56		2	6 Ш.ген.л.		1	1	1146,707
	F35		2	K30		2	1	0

===== ПУТЬ от узла КЗ (7 Ш.ген.л.) до аккумулятора (G5):
------ Время срабатывания аппарата защиты: F36 (ТП - 160)
Tcp = 0,000001сек Tmin = 0,0000008сек Tmax = 0,0000012сек
Ток в проводе = 1706,7А
------ Время срабатывания аппарата защиты: 24.30-F56 (ИП - 50)
Tcp = 0,017764сек Tmin = 0,014212сек Tmax = 0,021317сек
Ток в проводе = 1146,7А
****** Защита селективна

===== ПУТЬ от узла КЗ (7 Ш.ген.л.) до генератора (G1):
------ Время срабатывания аппарата защиты: F36 (ТП - 160)
Tcp = 0,000001сек Tmin = 0,0000008сек Tmax = 0,0000012сек
Ток в проводе = 1706,7А
****** Защита селективна

ПРОВЕРКА АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ТОКАМ КЗ В УСТАНОВИВШЕМСЯ РЕЖИМЕ
..... ошибки не обнаружены .....

Список литературы:

1. *Федоров Е.Ю., Шакирзянова Н.Ш., Хайруллина Г.С.* Специализированное программное обеспечение для автоматизированного проектирования электротехнических комплексов летательных аппаратов Вестник КАИ №2 2016 г, с.78-84.

2. *Низамов Р.А., Шакирзянова Н.Ш., Хайруллина Г.С.* Специализированное программное обеспечение автоматизированного проектирования электротехнических комплексов транспортных средств. Восьмая Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроение России», Материалы конференции. Сборник докладов. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. С. 1065-1067.

APPROBATION OF PROGRAM ANALYSIS MODES OF OPERATION OF THE ELECTRICAL POWER SUPPLY SYSTEM OF VEHICLES

Shatskiy A.
Supervisor: N. Shakirzyanova, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

There present the results of program evaluation, implementing calculation and analyses of the modes of operation of the electrical power supply system direct current vehicles in the design, modifications and modernisation of this system.

УДК 62.523:62.58

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ СКОРОСТИ БЕСПИЛОТНОГО ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

Шигапов Р.Р.
Научный руководитель: Р.И. Салимов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлены требования к системе автоматического поддержания скорости беспилотного грузового автомобиля. Дается описание режимов работы системы т его исполнительных элементов.

Интеллектуальная система автоматического поддержания скорости (ИСАПС) предназначена для поддержания заданной (требуемой, оптимальной) скорости автомобиля в автоматическом режиме в зависимости от дорожной обстановки.

При разработке ИСАПС определены требования к системе: требования оценки дорожной обстановки, требования к автомобилю, требования к управлению двигателем, требования к тормозной системе, требования к управлению ИСАПС.

Рассмотрим каждую группу требований по отдельности.

1) Требования к оценке дорожной обстановки:

- наличие (или отсутствие) впередиидущего попутного транспортного средства;
- наличие (или отсутствие) попутно движущегося транспортного средства сзади;
- наличие (или отсутствие) движущегося транспортного средства сбоку;
- наличие (или отсутствие) встречно движущегося транспортного средства;
- наличие (или отсутствие) транспортного средства, выезжающего с боковой дороги;
- наличие (или отсутствие) неровной дороги.

1) Датчики для этой оценки:

- радиолокационный датчик;
- лидар;
- стереотелекамера, определяет разметку, границу обочины;
- ультразвуковой датчик, для определения транспортных средств сбоку (боковые помехи);
- гироскоп;
- навигационный датчик;
- датчик скорости автомобиля;
- датчик неровной дороги.

2) Требования к автомобилю:
- тсутствие кабины и рабочего места водителя;
- наличие противобуксовочной системы (ПБС);
- наличие системы курсовой устойчивости.

3) Требования к управлению двигателем:
- отсутствие педали газа;
- автоматическое управление дроссельной заслонкой;

Датчики:
- датчик положения дроссельной заслонки;
- датчик частоты вращения коленчатого вала;
- датчик скорости автомобиля;
- датчик температуры охлаждающей системы;
- другие датчики, управляющие режимом работы двигателя.

4) Требования к тормозной системе:
- отсутствие педали тормоза;
- отключение (ИСАПС) при вынужденном торможении;
- торможение двигателем;
- Штатная тормозная система, включается при заданном замедлении, вплоть до полной остановки, в том числе при экстренном торможении;
- наличие антиблокировочной системы (АБС);
- в случае, если торможение двигателем малоэффективно, в работу вступает параллельно с ним штатная тормозная система.

Датчики:
- все штатные датчики антиблокировочной системы;
- при торможении двигателем информация поступает от ДПДЗ, ДЧВКВ, датчика температуры охлаждающей системы.

5) Требования к рулевому управлению:

- руль отсутствует, имеются рулевые механизмы;
- реализуется зависимость скорости автомобиля от угла поворота дороги и угла поворота колес.

6) Требования к управлению ИСАПС:

- включение САПС происходит автоматически при достижении заданной скорости;
- отключение САПС происходит по командам датчиков дорожной обстановки;
- переход системы в режим автоматического поддержания дистанции при движении к колонне.

Исполнительными элементами ИСАПС для беспилотного грузового транспорта являются:

- электропривод дроссельной заслонки;
- устройство управления тормозной системой;
- устройство управления коробкой передач;
- устройство управления поворотом колес.

Исполнительные устройства должны обеспечивать:

- поворот дроссельной заслонки;
- торможение автомобиля тормозной системой;
- управление автоматической коробкой переменных передач;
- управление поворотом колес.

Эти функции обеспечиваются соответствующими электроприводами.

Разрабатываемая система работает в двух режимах:

1. Режим поддержания скорости.
2. Режим поддержания дистанции.

В первом режиме от САПС требуется поддержание заданной скорости. Этот режим делится на 3 типа (рис.1):
движение по ровной дороге;

- движение в гору;
- движение под гору.



Рис. 1. Поддержания скорости

Второй режим включается при обнаружении датчиками впередиидущего транспортного средства. (Рис. 2) САПС переключается в режим поддержания дистанции. Система поддерживает безопасное расстояние в зависимости от скорости движения автомобиля и от дорожного покрытия.

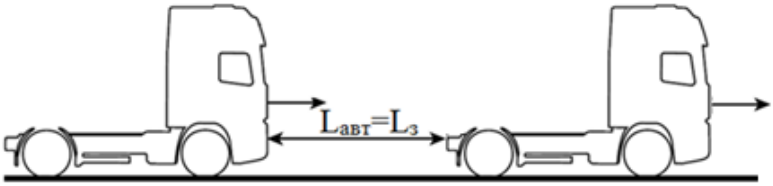


Рис. 2. Поддержание дистанции

INTELLIGENT AUTOMATIC SPEED SUPPORT SYSTEM OF AN UNMANNED TRUCK

Shigapov R.
Supervisor: R. Salimov, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical
University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The requirements for the automatic cruise control system of an unmanned truck are presented. The executive elements and operating modes of the system are given.

УДК 621.3:629.7

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ

Шушакова А.А. Кочкарова Л.М.
Научный руководитель: А.Ю. Афанасьев, д.т.н. профессор
В.Г. Новосельский, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлены результаты оптимального управления электропривода с двигателем постоянного. Особенностью данных исследований электропривода заключается в том, что в данном случае ставится задача оптимального управления для двигателя независимого возбуждения.

Оптимальное управление электроприводом позволяет в некоторых случаях значительно повысить как быстродействие, так и производительность электропривода. Этой проблеме уделено большое внимание, что не удивительно, ведь электропривод, в настоящее время, используется довольно часто для различных исполнительных механизмов.

Задачей оптимального управления является расчет оптимальной программы управления и синтеза системы управления. Решение задачи оптимального управления может быть с помощью различных методов, основными являются:

- Метод максимума Понтрягина;
- Динамическое программирование;
- Метод множителей Лагранжа;
- Метод вариационного исчисления;

Рассмотрим электродвигатель постоянного тока независимого возбуждения без учета потерь в стали. Его электромагнитный момент определяется формулой:

$$M = c\Phi i_я . \qquad (1.1)$$

Здесь Ф – основной магнитный поток; $i_я$ – ток обмотки якоря;

c – конструктивный коэффициент.

Магнитный поток является функцией от тока возбуждения:

$$\Phi = f(i_в). \quad (1.2)$$

Если магнитопровод двигателя не насыщен, то можно положить:

$$\Phi = k_\Phi i_в, \quad (1.3)$$

где $i_в$ – ток обмотки возбуждения.

Мощность электрических потерь определяется формулой

$$P = r_я i_я^2 + r_в i_в^2. \quad (1.4)$$

Требуется найти токи $i_я$, $i_в$, при которых создается требуемый электромагнитный момент M^o, а мощность потерь P минимальна.

Решим поставленную задачу методом множителей Лагранжа. Составим функцию Лагранжа:

$$V = r_я i_я^2 + r_в i_в^2 + \lambda(ck_\Phi i_в i_я - M^o). \quad (1.5)$$

Условия ее стационарности по токам $i_я$, $i_в$ имеют вид:

$$\frac{\partial V}{\partial i_я} = 2r_я i_я + \lambda c k_\Phi i_в = 0; \quad (1.6)$$

$$\frac{\partial V}{\partial i_в} = 2r_в i_в + \lambda c k_\Phi i_я = 0. \quad (1.7)$$

Перенесем слагаемые с множителем Лагранжа λ в правые части и разделим уравнения почленно:

$$2r_я i_я = -\lambda c k_\Phi i_в;$$

$$2r_в i_в = -\lambda c k_\Phi i_я;$$

$$\frac{r_я i_я}{r_в i_в} = \frac{i_в}{i_я}.$$

Отсюда следуют равенства:

$$r_я i_я^2 = r_в i_в^2; \quad (1.8)$$

$$\frac{i_я}{i_в} = \sqrt{\frac{r_в}{r_я}}; \quad (1.9)$$

$$ck_{\Phi} i_{\text{в}}^2 \sqrt{\frac{r_{\text{в}}}{r_{\text{я}}}} = | M^{\text{о}} |;$$

$$r_{\text{в}} i_{\text{в}}^2 = \frac{\sqrt{r_{\text{я}} r_{\text{в}}}}{ck_{\Phi}} | M^{\text{о}} |;$$

$$P = \frac{2\sqrt{r_{\text{я}} r_{\text{в}}}}{ck_{\Phi}} | M^{\text{о}} |. \qquad (1.10)$$

На рисунке 1.1 показан график зависимости минимальной мощности потерь $P(M)$ (кривая 2).

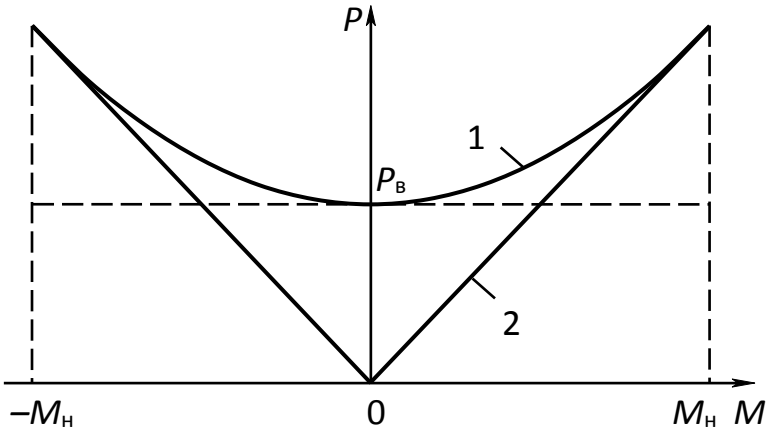


Рисунок 1.1 – Зависимости мощности потерь от момента:
1 – при постоянном магнитном потоке; 2 – при оптимальном управлении

Здесь же для сравнения приводится график зависимости $P(M)$ при постоянном номинальном токе возбуждения, когда регулируется только ток якоря (кривая 1). Эта зависимость определяется формулой

$$P = r_{\text{в}} I_{\text{в}}^2 + r_{\text{я}} \frac{M^2}{(c\Phi)^2} = r_{\text{в}} I_{\text{в}}^2 + r_{\text{я}} \frac{M^2}{(ck_{\Phi} I_{\text{в}})^2}. \qquad (1.11)$$

Список литературы:

1. *Москаленко В.П.* электропривод: Учебник для вузов и техникумов. -М. Высшая школа,2000.-469 с.

2. *Андреев Н.К., Абдул-Садах А.М., Вагапов Р.А.* Оптимальные электроприводы постоянного тока.-Казань: Казан.гос.энерг.ун-т,2009.-163с.

OPTIMAL CONTROL OF ELECTRIC DRIVE WITH A DC MOTOR INDEPENDENT EXCITATION

Shyshakova A., Kochkarova L.
Supervisor: A. Afanasyev, Doctor of Technical Sciences, Professor
V. Novoselskii, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

The paper presents the results of optimal control of actuator motor permanent. A feature of these studies of the electric drive lies in the fact that in this case, the task of optimal control for a motor of independent excitation.

СЕКЦИЯ 5

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

ПОДСЕКЦИЯ 5.1

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 621.314.21

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАНАРНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Алексеев А.В.
Научный руководитель: Л.Х. Галеева, к.ф-м.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В представленной работе рассмотрены процессы изготовления планарного трансформатора, его особенности, свойства и отличия от проволочного трансформатора.

Планарный трансформатор [1,2,3] является разработкой конца 80-ых годов прошлого столетия. Однако, в те времена актуальность обошла его стороной и причиной тому являлась сложная технология изготовления в области многослойных печатных плат. В эпоху цифровых технологий мы постоянно стремимся уменьшать массу и габариты изделий электроники. В 2016 году любителям техники и обычному потребителю необходимы компактные гаджеты, которыми мы пользуемся каждый день. Эта потребность заставляет задуматься над переходом от обычных трансформаторов с проволочной намоткой непосредственно к планарным. Под трансформатором понимается статическое электромагнитное устройство, предназначаемое для преобразования одних параметров переменного тока в другую электрическую энергию переменного тока. В состав трансформатора входит магнитопровод (он же сердечник) с расположенными на нем обмотками, подключенными к источнику преобразуемогонапряжения (первичные) и обмотками, к которым подключаются потребители электрической энергии (вторичные). Планарный трансформатор является отличным альтернативным вариантом, когда требуются малоразмерные магнитные компоненты. Вариант таких изделий экономически выгодный, ведь стоимость многослойных печатных плат постоянно снижается. Это обусловлено тем, что на производстве для таких плат сердечники используются малого размера. Высота такого трансформатора мала, что имеет место быть в портативном оборудовании, где это от-

лично подходящий критерий, т.к. в таком оборудовании используют очень высокую плотность монтажа. Отличные тепловые характеристики обеспечивают плотность проходящей мощности в два раза больше, чем позволяют обычные трансформаторы. Также стоит отметить тот факт, что планарные магнитные компоненты отлично подходят для разработки высокоэффективных импульсных преобразователей мощности. Высокий коэффициент связи и малая величина потерь меди на переменном токе обеспечивают более эффективное преобразование. Как и в случае обычных компонентов с проволочной обмоткой, используются два типа соединений половинок сердечников: путём склеивания или с помощью зажима. Простота процесса склеивания отлично вписывается в автоматизацию на производстве, однако зажимным соединением можно добиться более чистого процесса сборки. Однако фиксация сердечника на печатной плате путём склеивания приведет к отсутствию лишнего шума и дребезга, чего нельзя сказать про метод с зажимным соединением. Но в высокотемпературных приложениях этот вариант более надежен.

Изначально областью применения планарных трансформаторов являлось преобразование мощности. Использовались высокочастотные мощные ферриты. Плотность потерь мощности ферритов следует измерять в зависимости от максимальной частоты, магнитной индукции и температуры:

$$P_{core} = C_m \cdot f^x \cdot B_{peak}^y \cdot \left(ct_0 - ct_1 T + ct_2 T^2\right) =$$

$$= C_m \cdot C_T \cdot f^x \cdot B_{peak}^y \left[мВт/см^3 \right]$$

Здесь C_m, x, y, ct_0, ct_1 и ct_2 – это параметры, найденные путем аппроксимации эмпирической кривой потерь, чьи размерности подобраны таким образом, что при 100 °C значение C_T =1.

Таблица 1

Параметры ферритовых материалов

Феррит	**f, кГц**	**C_m**	**x**	**y**	**ct_0**	**ct_1**	**ct_2**
3C30	20-100	$7.13*10^{-3}$	1.42	3.02	4	$6.65*10^{-2}$	$3.65*10^{-4}$
	100-200	$7.13*10^{-3}$	1.42	3.02	3.8	$6.8*10^{-2}$	$4*10^{-4}$
3C90	20-200	$3.2*10^{-3}$	1.46	2.75	2.45	$3.1*10^{-2}$	$1.65*10^{-4}$

Приведенные параметры (таблица 1) являются специфичными для конкретного материала.

Табличные данные относятся к мощным ферритам компании Ferroxcube. Взяв данные таблицы как исходные, можно проводить исследования в рабочих условиях, путем моделирования на базе программы COMSOL Multiphysics (рис.1).

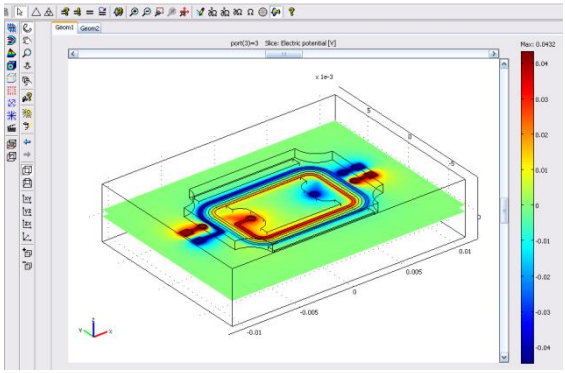


Рис. 1. Графический интерфейс пользователя программы COMSOL Multiphysics

COMSOL Multiphysics – это, основанная на численном методе конечных элементов, универсальная программная платформа для моделирования и оптимизации любой физической задачи [4]. Использование пакета COMSOL Multiphysics позволяет учитывать связанные или «мультифизические» явления. В данной работе выполняется статический анализ индуктивных и емкостных параметров планарного трансформатора в модуле переменного и постоянного тока (AC/DC Module).

Поскольку в статике и для низких частот электрическое и магнитное поля не связаны, можно разделить индуктивный анализ от емкостного. Для анализа индуктивности применяется раздел Magnetostatics, а для емкостного анализа раздел Electrostatics. Эти разделы позволяют провести расчет распределения электромагнитного поля на основе двух уравнений:

$$\begin{cases} (j\omega\sigma - \omega^2\varepsilon_0\varepsilon_r)\boldsymbol{A} + \nabla \boldsymbol{H} = \boldsymbol{Je} \\ \boldsymbol{B} = \nabla \times \boldsymbol{A} \end{cases},$$

где: ω - угловая частота магнитногополя, σ - электропроводность, ε_0, ε_r - диэлектрическая проницаемость вакуума и относительная диэлектрическая проницаемость моделируемых материалов, $\boldsymbol{A}$ – вектор магнитного потенциала, ∇ - оператор набла, $\boldsymbol{H}$ – напряженность магнитного поля, $\boldsymbol{B}$ - плотность магнитного потока, $\boldsymbol{J_e}$ - плотность тока. Эта система уравнений выполняется для каждого конечного элемента модели трансформатора. Решая данные уравнения, можно получить распределение магнитного потока в имитационной модели. Внешние границы области моделированияопределяются с помощью граничного условия:

$$\mathbf{n} \times \mathbf{A} = \mathbf{0},$$

где: $\boldsymbol{n}$ - нормальный вектор, $\boldsymbol{A}$ – вектор магнитного потенциала. Кроме того, обмотки трансформатора связаны с электрической схемой и описываются системой сосредоточенных параметров, рассчитываемых методом энергий. При использовании этого метода потенциал V или ток I являются ненулевыми на одном или двух портах одновременно. Емкостная матрица определяется из интеграла от плотности электрической энергии W_e по всей геометрии Ω:

$$C_{ii} = \frac{2}{V_i^2}\int_{\Omega} W_e d\Omega$$

$$C_{ij} = \frac{1}{V_i V_j}\int W_e d\Omega - \frac{1}{2}\left(\frac{V_i}{V_j}C_{ii} + \frac{V_j}{V_i}C_{jj}\right)$$

$$V_j = \begin{cases} 0 & j \neq i \\ V_i & j = i \end{cases}$$

$$V_k = \begin{cases} 0 & k \neq i, j \\ V_i & k = i \\ V_j & k = j \end{cases},$$

Матрица индуктивности вычисляется тем же способом, используя плотность магнитной энергии W_m:

$$L_{ii} = \frac{2}{I_i^2}\int_{\Omega} W_m d\Omega$$

$$L_{ij} = \frac{1}{I_i I_j}\int_{\Omega} W_m d\Omega - \frac{1}{2}\left(\frac{I_i}{I_j}L_{ii} + \frac{I_j}{I_i}L_{jj}\right)$$

$$I_j = \begin{cases} 0 & j \neq i \\ I_i & j = i \end{cases}$$

$$I_k = \begin{cases} 0 & k \neq i, j \\ I_i & k = i \\ I_j & k = j \end{cases},$$

Витки обмоток лучше всего распределять во внешних слоях симметрично по отношению к обмоткам во внутренних слоях, т.к. токи, протекающие в дорожках, повышают температуру печатной платы. Скин-эффект, усиливающийся в проводниках с повышением частоты, увеличивает их сопротивление и тепловыделение. Но в реальных условиях присутствие вихревых токов в проводниках обуславливается не только меняющимся магнитным полем, но и полями других проводников, расположенных поблизости. Чередование первичных и вторичных слоёв помогает бороться с эффектом близости , это связано с тем, что в первичных и вторичных обмотках токи текут в противоположных направлениях, что приводит к взаимоуничтожению их магнитных полей.

Список литературы

1. *Шерстнев С.* Перспективная продукция Pulse Electronics // Компоненты и технологии . 2011. № 12. С. 108-112.

2. *Шихов С.* Планарные трансформаторы на основе многослойных печатных плат // Компоненты и технологии. 2003. № 32. С. 28-34.

3. *Шихов С.* Проектирование планарных силовых трансформаторов // Компоненты и технологии. 2003. № 33. С. 22-27.

4. *Pryor Roger W.* Multiphysics modeling using COMSOL : a first principles approach. Sudbury : Jones and Bartlett Publ., 2011. 852 p.

MODELLING OF THE PLANAR TRANSFORMER

Alekseev A.
Supervisor: L. Galeeva, Candidate of Phys.-Math. Sciences, Associate Prof.
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this work paper we present the manufacturing process of the planar transformer, its characteristics, properties and differences from the wire of the transformer.

УДК 621.3.09

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ РАЗМЕЩЕНИЯ АНТЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С УЧЕТОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВЗАИМОВЛИЯНИЙ

Байтемиров Э.Д.
Научный руководитель: Р.Р. Гайнутдинов, к.т.н.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Рассматриваются алгоритмы анализа частотных и энергетических взаимовлияний антенного оборудования беспилотного летательного аппарата (БЛА). Описывается генетический алгоритм синтеза размещения антенного оборудования в беспилотном летательном аппарате, с учетом электромагнитных взаимовлияний. Приводится пример размещения антенного оборудования БЛА, реализованный с использованием предлагаемых алгоритмов анализа и синтеза.

При проектировании современных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) возникает необходимость в обеспечении высокого качества совместного функционирования бортовых радиоэлектронных средств, в условиях их непреднамеренных электромагнитных взаимовлияний. Актуальность данной проблемы обуславливается, прежде всего, наличием большого количества, расположенных близко друг к другу, приемо-передающих антенных радиоустройств на борту БЛА. Следствием электромагнитных взаимовлияний между антенным оборудованием является возникновение различного рода побочных эффектов (компрессии (сжатия) полезного сигнала, блокирования, перекрестных искажений и интермодуляции), образование радиопомех и нарушение целостности передаваемой информации, что представляет собой угрозу для нормального функционирования БЛА [1, 2, 3].

Целью данной работы является разработка методики повышения устойчивости функционирования комплекса радиоэлек-

тронных средств БЛА в условии электромагнитных взаимовлияний.

Предлагаемая методика включает в себя следующие основные этапы:

1. Предварительный анализ электромагнитных взаимовлияний антенного оборудования беспилотного летательного аппарата.

2. Синтез размещения антенного оборудования беспилотного летательного аппарата.

3. Повторный анализ электромагнитных взаимовлияний антенного оборудования беспилотного летательного аппарата.

На данном этапе выполняется оценка восприимчивости каждого приемника к радиопомехам при воздействии на его вход сигналов от передатчиков, входящих в состав комплекса радиоэлектронного оборудования БЛА. Анализ электромагнитных взаимовлияний проводился в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ Р 55 898-2013 «Технические средства радиосвязи взаимные радиопомехи в локальной группировке, методы расчета» и представленной на рис. 1 [4, 5].

Один из методов оценки электромагнитных взаимовлияний заключается в расчете индекса влияния для каждой пары радиоэлектронного оборудования, включающей в себя один радиопередатчик и один радиоприемник. Индекс влияния, k_{ij}, i-го радиопередатчика на j-ый радиоприемник определяется следующим образом:

$$k_{ij} = P_i^{\text{пом.вх}} - P_i^{\text{доп.оск}}, i = 1..n_{\text{прм}}, j = 1..n_{\text{прд}}$$

где $P_{\text{пом.вх}}$ - уровень сигнала помехи на входе i-го приемника; $P_{\text{доп.оск}}$– допустимый уровень чувствительности i-го приемника; $n_{\text{прм}}$ - количество радиоприемников; $n_{\text{прд}}$ - количество передатчиков. При положительном значении индекса влияния k_{ij} делается заключение об электромагнитной несовместимости рассматриваемой пары «передатчик-приемник», что сигнализирует о необходимости их пространственной развязки. При отрицательном значении индекса влияния k_{ij} рассматриваемая пара считается совместимой.



Рис. 1 Алгоритм расчета параметров радиопомех

В данном примере произведем расчет и оценку параметров радиопомех, действующих по основному и соседним каналам приема по методике, описанной в [5]. На основе вышеуказанной методики произведем расчет и оценку параметров радиопомех, действующих по основному и соседним каналам приема. Все вычисления произведем с использованием программы MathCad. Приведем график

зависимости расстояния между антенными устройствами от значения коэффициента развязки (рис. 2).

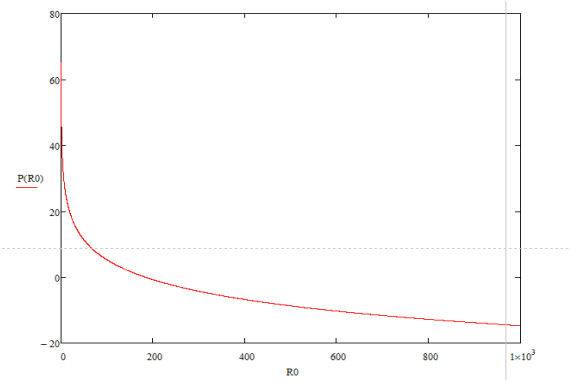


Рис. 2. Зависимость расстояния от значения коэффициента развязки

Для размещения антенного оборудования беспилотного летательного аппарата, с учетом электромагнитных взаимовлияний, применяется генетический алгоритм [6,7].

Список литературы

1. *Гайнутдинов Р. Р., Чермошенцев С.Ф.,* Методология обеспечения внутрисистемной электромагнитной совместимости бортового оборудования беспилотных летательных аппаратов // Изв. ВУЗов. Авиационная техника. 2016. № 4. С. 155–161.

2. *Гайнутдинов Р.Р., Чермошенцев С.Ф.* Прогнозирование внутрисистемной электромагнитной совместимости беспилотных летательных аппаратов // Вестн. Каз. гос. техн. ун-та им. А.Н. Туполева. 2014. № 4. С. 124-130.

3. *Chermoshencev S.F., Gaynutdinov R.R.* Modeling the External Electromagnetic Influences on the Complex Electronic Equipment // Proceedings of 2015 XVIII IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), May 19-21, 2015. St. Peterburg, 2015. P. 90-92.

4. ГОСТ Р 55 898-2013. Технические средства радиосвязи взаимные радиопомехи в локальной группировке, методы расчета. – М.: Стандартинформ, 2013. 25 с.

5. *Седельников Ю.Е.* Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: учеб. пособие. Казань: ЗАО «Новое знание», 2006. 304 с.

6. *Суздальцев И. В., Исмагилов Р. Н., Сайфутдияров К.Р.* Автоматизированное размещение бортовых электронных средств во внутрифюзеляжном пространстве беспилотного летательного аппарата с учетом критериев электромагнитной совместимости // Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли - АКТО-2016 : сб. докл. Всеросс. науч.-практ. конф. с Междунар. участием. Казань, 2016. С. 232-238.

7. *Bogula N.Yu., Chermoshentsev S.F., Suzdaltsev I.V.* Evolutionary Algorithms for Digital Electronic Printed Circuit Board Design // Proceedings of 2015 XVIII IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), May 19-21, 2015. St. Peterburg, 2015. P. 153-156.

ANALYSIS AND SYNTHESIS OF ACCOMMODATION OF ANTENNA EQUIPMENT UNBEATURAL AIRCRAFT WITH ACCOUNT OF ELECTROMAGNETIC INTERRELATIONS

Baytemirov E.
Supervisor: R. Gaynutdinov, Candidate of Eng. Sciences
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In the report algorithms of the analysis of frequency and power mutual influences of the antenna equipment of an unmanned aerial vehicle are considered. The developed genetic algorithm for the synthesis of the placement of antenna equipment in an unmanned aerial vehicle is described, taking into account the electromagnetic interactions. An example of placement of antenna equipment of an unmanned aerial vehicle is presented, which is realized using the proposed algorithms for analysis and synthesis.

УДК 004.046

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МОЛНИЕСТОЙКОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Блинова К.П.
Научный руководитель: С.Ф. Чермошенцев, д.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассматривается синтез структуры композиционного материала для повышения молниестойкости летательного аппарата. Новый композиционный материал позволит уменьшить негативное влияние прямого разряда молнии в фюзеляж летательного аппарата.

В современном мире, внедрение композиционных материалов в производстве авиационной техники получило большое распространение, так как композиты обладают такими свойствами, как: малый вес, высокая износостойкость, высокая прочность и т.д. [1].

Недостатком данного вида материала является низкая проводимость электрического тока. Исследования показывают, что существующие композиционные материалы имеют удельное сопротивление порядка 10^9 Ом/м, что затрудняет прохождение тока по фюзеляжу летательного аппарата и влечет за собой пагубное влияние на бортовую технику. При ударе молнии на фюзеляже накапливается большое количество зарядов, вследствие чего могут быть нанесены необратимые повреждения бортовой техники и материала, что, в свою очередь, приведет к нарушению функционирования летательного аппарата.

Проблема защиты летательных аппаратов из композитного материала от воздействий молнии возникла относительно недавно.

Решение данной проблемы заключается в снижении наводимых токов и напряжений до безопасных уровней с помощью конструктивных решений.

Основными задачами данной работы являются: синтез структуры композиционного материала, моделирование процесса удара молнии в фюзеляж летательного аппарата и электромагнитного воздействия на бортовую технику.

Предлагается разработать новую структуру композиционного материала для летательных аппаратов, применение которой минимизирует влияние на бортовую технику прямого разряда молнии в фюзеляж летательного аппарата. В ходе работы будет выявлена наиболее оптимальная структура композиционного материала, которая будет максимально удовлетворять требованиям молниестойкости летательных аппаратов.

В ходе работы выполнен синтез структуры композита, с использованием эволюционного алгоритма. Следующий этап заключается в моделировании структуры композиционного материала в программной среде CST Microwave Studio и оценка результата синтеза структуры композиционного материала.

Исходными данными задачи являются: угол наклона волокон, ширина волокон, расстояние между волокнами, количество слоев, содержание в компаунде проводящих частиц, наличие металлических сеток, слоя фольги, толщина дополнительного покрытия материала. Главным критерием синтеза является максимизация электрической проводимости материала, которая рассчитывается по формуле (1) и зависит от исходных параметров:

$$G = f(\varphi, b, c, r, k, ch, ms, dp) \rightarrow max, \quad (1)$$

где G – проводимость композиционного материала, φ - угол наклона волокон, b - ширина волокна, c - толщина волокна, r - расстояние между волокнами, k - количество слоев, ch – величина содержания в компаунде проводящих частиц, ms - наличие металлических сеток, слоя фольги, dp – толщина дополнительного покрытия материала.

Ограничением задачи является удельная масса материала, которая рассчитывается по формуле (2):

$$m = m_{\text{уг.вол.}} + m_{\text{ком.}} + m_{\text{пр.ч.}} + m_{\text{м.сет}} + m_{\text{доп.п.}}, \quad (2)$$

где m - масса материала, $m_{\text{уг.вол.}}$ - масса углеродного волокна, $m_{\text{ком.}}$ - масса эпоксидной смолы без проводящих частиц, $m_{\text{пр.ч.}}$ -

масса проводящих частиц в эпоксидной смоле, $m_{\text{м.сет}}$ – масса металлической сетки или слоя фольги, $m_{\text{доп.п.}}$ – масса дополнительного покрытия.

Применение полимерных композиционных материалов при производстве космической и авиационной техники позволяет уменьшить от 5 до 30% вес летательного аппарата, что в свою очередь позволяет сэкономить денежные средства и увеличить полезную нагрузку [2].

В результате проведения синтеза, с использованием эволюционного алгоритма, получаем варианты материала с разными параметрами структуры. Далее для каждого из полученных вариантов, в программной среде CST Microwave Studio проводится моделирование прямого разряда молнии в композиционный материал и оцениваются параметры его проводимости. В результате определяется оптимальный вариант композиционного материала, обладающий наибольшей электрической проводимостью, при сохранении необходимой массы.

Эволюционные алгоритмы зарекомендовали себя как весьма эффективный инструмент решения задач синтеза и оптимизации [3]. Применение предлагаемой методики позволяет автоматизировать процедуру синтеза структуры композиционного материала, на основе применения виртуальных прототипов, и отказаться от проведения натурных экспериментов, что в конечном итоге минимизирует затраты на разработку новых композитных материалов.

Список литературы

1. *Молчанов Б.И., Гудимов М.М.* Свойства углепластиков и области их применения // Авиационная промышленность. 1996. № 3-4. С. 27-31.

2. *Худяков В.А., Прошин А.П., Кислицина С.Н.* Современные композиционные материалы : учеб. пособие для ВУЗов. М.: АСВ, 2006. 144 с.

3. *Bogula N.Yu., Chermoshentsev S.F., Suzdaltsev I.V.* Evolutionary Algorithms for Digital Electronic Printed Circuit Board Design // Proceedings of 2015 XVIII IEEE International Conference on Soft

Computing and Measurements (SCM), May 19-21, 2015. St. Peterburg, 2015**.** P. 153-156.

OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE OF THE COMPOSITE MATERIAL TO IMPROVE THE AIRCRAFT'S LIGHTNING

Blinova K.
Supervisor: S. Chermoshentsev, Dr. of Eng. Sciences, Prof.
(Kazan National Research Technical
University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this article, optimization of the composite material for increasing the aircraft's lightness, which is made of this material, is considered. Optimized composite material will reduce the negative impact of direct lightning discharge into the fuselage of the aircraft on the aircraft's internal equipment.

УДК 004

ВНЕДРЕНИЕ PDM-СИСТЕМЫ (TEAMCENTER). АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Васильева И.В.
(Акционерное общество «Казанское Моторостроительное Производственное Объединение», г. Казань)

В настоящее время мы живем во время инноваций, и сложилась такая тенденция, что нужно идти в ногу со временем, это также касается любой отрасли промышленности. На мировом рынке труда конкурентоспособным предприятиям с каждым разом необходимо в кратчайшие сроки выпускать более сложную, современную, удовлетворяющую потребителя продукцию высокого качества. Системы автоматизированного проектирования позволяют успешно решать подобные задачи.

В современных условиях жесткой конкуренции на мировом рынке ведущим компаниям любой отрасли промышленности необходимо обеспечить разработку, изготовление и поставку изделий высокого качества в максимально сжатые сроки. Управление информацией невозможно без удобной и надежной базы данных. Не менее важным аспектом управления информацией является разграничение доступа к данным для обеспечения защиты коммерческой тайны, а также от несанкционированного удаления, изменения, или хищения хранимых данных. Внедрение системы управления данными об изделии делает это возможным.

На АО «КМПО» в 2014 году был запущен проект по внедрению PDM-системы. На начальных этапах внедрения целью являлось: сокращение сроков конструкторско-технологической подготовки производства при освоении новых изделий и доводке серийных изделий, сокращение ошибок при проектировании и повышение качества выпускаемой продукции. В качестве системы управления данными об изделии на объединении была выбрана система от Siemens PLM Software - Teamcenter.

Teamcenter является наиболее широко распространенной PDM/PLM-системой в мире. Она помогает управлять предельно сложными изделиями. Кроме того, данная система позволяет управлять данными об изделии на всех этапах жизненного цикла изделия.

Разработка изделия под управлением Teamcenter позволяет обеспечить максимально гибкое управление моделями в процессе разработки, внесение в них изменений, наследование данных предыдущих проектов, а также организовать совместную работу подразделений компании над моделями и их эффективное использование производственными подразделениями. Teamcenter поддерживает интеграцию практически со всеми, широко распространенными CAD системами.

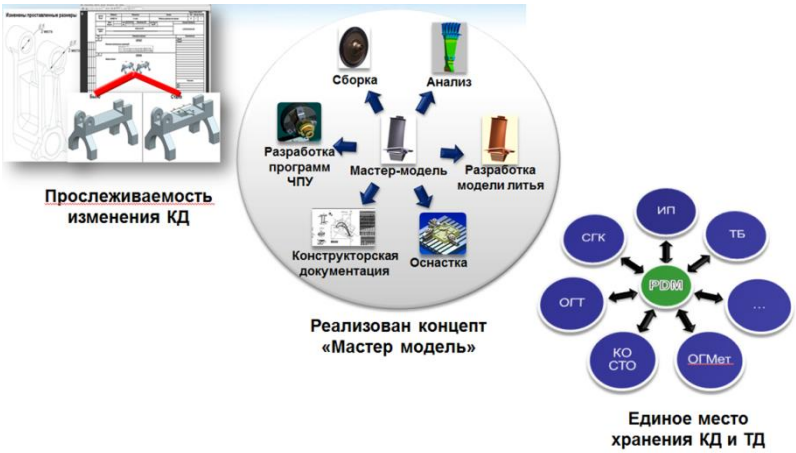


Рис. 1. Преимущества PDM-системы

Классифицирование данных в Teamcenter предназначено для организации хранения многократно используемой информации. Например, данных об объектах конструкторско-технологической подготовки производства с целью экономии времени на поиск и исключения случаев ее дублирования.

Данные «Классификатора» представлены в иерархической структуре. В процессе поиска и выбора данных можно использо-

вать пояснительную графическую информацию, различные фильтры и операции сортировки данных по нескольким критериям.

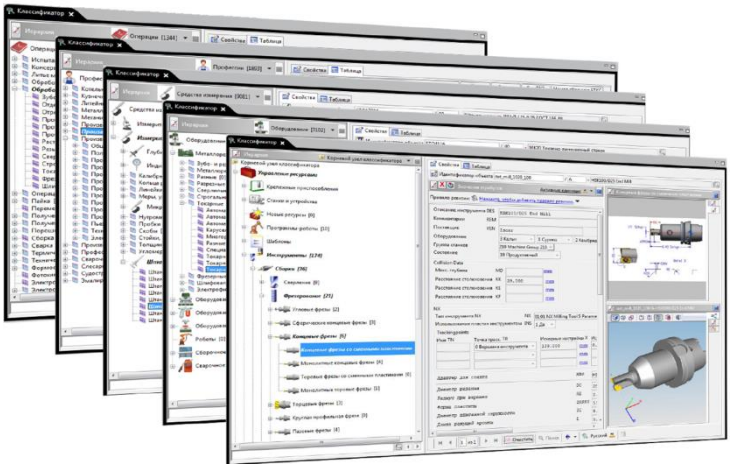


Рис. 2. Классификатор в Teamcenter

Использование CAE – системы позволяет избежать нерационально больших запасов прочности изделий за счет оптимизации конструкции изделий. Позволяет моделировать разрушение, когда аналитических методов недостаточно. Расширение прогнозов поведения от экспериментальных до полномасштабных условий.

Мы получаем сокращение затрат на изготовление физических тестовых образцов, уменьшается себестоимость производства изделий.

В Teamcenter также есть модуль «CAE Менеджер», обеспечивающий работу специалистов расчетных подразделений в единой среде разработки изделия и управляет взаимосвязями между конструкторскими и расчетными данными.

С помощью встроенного визуализатора пользователи могут просматривать все расчетные данные без запуска соответствующего пре/постпроцессора.

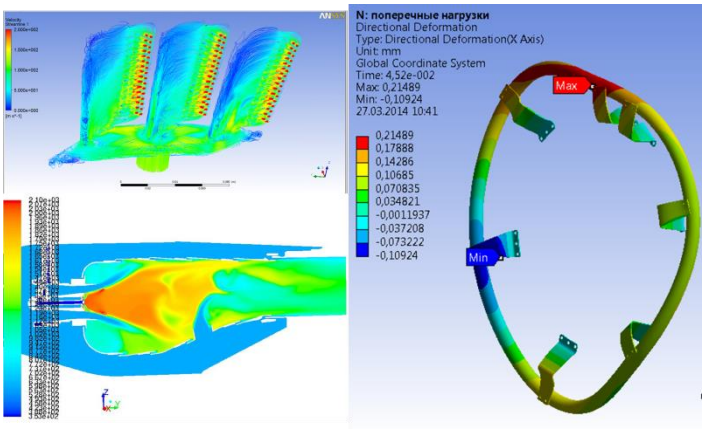


Рис. 3. Расчет трехмерной модели газодинамику, прочность и горение

Разработка технологических процессов сборки и обработки осуществляется непосредственно в Teamcenter (с использованием модуля Teamcenter Manufacturing)

Основные возможности Teamcenter Manufacturing:

1. Разработка межцеховых маршрутов;
2. Разработка ТП сборки и механообработки;
3. Управление технологической структурой изделия;
4. Верификация технологических процессов на корректность назначения комплектующих изделий из составов;
5. Разработка циклограмм ТП;
6. Выполнение технологических расчетов (труд. и мат. нормирование, расчеты режимов обработки)
7. Формирование отчетов для различных типов данных.

Технологический процесс в Teamcenter Manufacturing представляет собой древовидную структуру, наглядно отображающую порядок переходов, операций, используемые ресурсы, материалы, НТД.

На этапах конструкторско-технологической подготовки, Teamcenter обеспечивает управления трехмерными моделями, чертежами, составом изделия, расчетными моделями, управляющими программами станков с ЧПУ, технологическим составом и другими данными.

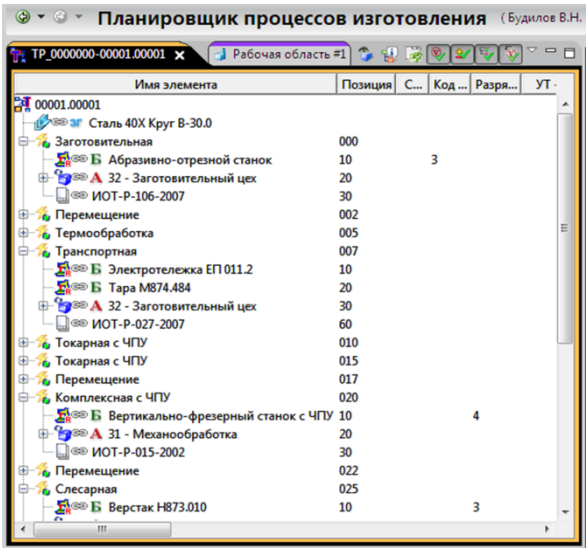


Рис. 4. Разработка технологических маршрутов

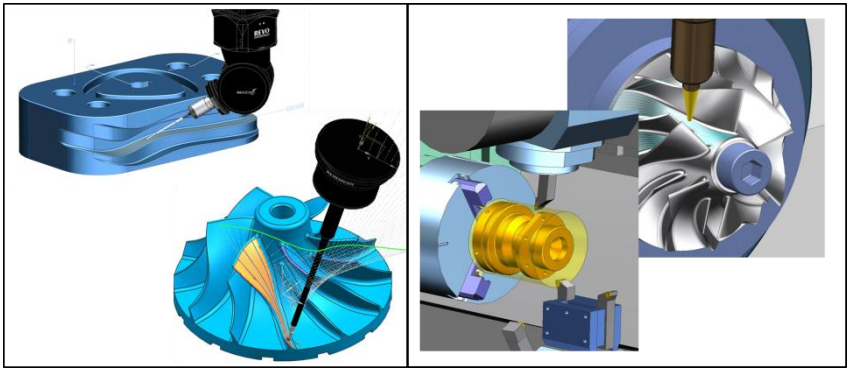


Рис. 5. Разработка УП измерения и обработки

Teamcenter управляет не только данными об изделии, но и сопутствующими процессами на всех этапах жизненного цикла. Это, прежде всего, процессы согласования, внесения изменений, общие процессы проектирования, создания технической документации и любые другие бизнес процессы, принятые на предприятии.

Таким образом, Teamcenter является платформой для создания единой информационной корпоративной системы управления данными на предприятии и/или группой территориально удаленных друг от друга предприятий.

Список литературы

1. *Малюх В.Н.* Введение в современные САПР: Курс лекций.– М.: ДМК Пресс, 2010. – 192 с. – ISBN 978-5-94074-551-8.

2. *Норенков И.П.* Автоматизированное проектирование. Учебник. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 188 с.

INTRODUCTION OF PDM-SYSTEM (TEAMCENTER). AUTOMATION OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION OF PRODUCTION

Vasileva I.

(Joint-stock company «Kazan Engine Building Production Association», Kazan)

At present, we live in time of innovation, and there is a tendency that we need to keep up with the times, this also appliies to any industry. In the world labor market, competitive enterprises need to produce, in the shortest possible time, a more complex, modern, satisfying consumer of high quality products. Computer-aided design systems allow succesfully solve such objectives.

УДК 519.876.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ CST MICROWAVE STUDIO

Голубович Д.А.
Научный руководитель: С.Ф. Чермошенцев д.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассматриваются возможности применения макросов в программном пакете CST MicrowaveStudio, на основе языка Visual Basic. Рассмотрены основные принципы данного метода, его положительные и отрицательные стороны. Приведены примеры, а также проанализированы варианты использования данного метода для решения задач оптимизации.

Перед разработчиками электронных средств постоянно ставятся всё более сложные задачи. При этом разработка комплексной системы занимает много времени даже на стадии компьютерного моделирования. Процесс проектирования электродинамической модели системы в современных программных комплексах расчёта можно ускорить благодаря использованию возможностей программирования, предоставляемых программными пакетами. [1]. В программном комплексе CST Microwave Studio пользователю предоставляется возможность написания собственных макросов на языке Visual Basic for Applications. Соответствующие программные средства обеспечивают доступ ко всем этапам процесса проектирования, включая построение геометрии модели и обработку результатов.

Рассмотрим основные этапы разработки макроса: создадим новый проект в программе CST Microwave Studio; зададим все начальные и граничные условия; установим необходимые величины измерения параметров объектов; определим граничные условия, условия построения сетки, условия вычисления и частоту измерения; откроем программное окно «History List» и нажмем кнопку

«Macro». На данном этапе мы создали макрос для начальных условий подобных задач.

Для примера рассмотрим решение задачи оптимизации параметров модели двухжильного кабеля на основе генетического алгоритма. Генетический алгоритм - это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации, путём случайного подбора, комбинирования и вариации значений искомых параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе. Данный алгоритм является разновидностью эволюционных вычислений, с помощью которых решаются оптимизационные задачи. Они используют методы естественной эволюции, такие как: наследование, мутации, отбор [2].

Суть проблемы состоит в том, что для данного способа вычислений необходимо многократно перестраивать модель. Если создать начальную популяцию, равную 10 особям, то после скрещивания мы получим популяцию равную 20 особям (т.е. 20 потенциальных решений задачи). Как показывает практика, для нахождения оптимального решения необходимо, как минимум, 5 поколений эволюции, что в совокупности равняется ста вариантам построения модели. Использование макросов позволяет в автоматизированном режиме осуществить построение модели, выполнить процедуры оптимизации и анализа параметров проектного решения, и, в конечном итоге, получить наилучшей вариант решения задачи.

Приведённая ниже модель имитирует участок двухжильного провода с изменяемой толщиной изоляции, на который подаётся внешнее электромагнитное воздействие. Целью оптимизации является минимизация величины абсолютного значения помехи. Величина радиуса изоляции, R, ограничена в диапазоне от 3 до 7 мм. Имитационная модель, построенная в программе CST Microwave Studio, представлена на рис.1.

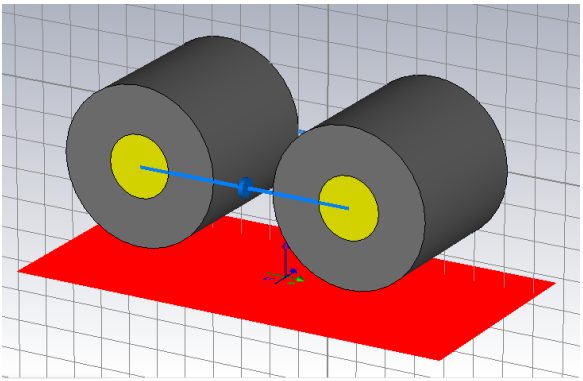


Рис. 1. Модель участка двухжильного провода

После выполнения работы программы, полученное значение радиуса было равно 7 мм. Во время выполнения работы, значения всех используемых переменных и протокол расчёта выводился в текстовый файл.

Преимуществами данного метода являются: возможность автоматизации расчётов; малый вес исходного кода макроса, по сравнению с полностью сохранённой моделью; полная автономность вычислений, не требующая постоянного вмешательства и контроля; возможность контроля над выполнением всех этапов вычислений. Недостатком работы с макросами является невозможность частичного изменения модели. Для построения новой модели необходимо удалить старую модель, изменить значения в макросе, и создать новую модель.

Использование макросов в CST Microwave Studio находит широкое применение при решении задач проектирования, в тех случаях, когда необходимо осуществлять многократное построение модели, изменяя ее параметры, для достижения оптимального варианта решения задачи. Внутренние операторы позволяют контролировать ход решения задачи на всех этапах, но при этом задача решается полностью автономно. Используя макросы и эвристические алгоритмы поиска, можно добиться довольно точных результатов вычислений.

Список литературы

1. *Пластиков А.Н.* Автоматизация процесса проектирования антенн и устройств СВЧ в современных программных комплексах электродинамического моделирования. Часть 1. Логопериодическая вибраторная антенна // Современная электроника. 2012. № 3. С. 64–67.

2. *Bogula N.Yu., Chermoshentsev S.F., Suzdaltsev I.V.* Evolutionary Algorithms for Digital Electronic Printed Circuit Board Design // Proceedings of 2015 XVIII IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), May 19-21, 2015. St. Peterburg, 2015**.** P. 153-156.

USING GENETIC ALGORITHMS IN THE CST MICROWAVE STUDIO SOFTWARE

Golubovich D.
Supervisor: S. Chermoshentsev, Dr. of Eng. Sciences, Prof.
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This article discusses the possibilities of applying macros in the software package cst microwave studio, based on the Visual Basic language. The main principles of this method, its positive and negative aspects are considered. Examples are given, and variants of using this method for solving optimization problems are analyzed.

УДК 621.391.823: 629.73

РАЗМЕЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВО ВНУТРИФЮЗЕЛЯЖНОМ ПРОСТРАНСТВЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО АЛГОРИТМА

Исмагилов Р.Н.
Научный руководитель: И.В. Суздальцев
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В докладе рассматривается задача размещения электронного оборудования во внутрифюзеляжном пространстве беспилотного летательного аппарата, с учетом критериев и ограничений электромагнитной совместимости. Описывается эволюционный алгоритм решения задачи размещения. Представлены результаты исследований эффективности эволюционного алгоритма решения задачи.

Разработка и применение беспилотных летательных аппаратов (БЛА), как гражданского, так и военного назначения, является актуальным и весьма перспективным направлением развития современной авиационной и космической техники. Одна из важнейших проблем проектирования БЛА заключается в обеспечении электромагнитной совместимости (ЭМС) ‘электронного бортового оборудования при внешних, межсистемных и внутрисистемных электромагнитных воздействиях. Преднамеренные и непреднамеренные электромагнитные поля при воздействии на кабельные линии связи и электронное оборудование, способны нарушить его работоспособность, что может повлечь за собой нарушение нормального функционирования БЛА. В связи с этим, проблема обеспечения функциональной безопасности БЛА при различных электромагнитных воздействиях является весьма актуальной и требует новых подходов к ее решению. По мнению ряда экспертов [1], один из наиболее эффективных подходов по обеспечению ЭМС электронных систем БЛА, основывается на рациональном размещении

электронного бортового оборудования и, соединяющих их, кабелей, что позволяет минимизировать влияние на них электромагнитных помех.

Целью данной работы является разработка и исследование эффективности эволюционного алгоритма размещения электронного оборудования во внутрифюзеляжном пространстве БЛА, с учетом критериев электромагнитной совместимости.

Задача размещения заключается в определении оптимального месторасположения электронного оборудования в трехмерном внутрифюзеляжном пространстве БЛА, с учетом следующих формальных условий: условия взаимного не пересечения корпусов электронного оборудования при размещении; условия на размещение электронного оборудования в пределах внутрифюзеляжного пространства БЛА; а также с учетом поставленных в задаче критериев и ограничений. Размещаемые электронные устройства представляются в форме параллелепипедов с габаритными размерами *a, b, c*. Размещение электронного оборудования проводится в трехмерном объеме параллелепипеда с габаритами *A, B, C*, вписанного во внутреннюю полость внутрифюзеляжного пространства БЛА.

При размещении электронного оборудования необходимо учитывать ряд следующих критериев:

1. Критерия электромагнитной совместимости:

$$F_1 = \sum_{i=1}^{n} (E^i_{воспр} - E^{(x_i, y_i, z_i)}_{возд}) \to \max, \quad (1)$$

при условии:

$$E^{(x_i, y_i, z_i)}_{возд} \le E^i_{воспр}, i = \overline{1..n}, \quad (2)$$

где $E^i_{воспр}$ – уровень помехоустойчивости *i*-го электронного оборудования; $E^{(x_i, y_i, z_i)}_{возд}$ – уровень напряженности электрического поля в точке размещения *i*-го бортового электронного оборудования с координатами x_i, y_i, z_i; n – количество размещаемых электронных устройств;

2. Критерия минимума расстояния между максимально-связанными электронными устройствами:

$$F_2 = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} c_{ij} \times d_{ij} \to \min; \quad (3)$$

где: d_{ij}– расстояние между *i*-ым и *j*-ым бортовыми устройствами; c_{ij}– количество электрических соединений между *i*-ым и *j*-ым бортовыми устройствами.

3. Критерия минимума связей с максимальной длиной соединения:

$$F_3 = \max_{i,\, j=1..n, i \neq j} \{x_{ij} \times d_{ij}\} \to \min, \quad (4)$$

где:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ если между } i-\text{ым и } j-\text{ым ЭС существует соединение}; \\ 0, \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

Для свертки критериев задачи размещения электронного оборудования, предлагается использование аддитивной целевой функции.

Ограничениями задачи размещения электронного оборудования во внутрифюзеляжном пространстве БЛА являются: ограничение по грузоподъемности отсеков; ограничение на расстояние между бортовыми устройствами; ограничение на размещение некоторых бортовых устройств по соседству друг от друга; ограничение на размещение бортовых устройств в запрещенных зонах; ограничение на размещение бортовых устройств в фиксированных установочных позициях, определенных установщиком.

Для решения задачи предлагается применение эволюционного алгоритма [2, 3, 4]. Кодирование решения и его представление в форме хромосомы особи осуществляется с использование обратной польской нотации, где операнды соответствуют размещаемым электронным средствам, а операторы - положению электронных блоков относительно друг друга в трехмерном пространстве. В качестве процедур эволюционного алгоритма применяются: частично-соответствующий оператор кроссинговера, генная мутация и селекция на основе метода «рулетки».

Эволюционный алгоритм размещения реализован, с использованием средств языка C# в среде разработки MS Visual Studio 2010.

На рис. 1 представлен результат размещения электронного оборудования в пределах одного из отсеков БЛА, полученный с использованием разработанной программы (рис .1).

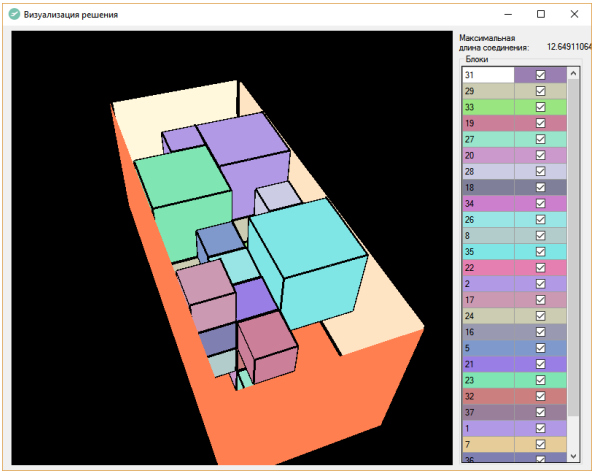


Рис. 1. Результат размещения электронного оборудования в пределах одного из отсеков БЛА

В таблице 1 представлены результаты исследования эффективности эволюционного алгоритма размещения бортового оборудования, полученные с использованием разработанной программы на ряде тестовых примеров. Кроме того, в работе проводились исследования по настройке управляемых параметров эволюционного алгоритма для достижения наилучших значений параметров сходимости и качества получаемых решений.

На основе полученных результатов исследований в работе можно сделать вывод об эффективности применения эволюционного алгоритма для решения задачи размещения электронного оборудования во внутрифюзеляжном пространстве БЛА.

Таблица 1

Результаты исследований

№ опыта	Параметры задачи				Результаты вычислительного эксперимента	
	Количество блоков	Габариты внутрифюзеляжного пространства			Максимальная длина соединения (м)	Сходимость (количество популяций)
		Длина (м)	Ширина (м)	Высота (м)		
1	27	2000	850	850	13.145	15
2	27	2000	850	850	11.423	19
3	27	2000	850	850	11.489	14
4	20	1500	900	900	10.652	15
5	20	1500	900	900	9.635	12
6	35	2500	900	900	16.658	21
7	35	2500	900	900	16.574	20

Список литературы

1. *Кириллов В.Ю., Фуентес Р.К.* Алгоритм проектирования бортовой кабельной сети подвижных объектов с учетом электромагнитной совместимости // Технологии электромагнитной совместимости. 2008. № 2. С. 47-50.

2. *Суздальцев И.В., Чермошенцев С.Ф., Богула Н.Ю.* Генетический алгоритм для размещения бортовых электронных средств в беспилотном летательном аппарате // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM’2016) : сб. докл. СПб, 2016. Т. 1. С. 481 - 484.

3. *Суздальцев И. В., Исмагилов Р. Н., Сайфутдияров К.Р.* Автоматизированное размещение бортовых электронных средств во внутрифюзеляжном пространстве беспилотного летательного аппарата с учетом критериев электромагнитной совместимости // Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли - АКТО-2016 : сб. докл. Всеросс. науч.-практ. конф. с Междунар. участием. Казань, 2016. С. 232-238.

4. Bogula N.Yu., Chermoshentsev S.F., Suzdaltsev I.V. Evolutionary Algorithms for Digital Electronic Printed Circuit Board Design

// Proceedings of 2015 XVIII IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), May 19-21, 2015. St. Peterburg, 2015. P. 153-156.

ONBOARD ELECTRONIC EQUIPMENT PLACEMENT INSIDE THE UNMANNED AERIAL VEHICLE FUSELAGE BASED ON EVOLUTIONARY ALGORITHM

Ismagilov R.
Supervisor: I. Suzdaltsev
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this report the electronic equipment placement task, by using criterions and constraints of electromagnetic compatibility, is considered. The evolution algorithm for placement task solving is described. The results of evolution algorithm efficiency researches are presented.

УДК 621.3.09

ИСПЫТАНИЯ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ИНТЕРФЕЙСОВ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОНДУКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ

Касс Д.Р.
Научный руководитель: Р.Р. Гайнутдинов, к.т.н.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

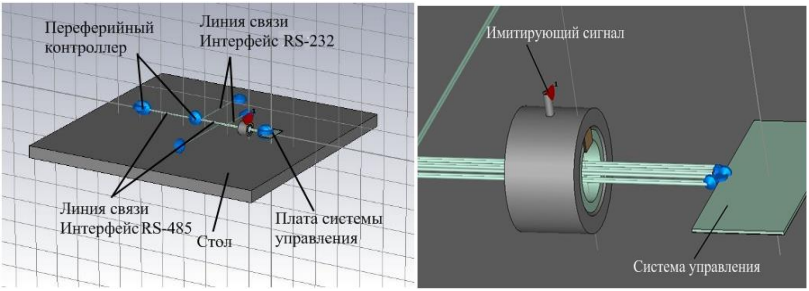
В данной работе предложен подход для проведения виртуальных испытаний восприимчивости интерфейсов бортового оборудования при воздействии кондуктивных электромагнитных помех. Рассмотрен пример проведения виртуальных испытаний.

На сегодняшний день натурные испытания восприимчивости интерфейсов бортового оборудования, при воздействии кондуктивных помех, являются единственным способом удостовериться в том, что бортовое оборудование соответствует установленным нормам. Однако, при существующем традиционном подходе к проектированию бортового оборудования, невозможно обеспечить контроль над соблюдением всех норм и стандартов, и, соответственно, получить гарантии успешного завершения испытаний. При этом неудача на сертификационных испытаниях приводит к явным временным и финансовым потерям. Этих недостатков лишено компьютерное моделирование: для выполнения большинства задач достаточно обыкновенной рабочей станции, время моделирования сравнительно мало, нет необходимости производства опытного образца, моделирование может выполнять один человек, а не целая лаборатория. В связи с этим, необходимо совершенствование методов и средств испытаний на ранних стадиях производства изделий, что увеличивает вероятность успешного прохождения натурных испытаний и позволяет в подавляющем большинстве случаев не проводить повторных испытаний, сократив общую стоимость разработки[1, 2, 3].

Целью работы является моделирование виртуальных испытаний восприимчивости интерфейсов бортового оборудования при воздействии кондуктивных электромагнитных помех.

В качестве инструмента для построения компьютерной модели и имитации воздействия кондуктивных помех на элементы бортового оборудования используются программы моделирования электромагнитных полей, позволяющие быстро решать наиболее распространенные задачи по обеспечению стойкости бортового оборудования к электромагнитным воздействиям [4, 5, 6, 7].

На рис. 1 представлены элементы имитационной модели, выполненные в программе Microwave Studio. Система управления реализована на базе печатной платы размерами (100х50 мм), толщиной 1,6 мм, материал FR – 4 (lossfree).



а) б)

Рис.1.Графическая схема модели
(а – общая модель, б – инжектор тока)

Интерфейсная линия связи RS-485 соединяет периферийный контроллер с системой управления и состоит из 4 медных проводов (r=0.4 мм), покрытых тефлоном (R=0.9 мм), длиной 2 м. Также интерфейс RS-485 соединяет 2 периферийных контроллера между собой (длина проводов 1,5 м). Интерфейс RS-232 соединяет систему управления с системой GPS и радиомодемом, имитируемые эквивалентной нагрузкой100 Ом. В соответствии со стандартом MIL-STD-461E, провода линий связи и провода питания были подвергнуты воздействию через инжектор тока, имеющим длительность импульса 30 нс, время нарастания и спада – 2 нс, и амплитуду 5А [8].

В результате воздействия через инжектор тока, на нагрузках линий связи наблюдается колебательный процесс. Наведенные электромагнитные помехи в линиях связи интерфейсов RS-485 и RS-232 представлены на рис. 2.

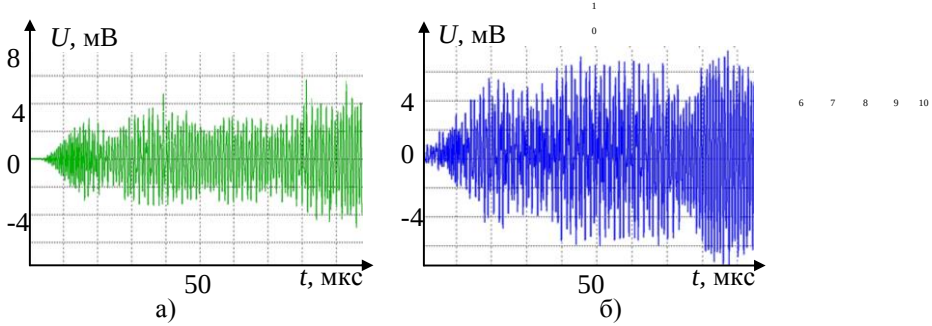


Рис.2. Электромагнитные помехи
(а - интерфейсRS-485, б – интерфейс RS-232)

Как видно из графиков, уровни напряжений в линиях связи интерфейсов RS-485 и RS-232 не высокие и не превышают уровней помехоустойчивости элементов.

Список литературы

1. *Гайнутдинов Р. Р., Чермошенцев С.Ф.,* Методология обеспечения внутрисистемной электромагнитной совместимости бортового оборудования беспилотных летательных аппаратов // Изв. ВУЗов. Авиационная техника. 2016. № 4. С. 155–161.

2. *Гайнутдинов Р.Р., Чермошенцев С.Ф.* Прогнозирование внутрисистемной электромагнитной совместимости беспилотных летательных аппаратов // Вестн. Каз. гос. техн. ун-та им. А.Н. Туполева. 2014. № 4. С. 124-130.

3. *Gaynutdinov R.R., Chermoshentsev S.F.* Study Electromagnetic Disturbance in the Coupling Path of Aircraft at Interaction Microsecond Electromagnetic Pulses // IEEE 2017 18th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, Erlagol, Altai – 29 June – 3 July, 2017: proceedings. Novosibirsk, 2017. P. 147-150.

4. *Chermoshencev S.F., Gaynutdinov R.R.* Modeling the External Electromagnetic Influences on the Complex Electronic Equipment // Proceedings of 2015 XVIII IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM), May 19-21, 2015. St. Peterburg, 2015. P. 90-92.

5. *Gaynutdinov R.R., Chermoshentsev S.F.* Study of Lightning Strike Impact on Unmanned Aerial Vehicle // IEEE 2016 17th International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, Erlagol, Altai, 30 June – 4 July, 2016: proceedings. Novosibirsk, 2016. P. 428-432.

6. *Gaynutdinov R.R., Chermoshentsev S.F.* Study of Impact Lightning at of Electromagnetic and Thermal Stability of Fuselage of Unmanned Aerial Vehicle // 2016 International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE'2016), September, 22-23, 2016, Saratov : conf. proc. Saratov, 2016. Vol. 2. P. 241-246.

7. *Гайнутдинов Р.Р., Чермошенцев С.Ф.* Помехоустойчивость бортового оборудования беспилотного летательного аппарата при прямом разряде молнии // Вестн. Каз. гос. техн. ун-та им. А.Н. Туполева. 2015. № 6. С. 143-148.

8. *Кечиев Л.Н., Балюк Н.В.* Зарубежные военные стандарты в области ЭМС. М.: Грифон, 2014. 450 с.

TESTS OF THE SUSCEPTIBILITY OF INTERFACES OF ON-BOARD EQUIPMENT UNDER THE INFLUENCE OF CONDUCTIVE ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE

Kass D.
Supervisor: R. Gaynutdinov, Candidate of Eng. Sciences
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This article discusses the virtual testing of the susceptibility of interfaces of onboard equipment when exposed to a conductive electromagnetic interference.

УДК 658.512.2:621.3.049.75

ТРАССИРОВКА МЕЖСОЕДИНЕНИЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ, НА ОСНОВЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА

Латыпов И.Р.
Научный руководитель: И.В. Суздальцев
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данном докладе рассматривается задача трассировки межсоединений печатных плат электронных средств с учетом минимизации уровней перекрестных помех и критерия минимума суммарной длины межсоединений. Представлены результаты решения задачи трассировки на основе параллельного муравьиного алгоритма.

Трассировка межсоединий является заключительным и наиболее сложным этапом конструкторского проектирования печатных плат электронных средств (ЭС) [1]. Главенствующее значение при трассировке межсоединений печатных плат для современных сверхбыстродействующих ЭС, приобретает проблема обеспечения целостности сигналов и электромагнитной совместимости [2]. Кроме того, остается актуальной проблема разработки эффективных алгоритмов трассировки, позволяющих получать качественное решение данной задачи за приемлемое время.

Целью данной работы является повышение качества и эффективности выполнения проектной процедуры трассировки межсоединений печатных плат ЭС.

Задача трассировки заключается в поиске оптимальной конфигурации проводников, соединяющих эквипотенциальные контактные площадки элементов, на печатной плате ЭС. В данной работе, при решении задачи трассировки межсоединений печатных плат, предлагается учитывать ряд следующих критериев оптимизации:

1. Минимум суммарной длины соединений. Уменьшение длины соединений позволяет сократить длительность задержек при

распространении сигналов в межсоединениях, что влечет за собой повышение производительности ЭС.

2. Максимум расстояний между активными и пассивными линиями связи, что влечет за собой снижение уровней электромагнитных взаимовлияний между ними и минимизацию уровней перекрестных помех [1, 2].

В качестве математической модели монтажного пространства печатной платы, при решении задачи трассировки, используется граф трехмерной решетки. Таким образом, трассировка межсоединений, может быть сформулирована, как задача построения множества (леса) непересекающихся покрывающих деревьев на ребрах графа трехмерной решетки. При этом листьями каждого дерева являются вершины графа, соответствующие эквипотенциальным контактным площадкам одной электрической цепи [1].

Для решения представленной задачи трассировки предлагается использование муравьиного алгоритма. Муравьиный алгоритм является одним из эффективных полиномиальных алгоритмов для нахождения приближённых решений многокритериальных задач. Основная идея алгоритма заключается в моделировании поведения колонии муравьев при поиске кратчайшего пути от муравейника к источнику пищи. Муравей выступает в роли поискового агента [3, 4].

На первом шаге работы данного алгоритма, муравьи занимают стартовые позиции – вершины графа трехмерной решетки, соответствующие эквипотенциальным контактным площадкам одной электрической цепи. На каждой стартовой вершине размещается один муравей. При этом одна из группы вершин, соответствующих эквипотенциальным контактным площадкам электрической цепи, остается свободной, т.е. незанятой муравьем. Далее, каждый муравей строит свой путь от стартовой точки, перемещаясь по ребрам графа. Для выбора следующей смежной вершины из текущей позиции, при построении пути муравья, используется метод «рулетки». Для уменьшения поворотов при движении поискового агента, наиболее предпочтительным является переход к той вершине графа, которая находится на одной прямой с двумя предшествующими в пути муравья. Конечной вершиной в пути одного муравья мо-

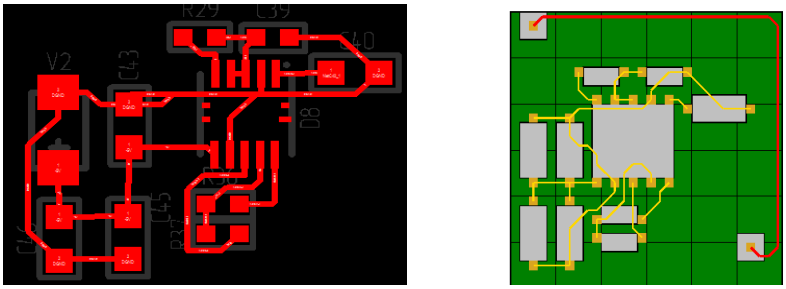
жет являться, либо стартовая точка другого муравья, либо точка пересечения их путей, либо свободная вершина. При этом конечные вершины каждого муравья должны различаться. Таким образом, муравьи осуществляют построение на ребрах графа дерева, конфигурация которого определяет рисунок проводников, соединяющих эквипотенциальные контактные площадки одной электрической цепи. Для получения различных вариантов построения (конфигураций) одного дерева, данная процедура выполняется многократно. При этом все запуски процедуры выполняются параллельно и независимо друг от друга, в отдельных вычислительных потоках.

После завершения работы всех запусков процедуры построения деревьев, выполняется их оценка качества, в соответствии с критериями задачи. Далее происходит обновление уровня феромона, откладываемого муравьями на ребрах графа. При этом чем выше показатель качества построенного дерева, тем больше феромона откладывается на его ребрах. Уровень феромона на ребрах графа, не принадлежащих ни одному из построенных деревьев, уменьшается пропорционально коэффициенту испарения. Далее, процедура построения деревьев и процедура обновления феромона циклически повторяются до тех пор, пока значения показателя качества лучших деревьев, сформированных на десяти последних итерациях алгоритма, будут оставаться неизменными. Конфигурация дерева с наилучшим показателем качества, полученная на последней итерации, сохраняется в качестве результата работы алгоритма. Ребра, принадлежащие наилучшему дереву, удаляются из графа трехмерной решетки, во избежание пересечения с другими деревьями, при их последующем построении.

Представленный муравьиный алгоритм трассировки межсоединений реализован в виде программы, разработанной на языке C# в среде MS Visual Studio 2010.

В рамках экспериментальных работ, проводились исследования по определению оптимальных значений управляющих параметров муравьиного алгоритма (размерности популяции муравьев, коэффициента испарения феромона и др.), при которых достигаются наилучшие значения показателей скорости сходимости и каче-

ства решений. Кроме того, проводились исследования по сравнению эффективности представленного муравьиного алгоритма с алгоритмом, реализованном в программном модуле трассировки системы автоматизированного проектирования (САПР) Altium Designer. На рис. 1 представлены результаты трассировки печатной платы аналого-цифрового преобразователя, полученные в программном модуле САПР Altium Designer (рис. 1а) и в разработанной программе, реализующей муравьиный алгоритм (рис .1б).



а) б)

Рис. 1. Результаты трассировки печатной платы аналого-цифрового преобразователя (а – результат трассировки, полученный в программном модуле САПР Altium Designer; б – результат трассировки, полученный в программе, реализующей муравьиный алгоритм)

На основе исследований, проведенных на ряде тестовых примеров, можно сделать вывод о том, что применение разработанной программы трассировки, реализующей муравьиный алгоритм, позволило сократить общую длину соединений на исследуемых печатных платах на 10-15%, по сравнению с результатами, полученными в программном модуле САПР Altium Designer. Ключевым преимуществом разработанной программы является возможность учета критерия минимизации перекрестных помех, при трассировке межсоединений печатных плат.

Полученные результаты исследований могут быть использованы при разработке математического и программного обеспечения САПР печатных плат ЭС [5].

Список литературы

1. *Деньдобренко Б. Н., Малика А.С.* Автоматизация конструирования РЭА. М. : Высш. школа, 1980. 384 с.

2. *Кечиев Л.Н.* Проектирование печатных плат для цифровой быстродействующей аппаратуры. М : Группа ИДТ, 2007. 616 с.

3. *Штовба С.Д.* Муравьиные алгоритмы: теория и применение // Программирование. 2003. Т. 31, № 4. С. 70-75.

4. *Суздальцев И.В.* Метод муравьиной колонии для планирования СБИС // Актуальные проблемы науки на современном этапе развития : сб. ст. Междунар. науч. -практ. конф. Уфа, 2015. С. 126-129.

5. *Суздальцев И. В., Макеев П.А.* Технология автоматизированного проектирования печатных плат электронных средств на основе бионических методов // Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли - АКТО-2016 : сб. докл. Всеросс. науч.-практ. конф. с Междунар. участием. 2016. С. 239-246.

INTRCONNECTIONS ROUTING TASK OF ELECTRONIC EQUIPMENT PRINTED CIRCUITS BOARD BASED ON PARALLEL ANT ALGORITHM

Latypov I.
Supervisor: I. Suzdaltsev
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this report the interconnects routing task of electronic equipment printed circuits board, with using minimize of crosstalk level and criteria of minimum the interconnect length, is described. The results of routing task solving, based on parallel ant algorithm, is presented.

УДК 621.98.04: 004.4

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТА ИНСТРУМЕНТА МАШИН ЛИСТОВОЙ РЕЗКИ С ЧПУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ API T-FLEX CAD

Шипачева Е.Н.
Научный руководитель: А.А. Петунин, д.т.н., доцент
(Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург)

Рассматривается задача разработки модуля проектирования маршрута режущего инструмента на машинах фигурной листовой резки металла с ЧПУ. В качестве среды разработки выбрана российская CAD- система T-Flex CAD с использованием API (Application Program Interface) системы. Представлены результаты формирования маршрута инструмента в автоматическом режиме.

Введение

Затраты на проектирование и технологическую подготовку производства новых изделий в машиностроении постоянно увеличиваются. Это объясняется усложнением их конструкции, необходимостью повышения качества и технико-экономического уровня проектируемой и выпускаемой продукции.

Одним из широко распространённых технологических процессов, используемом для получения заготовок сложной геометрической формы, является листовая резка. К процессу раскроя и резки листового проката предъявляются высокие требования. Эти требования можно обеспечить, используя системы автоматизированного проектирования. Повышение эффективности применения САПР для получения качественных проектных решений является актуальной задачей.

Российская система T-Flex CAD – профессиональная САПР, объединяющая в себе мощные параметрические возможности 2D и 3D- моделирования со средствами создания оформления чертежей и конструкторской документации [1].

Несмотря на широкий набор инструментальных средств си-

стемы T-Flex CAD, иногда они недостаточно эффективны для решения некоторых специальных задач пользователя.

Open API T-Flex CAD, основанный на технологии .NET, позволяет разрабатывать пользовательские предложения для системы T-Flex CAD, использующих её функциональность.

В работе рассматривается применение API T-Flex CAD при разработке модуля маршрутизации инструмента в машинах резки металла.

Модель задачи

На этапе подготовки УП для машины листовой резки с ЧПУ возникает задача оптимизации пути режущего инструмента. С содержательной постановкой задачи можно ознакомиться, например, в [2]. Маршрут режущего инструмента при использовании стандартной техники резки «по замкнутому контуру» содержит стартовую точку, эквидистанты контуров деталей, рабочий ход, холостой ход инструмента, точки врезки и точки выключения инструмента. Применение данной техники резки предполагает, что для каждого замкнутого контура предусмотрена одна точка врезки и одна точка выключения инструмента (рис.1). Тогда задача оптимизации пути режущего инструмента сводится к задаче оптимизации холостого хода.

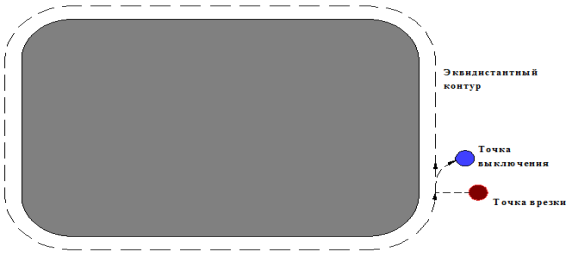


Рис. 1. Пример схемы резки заготовки по замкнутому контуру

Данная задача может быть интерпретирована как известная обобщенная задача коммивояжера с дополнительными ограничениями.

В разрабатываемой подсистеме маршрутизации решаются следующие задачи: построение «дерева вложенности» контуров, формирование точек врезки в допустимых областях, построение маршрута инструмента, визуализация маршрута инструмента. Ре-

шение данных задач осуществляется на базе системы T-Flex CAD.

Описание решения подзадач

Генерация УП для режущего оборудования с ЧПУ осуществляется в CAM- системе на основе карты, полученной в САПР раскроя материала.

В системе T-Flex автоматизация раскроя листовых материалов осуществляется в специализированной программе T-Flex Раскрой. Данная программа является приложением к системе T-Flex CAD и предназначена для получения раскройных карт для различных видов резки [3]. Именно в данной системе была сформирована раскройная карта, для которой был рассчитан маршрут резки (рис. 4).

Важными технологическим ограничением при резке листовых материалов на оборудовании с ЧПУ является соблюдение порядка вырезания (условия предшествования): вырезке контура предшествует вырезка контуров, вложенных в него. На рис. 2 показан пример деталей с внутренними контурами и вложенных деталей. Для реализации данного технологического ограничения с помощью метода трассировки луча [4] для полученной раскройной карты формируется «дерево вложенности», отражающее структуру раскроя.

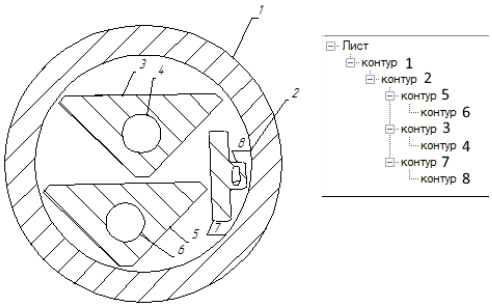


Рис. 2. Пример вложенных деталей и «дерева вложенности»

Также одним из требований резки листовых материалов является необходимость предварительной перфорации материала. Во избежание искажения геометрической формы заготовок при возникновении теп-

ловых деформаций материала в точке пробивка, врезку необходимо располагать на некотором расстоянии от обрабатываемого контура. В общем случае для каждого контура может существовать континуальное множество точек врезки. Для перехода к дискретной модели задачи заранее определяется конечное число точек на эквидистанте [5]. Таким образом, для раскройной карты запускается специализированный модуль формирования точек врезки в допустимых областях (рис. 3).

Дерево вложенности и связанный с каждым контуром набор точек врезки являются входными данными для модуля формирования маршрута инструмента.

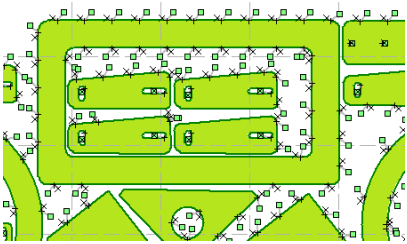


Рис. 3. Формирование точек врезки в допустимых областях

Для решения задачи формирования маршрута инструмента в работе использован некоторый вариант генетического алгоритма. Описание алгоритма и исследование интервалов значений параметров, при которых метод результативен представлено в работе [6].

Визуализация полученного маршрута выполняется на основе стандартных элементов T-Flex CAD - узлы, линии построения и линии изображения. Полученный маршрут представляет собой обычный T-Flex- документ.

На рисунке 4 приведен пример визуализации маршрута инструмента для раскройной карты, содержащей 72 детали (202 внутренних и внешних контура).

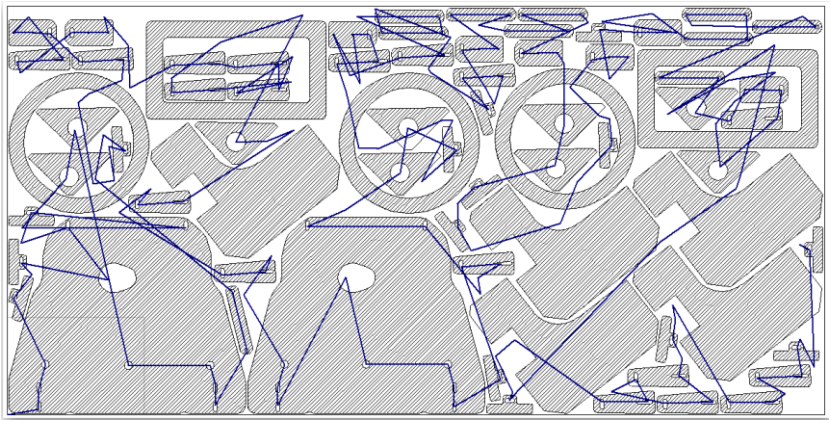


Рис. 4. Визуализация маршрута инструмента в T-Flex CAD

Выводы

В ходе выполнения данной работы был разработан модуль построения маршрута режущего инструмента при раскрое листовых материалов на машинах термической резки с ЧПУ. Приложение содержит блоки, отвечающие за построение дерева вложенности контуров, необходимое для соблюдения условий предшествования, блок формирования точек врезки в областях, отвечающих технологическим требованиям термической резки, блок, реализующий генетический алгоритм для построения маршрута инструмента, блок визуализации результатов работы алгоритма. В качестве базы для разработки выбрана универсальная CAD- система T-Flex CAD и API системы.

Разработанный модуль можно рассматривать как основу для дальнейшей работы над созданием полноценной подсистемы для проектирования маршрута инструмента при раскрое листовых материалов на машинах с ЧПУ для системы T-Flex CAD.

Список литературы

1. T-Flex CAD – топ-системы [Электронный ресурс]. URL: http://www.tflexcad.ru/

2. *Петунин, А.А*. О маршрутизации движения инструмента в машинах листовой резки с числовым программным управлением / А.А. Петунин, А.Г. Ченцов, П.А. Ченцов // Науч. и техн. ведомости С.-

Петерб. гос. техн. ун-та. Информатика. Телекоммуникации. Менеджмент.2013. - №2 (169). - С.103-111.

3. *Бабичев, С.* T-Flex Раскрой 15: Новый продукт – большие перспективы / С.Бабичев // САПР и графика.- 2016.- № 6 [Электронный ресурс]. URL: http://sapr.ru/article/25231

4. *Препарата Ф.* Вычислительная геометрия: введение / Препарата Ф., Шеймос М. — М.: Мир, 1989. —478 с.

5. *Петунин А.А.* О некоторых стратегиях формирования маршрута инструмента при разработке управляющих программ для машин термической резки материала // Вестник УГАТУ «Управление, вычислительная техника и информатика». - 2009. –Т.13, №2 (35). - С.280-286.

6. *Шипачева, Е.Н.* Об использовании генетического алгоритма для решения одной специальной задачи курьера с дополнительными ограничениями/ Е.Н. Шипачева, А.А. Петунин // Информационные технологии и системы (ИТиС -2016): тр.5-ой междунар. науч. конф., Банное, Россия, 24 февр.-28 февр. 2016: науч. электр. изд. / отв. ред. Ю. С. Попков, А. В. Мельников. Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2016.

THE SUB-SYSTEM DEVELOPMENT FOR THE TOOL PATH DESIGN FOR CNC SHEET METAL CUTTING MACHINES USING API T-FLEX CAD

Shipacheva E.

Supervisor: A. Petunin, doctor of technical sciences, associate professor

(Ural Federal University, Yekaterinburg)

The problem of sub-system development for the tool path design for CNC shape cutting sheet metal equipment is considered. Russian CAD system T-Flex CAD using its API (Application Program Interface) was chosen as development environment. Results of automatic tool path generation are given.

ПОДСЕКЦИЯ 5.2

ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА

УДК 004

ВЫВОД ТИПОВ В ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ C++

Абдуллов Т.С.
Научный руководитель: З.Я. Якупов, к. ф.-м. н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В статье рассказывается о механизмах вывода типов в языке программирования C++ (auto и decltype). Даётся описания правил вывода типов и контекст использования для каждого из механизмов. Делается вывод, что выводимый тип с помощью auto и decltype зависит не только от выражения, от которого нужно вывести требуемый тип, но и от контекста использования этих ключевых слов языка.

Язык C++ статически типизированный язык программирования. С появление шаблонного программирования явное указание типов стало большой проблемой. За частую приходилось изучать внутреннюю структуру конкретной библиотеки, чтобы узнать какой тип возвращает та или иная функция. Стандарт C++11 предоставляет механизмы (auto, decltype), которые позволяют получить возвращаемый тип библиотечной функции, без знания структуры библиотеки в целом, а стандарт C++14 расширяет контекст использования этих механизмов. Стандарт C++17 изменяет ряд правил в отношении auto.

Для начала рассмотрим правила вывода типов для шаблонов. Используя псевдокод, рассмотрим шаблонную функцию (обобщенный шаблон), которая имеет следующий вид:

```
template<typename T>
void func(PType parametr);
```

Вызов функции имеет вид:

```
func(exp);
```

Во время компиляции компилятор использует аргумент функции func для вывода двух типов: типа T и типа PType. В общем случае эти типы различны. Тип, выведенный для T зависит

не только от выражения, но и от вида PType. Существует три сценария вывода:

1. PType представляет собой указатель или ссылку, но не универсальную ссылку.

2. PType представляет собой универсальную ссылку.

3. PType не является ни ссылкой, ни указателем.

Случай 1:

Предположим, что PType является ссылочным типом. Тогда вывод будет работать так:

1. Если типом exp является ссылка, ссылочная часть игнорируется.

2. Выполняется сопоставление exp с PType и определяется значение T.

Случай 2.

PType является универсальной ссылкой, тогда вывод будет работать так:

1. Если exp является lvalue, то T и PType выводятся как lvalue-ссылки.

2. Если exp является rvalue, то применяются правила из случая 1.

Правила вывода типов для универсальных ссылок анализируют, какой был передан аргумент: lvalue или rvalue; в отличии от правил вывода для обычных ссылок, где такого анализа не происходит.

Случай 3

Здесь мы сталкиваемся с ситуацией, когда фактический параметр передаётся по значению.

Это приводит к новы правилам вывода типов:

1. Если типом exp является ссылка, то ссылочная часть игнорируется.

2. Если после исключения ссылочной части есть cv-квалификаторы, то они отбрасываются.

Вывод типов с помощью auto

Изначально ключевое слово auto указывало спецификатор класса хранения, но сейчас она лишена этого смысла. Теперь auto

используется для автоматического выведения типа исходя из заданного инициализатора.

Несмотря на то, что контексты использования шаблонов и auto совершенно разные, существует прямая взаимосвязь между выводом типа шаблона и выводом типа auto. При вызове шаблонной функции компилятор использует фактический аргумент для вывода типов T и PType. Если переменная объявлена с использование ключевого слова auto, то auto играет роль T в шаблоне, а спецификатор типа переменной играет роль PType.

Вывод типов для auto разделён на 3 случая так же, как и для шаблонов:

1. Спецификатор типа представляет собой ссылку, но не универсальную ссылку, или указатель

2. Спецификатор типа представляет собой универсальную ссылку.

3. Спецификатор типа является не ссылкой и не указателем.

Несмотря на то, что вывод типа auto работает подобно выводу типа шаблона, существуют и отличия. Предположим мы хотим объявить переменную типа double. Язык C++ предоставляет нам 4 варианта инициализации:

```
auto var = 9.6;
auto var(9.6);
auto var{ 9.6 };
auto var = { 9.6 };
```

Строки с использованием C++11, C++14, C++17:

```
auto var = 9.6;
auto var(9.6);
```

объявляют переменную типа double со значением 9.6.

А строки с использованием правил вывода в C++11 и C++14:

```
auto var{ 9.6 };
auto var = { 9.6 };
```

Объявляют переменную типа std::initializer_list<double>, которая содержит элемент со значением 9.6. Это объясняется особым правилом в C++11 и C++14 для auto: когда инициализатор для переменной, объявленной как auto, заключён в фигурных скобках, выведенный тип будет std::initializer_list. В C++17 пра-

вила для auto в отношении фигурной инициализации были изменены:

1. Фигурная инициализация переменной, должна содержать ровно один элемент в фигурных скобках и выводимым типом будет тип инициализатора.

2. При фигурной инициализации с несколькими элементами и оператором присваивания выводимым типом будет std::initializer_list с конкретизацией шаблона std::initializer_list<T>, тип T будет выведен из элементов в фигурных скобках. Если тип T не может быть выведен, то код отвергается.

C++14 позволяет использовать auto для указания того, что возвращаемый тип функции должен быть выведен и в объявлении параметров ламбда-выражений. Такое применение auto использует вывод типа шаблона, а не вывод типа auto.

Вывод типов с помощью decltype

decltype (declared type) – сообщает точный объявленный тип имени или выражения. Правила для decltype отличаются от правил для auto:

1. Если дано имя, то decltype сообщает точный тип имени.

2. Если выражение возвращает lvalue типа T, то decltype сообщит о типе как об T&.

3. Если выражение возвращает prvalue типа T, то decltype сообщит о типе как об T

4. Если выражение возвращает xvalue типа T, то decltype сообщает об этом типе как об T&&.

Основное применение decltype – это объявление шаблонных функций, в которых возвращаемый тип функции зависит от типов её параметров.

```
template<typename C_T,typename In>
decltype(auto) func(C_T& c, In i)  { return c[i]; }
```

В конструкции decltype(auto), auto означает, что тип должен быть выведен, а decltype означает, что вывод типа должен идти по правилам decltype. Так же конструкцию decltype(auto) можно использовать и при объявлении переменных. В силу особых правил вывода типа decltype, у этого механизма есть некото-

рые следствия. Пусть имеется объявление некоторой переменной: int var = 9; var – это имя переменной, представляет собой lvalue, decltype(var)- имеет тип int. Если имя переменной var предварим скобками –(var), то мы получим сложное выражение, которое также представляет собой lvalue. Исходя из правила 2, мы получим, что decltype ((var)) представляет собой тип int&. Такое следствие может привести к проблемам при записи вида: return decltype((var)). Функция, которая возвращает значение таким образом, будет возвращать висячую ссылку на локальную переменную.

В заключении можно сказать, что возвращаемый тип механизмов auto и decltype зависит не только от типа выражения,от которого нужно получить требуемый тип, но и зависит от контекста использования этих механизмов.

Список литературы

1. *Прата С.* Язык программирования C++. Лекции и упражнения, 6-е издание. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2015. – 1248 с.

2. *Страуструп Б.* Язык программирования C++. Специальное издание. – М.: Издательство Бином, 2017 г. – 1136 с.

3. *Майерс С.* Эффективный и современный C++: 42 рекомендации по использованию C++11 и C++14. – М.: Издательский дом “Вильямс”, 2016. – 304 с.

TYPE INFERENCE IN PROGRAMMING LANGUAGE C++

Abdullov T.
Supervisor: Z. Yakupov, PhD in Physico-mathematical sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The article describes the mechanisms of type inference in the C ++ programming language (auto and decltype). There are descriptions of the rules for inference of types and the context of use for each of the mecha-

nisms. It is concluded that the output type using auto and decltype depends not only on the expression from which the desired type should be derived, but also on the context of using these language keywords.

УДК 51-7

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАБОТЫ КЛАССИФИКАТОРОВ В ЗАДАЧАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Агафонова Р.Р.[1,2], Габдуллин И.М.[1,2], Мингалев А.В.[1,2]
Научный руководитель: Н.Е. Роднищев, д-р.техн.наук, профессор
(1-Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань,
2-АО «НПО «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань)

Представлены способы оценки точности работы различных классификаторов, применяемых в задачах компьютерного зрения.

Компьютерное зрение представляет собой быстро развивающуюся самостоятельную дисциплину. Это направление стало популярно в 1960-х гг., и в настоящее время появилась возможность создания компьютерных программ, использующих идеи и алгоритмы компьютерного зрения. Область применения этих алгоритмов очень обширна – это и военные комплексы, и игровые приставки, фотоаппараты и телефоны, помощь в автомобиле при парковке и обгоне, беспилотные летательный аппараты. За короткий период методы компьютерного зрения прочно вошли в нашу повседневную жизнь, стали частью учебной программы на многих технических специальностях, объединили ученых и инженеров по всему миру.

Задачей компьютерного зрения является разработка алгоритмов для решения различных вопросов, связанных с анализом изображений. Одна из таких задач — классификация объектов. С этой задачей человек справляется не задумываясь, однако многочисленные попытки реализовать классификацию на компьютере привели к выводу, что до сих пор не найден универсальный алгоритм классификации. Такие алгоритмы называются классификаторами. Классификатором или решающим правилом называется правило отнесения образа к одному из классов на основании его вектора признаков.

При реализации классификатора или его модификации перед разработчиком встает вопрос оценки точности работы классификатора [1]. Она требуется в двух случаях:

- в процессе разработки и реализации алгоритма классификации необходимо оценивать влияние вносимых изменений или параметров алгоритма на качество его работы;
- по окончании разработки и реализации алгоритма классификации необходимо оценить его погрешность.

1. Оценка с использованием тестовой выборки

Для оценки классификатора будет использована тестовая выборка. Обученному классификатору предлагаются для обработки тестовые примеры с заранее известной принадлежностью к тому или иному классу. Процентное соотношение верно классифицированных тестовых примеров к их общему количеству и будет численной характеристикой точности работы классификатора, определенной по тестовой выборке:

$$Точность = \frac{n}{N} \qquad (1),$$

где n – количество тестовых примеров, принадлежность к классу которых определена правильно; N – общее количество примеров в тестовой выборке.

При использовании тестовой выборки и формулы (1) для определения точности работы классификатора стоит учесть, что все тестовые примеры имеют одинаковый вес, это может привести к неадекватной оценке в том случае, если объектов обучающей выборки одного или нескольких классов значительно больше, чем других (несбалансированная обучающая выборка). В таком случае, классификатор будет принимать правильные решения в рамках классов, в сторону которых было смещение в обучающей выборке, и ошибаться в тех классах, в которых было меньше тестовых примеров. Если смещение присутствует не в обучающей, а в тестовой выборке, то проверка также будет некорректной – могут быть тщательно проверены одни классы и оставлены без внимания другие.

Решением данной проблемы может стать тщательно

подготовленная выборка для обучения и для тестирования классификатора, однако существенным недостатком такого подхода являются большие временные затраты. Другое решение заключается в изменении подхода к формальной оценке качества.

При оценке многих алгоритмов компьютерного зрения используются метрики **точность** и **полнота.**

2. Точность и полнота

Точность и полнота – метрические характеристики, которые используются не только для контроля качества работы классификаторов, но и для оценки эффективности многих математических алгоритмов.

Точность классификатора в рамках одного класса – это отношение количества тестовых примеров, которые реально принадлежат рассматриваемому классу, к количеству тестовых примеров, которые классификатор отнес к этому классу.

Полнота классификатора – отношение количества тестовых примеров, которые классификатор отнес к классу, к реальному количеству примеров этого класса в тестовой выборке [2].

Таблица 1

		Оценка человека	
		положительная	отрицательная
Решение классификатора	положительная	TP	FP
	отрицательная	FN	TN

В таблице 1 используются условные обозначения:

- TP — истинно-положительное решение классификатора;
- TN — истинно-отрицательное решение классификатора;
- FP — ложно-положительное решение классификатора;
- FN — ложно-отрицательное решение классификатора.

Исходя из принятых выше обозначений, формулы вычислений точности и полноты классификатора определяются следующим образом:

$$Точность = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2),$$

$$Точность = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3).$$

В качестве примера допустим, что есть тестовая выборка, в которой 10 объектов, из них 4 – «шумовые» объекты. Обработав исследуемые объекты, классификатор пометил 2 из них как «шумовые», причем первый действительно является «шумовым», а второй изначально был помечен в тестовой выборке как нормальный. То есть одно истинно-положительное решение, три ложно-отрицательных и одно ложно-положительное. Тогда для класса “шум” точность классификатора составляет 0,5 (50% положительных решений правильные), а полнота 0,25 (классификатор определил 25% всех «шумовых» объектов).

3. Матрица ошибок

На практике значения точности и полноты гораздо удобней рассчитывать с использованием матрицы ошибок. В случае, если количество классов относительно небольшое (порядка 100 классов), то матрица ошибок позволяет наглядно представить результаты оценки точности работы классификатора [3].

Матрица неточностей – это матрица размера N на N, где N — количество классов. Когда классифицируют исследуемый объект из тестовой выборки, в матрице ошибок элемент, стоящий на пересечении строки класса, который вернул классификатор, и столбца класса, к которому действительно относится объект (по решению человека), увеличивают на единицу.

На рисунке 1 представлен пример матрицы неточностей, в которой проанализирован алгоритм классификации по 5-ти классам. Как видно из примера, большинство объектов тестовой выборки классификатор соотнес с одним из 5-ти классов верно. Диагональные элементы матрицы явно выражены, тем не менее, в рамках последнего класса классификатор показывает не очень высокую точность.

	Классификатор				
Человек	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*
1	46		4	5	
2		23		1	2
3	4		31		3
4		5		52	
5	1		6		17

Рис. 1. Матрица ошибок

Используя матрицу неточностей, можно рассчитать точность и полноту для каждого класса следующим образом: точность равняется отношению соответствующего диагонального элемента матрицы $A_{C,C}$ и суммы всех элементов $A_{C,i}$ строки класса, а полнота – отношению диагонального элемента матрицы $A_{C,C}$ и суммы всех элементов $A_{i,C}$ столбца класса:

$$Точность_C = \frac{A_{C,C}}{\sum_{i=1}^{n} A_{C,i}} \quad (4),$$

$$Полнота_C = \frac{A_{C,C}}{\sum_{i=1}^{n} A_{i,C}} \quad (5)$$

Результирующие значения точности и полноты классификатора рассчитываются как арифметическое среднее соответствующих параметров по всем классам.

4. Мера Ван Ризбергена

Интуитивно понятно, что чем выше точность и полнота алгоритма, тем лучше, но, как правило, максимальная точность и полнота не достижимы одновременно. Поэтому приходится искать баланс между точностью и полнотой. Как следствие, нужна обобщающая метрика, которая будет комплексно отражать информацию о точности и о полноте классификатора.

В качестве такой метрики может выступать мера Ван Ризбергена [4] (F-мера):

$$F - мера = 2 * \frac{Точность * Полнота}{Точность + Полнота} \quad (6)$$

F-мера представляет собой гармоническое среднее между точностью и полнотой. Она стремится к нулю, если точность или полнота стремится к нулю.

Для того чтобы продемонстрировать, как происходит та или иная оценка классификатора, и как отличаются полученные значения друг от друга, произведем оценку ранее разработанного авторами классификатора с целью проанализировать конкретные значения оценок работы классификатора.

1. Точность классификатора, вычисленная по формуле (1)

равна 0.849408.

2. Далее для рассматриваемого классификатора вычисляется точность и полнота классификатора в рамках каждого из четырех классов, в результате чего Таблица 1 заполняется соответствующими значениями для каждого класса. Полученные значения приведены в Таблице 2.

Таблица 2

Класс № 0		Оценка человека	
		положительная	отрицательная
Решение классификатора	положительная	170	4
	отрицательная	10	332
Класс № 1		Оценка человека	
		положительная	отрицательная
Решение классификатора	положительная	122	0
	отрицательная	58	380
Класс № 2		Оценка человека	
		положительная	отрицательная
Решение классификатора	положительная	166	0
	отрицательная	14	336
Класс № 3		Оценка человека	
		положительная	отрицательная
Решение классификатора	положительная	44	0
	отрицательная	7	458

По формулам (2) и (3) получаем следующие значения точности и полноты: для класса № 0 - 0.977011 и 0.944444, для класса № 1 – 1 и 0.677778, для класса № 2 - 1 и 0.922222, для класса № 3 - 1 и 0.862745 соответственно.

3. После этого составляем матрицу ошибок, которая представлена в Таблице 3.

Используя полученную матрицу ошибок, рассчитаем точность и полноту для каждого класса по формулам (4) и (5): для класса № 0 - 0.977011 и 0.944444, для класса № 1 – 1 и 0.677778, для класса № 2 - 1 и 0.922222, для класса № 3 - 1 и 0.862745 соответственно.

Таблица 3

	Классификатор			
Человек	*0*	*1*	*2*	*3*
0	170	0	0	4
1	0	122	0	0
2	0	0	166	0
3	0	0	0	44

Результирующие значения точности и полноты классификатора получим как арифметическое среднее соответствующих параметров по всем классам:

Средняя точность = 0.994253

Средняя полнота = 0.851797

4. Мера Ван Ризбергена (F-мера), вычисленная по формуле (6) равна 0.917529.

На практике часто используют именно меру Ван Ризбергена, так как она, как гармоническое среднее полноты и точности, отражает сразу две важнейшие характеристики классификатора, и именно ее максимизация является основной задачей на этапе построения классификатора.

По полученным значениям можно сделать вывод, что классификатор на предложенной тестовой выборке показывает стабильный хороший результат при использовании любого из способов оценки качества его работы, но мера Ван Ризбергена выгодно отличается от точности и полноты тем, что представлена одним числом, что упрощает ее использование.

Все из описанных выше способов могут быть использованы как при оценке качества работы классификатора, так и в процессе обучения алгоритмов, где обучение направлено на минимизацию ошибки и повышение используемой оценки классификатора.

Список литературы

1. http://bazhenov.me/blog/2012/07/21/classification-performance-evaluation.html

2. http://ru.m. wikipedia.org/wiki/Информационный_поиск

3. http://gis-lab.info/qa/error-matrix.html

4. http://ru.learnmachinelearning.wikia.com/wiki/Оценки_ классификаторов

THE ESTIMATE OF CLASSIFIERS OPERATION ACCURACY IN TASKS OF COMPUTER VISION

Agafonova R.[1,2], Gabdullin I.[1,2], Mingalev A.[1,2]
Supervisor: N. Rodnischev, Dr. Sc. (Tech.) Professor
(1- Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan, 2-JSC "Scientific and Production Association "State Institute of Applied Optics", Kazan)

The paper presents methods to estimate operation accuracy of different classifiers, which are used in tasks of computer vision. The purpose of the article is to demonstrate and compare these estimates.

УДК 519.6

МИНИМИЗАЦИЯ ГЛАДКОЙ ФУНКЦИИ НА ГРАНИЦЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДВУХ ОБОБЩЕННЫХ СЕГМЕНТОВ СФЕРЫ

Александров А.А.
Научный руководитель: А.М. Дуллиев, к.ф-м.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Предлагается релаксационный алгоритм минимизации гладкой функции на множестве, представимом в виде пересечения $(n-1)$-мерной сферы с границей пересечения двух выпуклых конусов с непустыми внутренностями. Приводятся результаты его работы на серии численных примеров. Они сравниваются с соответствующими результатами, полученными методом линеаризации. Последнему алгоритму, по сравнению с предложенным, требуется в разы (9–244) больше времени для получения одних и тех же результатов.

Рассмотрим задачу нахождения локального минимума гладкой функции $f : R^n \to R$, имеющая всюду в R^n липшицеву производную с положительной константой $L > 0$,

$$f(x) \to \min,\ x \in \partial_S X \subset R^n, \qquad (1)$$

где $\partial_S X$ – граница множества X, получаемого в результате пересечения $(n-1)$-мерной сферы S с двумя выпуклыми конусами K^0, K^1 с непустыми внутренностями, вершины которых, c_0 и c_1, лежат в открытом шаре B, ограничиваемом сферой S. Причем здесь и далее через ∂_S обозначается граница множества в топологии сферы S, а через ∂ граница множества в R^n. (В дальнейшем множество $\partial_S X$ будет именоваться «границей пересечения двух обобщенных сегментов сферы»). Отметим, что аналогичная задача, но только с одним конусом, ранее рассматривалась в [1].

Множеству X можно придать следующую физическую интерпретацию. Пусть сфера S моделирует околоземное пространство на определенной высоте; точки c_0 и c_1 соответствуют местам расположения радиолокационных станций с лучами направленности антенн, соответствующими конусам K^0 и K^1. Тогда множество X описывает на S зону совместного обзора этих станций, соответственно $\partial_S X$ – границу этой зоны.

Предлагаемый ниже метод решения задачи (1) является релаксационным и относится к числу методов допустимой точки.

Перед формулировкой алгоритма введем следующие обозначения. Для точки x_k положим: Γ_k – опорная гиперплоскость к S в точке x_k, $H_k^{m_k}$ – опорная гиперплоскость к $K^{m_k}, m_k \in \{0,1\}$ в точке,

$$\begin{aligned}
&\textstyle\sum_k^{m_k} = \Gamma_k \cap H_k^{m_k},\ s_k = \Pr_{\sum_k^{m_k}}(x_k - f'(x_k)),\\
&q_k = \Pr_{\sum_k^{m_k}}(x_k - \alpha_k f'(x_k)),\ t_k = \Pr_{K^{m_k}} q_k,\\
&g_k = \{c_{m_k} + \lambda(t_k - c_{m_k}) \mid \lambda \ge 0\} \cap S,\\
&w_k = \{g_k + \lambda(x_k - g_k) \mid 0 \le \lambda \le 1\} \cap K^{1-m_k},\\
&h_k = \{c_{m_k} + \lambda(l_k - c_{m_k}) \mid \lambda \ge 0\} \cap S,
\end{aligned} \tag{2}$$

$$m_k : x_k \in \partial K^{m_k}, m_k \in \{0,1\}, \tag{3}$$

$$\alpha_0 > 0, \varepsilon > 0, \varepsilon_0 > 0. \tag{4}$$

Алгоритм

Шаг 0. Выбрать начальную точку $x_0 \in X$ и задать параметры ε, ε_0, α_0 метода, согласно условиям (4). Определить m_0, исходя из условия (3). Установить $b := 0$, $c := 0$ и $k := 0$.

Шаг 1. Найти множества $\sum_k^{m_k}$ и определить q_k, t_k, g_k из формул (2).

Шаг 2. Последовательно проверять условия, приведенные ниже в квадратных скобках, и при первом выполнении одного из них осуществить соответствующую операцию, после чего перейти к шагу 3, если не сказано иного.

2.1. $[g_k \in X]$: Принять $x_{k+1} = g_k$, $c := 0$.

2.2. $[g_k \notin X \wedge x_k \in \partial K^0 \cap \partial K^1 \wedge c \geq 2]$: Принять $x_{k+1} = x_k$. Перейти к шагу 4.

2.3. $[g_k \notin X \wedge x_k \in \partial K^0 \cap \partial K^1 \wedge c < 2]$:Принять $m_k := (m_k + 1) \bmod 2$, $c := c + 1$. Перейти к шагу 1.

2.4. $[g_k \notin X \wedge x_k \notin \partial K^0 \cap \partial K^1 \wedge b > 0]$: Принять $\alpha_k = \alpha_k / 2$, $b := 0$. Перейти к шагу 1.

2.5. $[g_k \notin X \wedge x_k \notin \partial K^0 \cap \partial K^1 \wedge b = 0]$: Вычислить w_k, h_k по формулам (2). Принять $x_{k+1} = h_k$, $\alpha_{k+1} = \alpha_k$, $m_k := (m_k + 1) \bmod 2$, $b := b + 1$.

Шаг 3. Проверить условие ниже, и, если оно верно, выполнить инструкции, следующие за ним. В противном случае перейти к шагу 4.

3.1. $[f(x_k) - f(x_{k+1}) < \varepsilon_0 \|s_k - x_k\|^2]$: Принять $\alpha_k = \alpha_k / 2$. Перейти к шагу 1.

Шаг 4. Если $x_{k+1} = x_k$, то считать x_{k+1} решением задачи, в противном случае установить $k := k + 1$, принять $\alpha_{k+1} = \alpha_k$ и перейти к шагу 1.

Предложенный выше алгоритм был апробирован на серии примеров. Для сравнения результатов был выбран метод линеаризации [2,3], как один из универсальных методов математического программирования. Тестирование проводилось при трех различных критериях останова. В качестве первого выбиралась близость по норме найденного приближения x_k к решению x_*, в качестве второго – близость $f(x_k)$ к $f(x_*)$. Третий критерий останова соответствовал малости нормы проекции градиента на линеаризованное ограничение в текущем приближении. Всего было рассмотрено семь тестовых примеров с различными целевыми функциями и допустимыми множествами, в частности, одна из функций не являлась дважды дифференцируемой. В каждом из них считалось, что сфера имеет центр в нуле и радиус, равный 10, а конусы K^0 и K^1 задавались с помощью ограничений

$F_0(x) \le 0$ и $F_1(x) \le 0$ соответственно. Основные данные, определяющие тестовые примеры, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Тестовые примеры

№	$f(x)$	x_0	$F_0(x)$	$F_1(x)$
1	$x+y+z$	(1, 7.035, 7.035)	$(x-1)^2+y^2-z^2$	$x^2+(y-1)^2-z^2$
2	$x+y+z$	(5.396, 0.385, 8.41)	$(x+3)^2+y^2-z^2$	$x^2-y^2+(z-1)^2$
3	$x+y+z$	(4.77, 5.574, 6.794)	$((x-1)/2)^2+y^2-$ $-z^2$	$x^2+((y-1)/2)^2-$ $-z^2$
4	$4x^2+y^2+z^2$	(-2.451, 6.745, 6.963)	$((x-1)/2)^2+y^2-$ $-z^2$	$(x/2)^2+(y-1)^2-$ $-z^2$
5	$4sgn(x)x^2+$ $+sgn(y)y^2+$ $+sgn(z)z^2$	(7.035, 1, 7.035)	$(x-1)^2+y^2-z^2$	$x^2+(y-1)^2-z^2$
6	$x+y+z$	(7.035, 1, 7.035)	$((x-1)/2)^2+y^2-$ $-z^2$	$x^2+((y-1)/2)^2-$ $-z^2$
7	$15x+4y-2z$	(1, 7.035, 7.035)	$((x-1)/2)^2+y^2-$ $-z^2$	$x^2+((y-1)/2)^2-$ $-z^2$

Программа, реализующая алгоритм, была составлена на языке C++ и запускалась на ЭВМ с CPU 2.50 ГГц. Результаты ее работы на тестовых примерах в краткой форме представлены в таблице 2. При этом в ней используются следующие обозначе-

ния: ε –параметр точности решения, № – номер тестового примера из таблицы 1.

Таблица 2

Результаты работы

Условие останова	ε	№	Предложенный метод		Метод линеаризации	
			Время(сек.)	Число итераций	Время(сек.)	Число итераций
$\|x_k - x_*\| \le \varepsilon$	10^{-6}	1	0,014	8	3,414	49
		2	13,77	16779		
		3	0,013	7	2,69	70
		4	2,373	2647		
		5	4,907	5390		
		6	0,014	7	3,117	38
		7	9,02	9494		
$\|f(x_k) - f(x_*)\| \le$	10^{-7}	1	0,014	8	3,414	49
		2	2,182	2280	1,511	51
		3	0,013	7	2,69	70
		4	0,088	85		
		5				
		6	0,014	7	3,117	38
		7	1,191	806		
$\|s_k\| \le \varepsilon$	10^{-5}	1	0,014	8	3,414	49
		2	0,18	161	1,729	65
		3	0,017	8	2,74	71
		4	0,046	49	3,313	39
		5	0,238	20		
		6	0,015	8	3,325	39
		7	0,222	191	1,955	34

И таблицы 2 видно, что предлагаемый алгоритм дает существенный выигрыш во времени по сравнению с методом линеаризации. Кратность этого выигрыша во всех примерах, примерно, варьировалась от 9 до 244. Что касается числа итераций, преимущество не наблюдалось только в трех экспериментах. Однако, это не свидетельствует о более медленной скорости сходимости алгоритма, поскольку одна итерация метода линеаризации, на самом деле, требует не малых временных затрат по сравнению с одной итерацией предложенного алгоритма. Кроме того, отличительной особенностью предложенного алгоритма является то, что его траектория лежит в допустимом множестве. По-видимому, это свойство также обеспечивало высокую скорость его сходимости.

Список литературы

1. *Дуллиев А.М.* Релаксационный метод минимизации гладкой функции на обобщенном сегменте сферы //Ж. вычислительной математики и математической физики. 2014. Т. 54. №2. С. 208-223.

2. *Пшеничный Б.Н.* Метод линеаризации. М.: Наука, 1983.

3. *Пшеничный Б.Н., Данилин Ю.М.* Численные методы в экспериментальных задачах. М.: Наука, 1975.

MINIMIZATION OF A SMOOTH FUNCTION ON THE BOUNDARY OF THE INTERSECTION OF TWO GENERALIZED SEGMENTS OF A SPHERE

Alexandrov A.
Supervisor: A. Dulliev, Ph.D., Docent
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

We propose a relaxation algorithm for minimizing a smooth function on a set, which is representable as the intersection of a $(n-1)$-dimensional sphere with the intersection boundary of two convex cones with non-empty

interiors. The results of its work as a series of numerical examples are given. They are being compared to the corresponding results obtained by the linearization method. The latter algorithm, in comparison to the proposed one, requires several times (9–244) more time to obtain the same results.

УДК 51.004.04

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Александров И.П.
Научный руководитель: И.Н. Урахчинский, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В работе исследованы современные аддитивные технологии и применяемые в них математические методы.

Аддитивные технологии(AF) производства позволяют изготавливать любое изделие послойно на основе компьютерной 3D-модели. Такой процесс создания объекта также называют «выращиванием» из-за постепенности изготовления. Если при традиционном производстве изначально имеют заготовку, от которой отсекают все лишнее, либо деформируют ее, то в случае с аддитивными технологиями из ничего (а точнее, из аморфного расходного материала) выстраивается новое изделие, иначе говоря, от простого – к сложному. В зависимости от технологии, объект может строиться снизу-вверх или наоборот, получать различные свойства. К этим технологиям относятся: печать на 3D-принтере, намотка нитью, напыление слоев вещества и т.п. Общий алгоритм производства состоит из следующих этапов:

1) Создание 3D-модели:

В первую очередь цифровая модель создается в САПР, где можно выявить конструктивные недочеты и нюансы. Если поставлена задача оптимизации модели, то для этого применяют метод конечных элементов. Дополнительно, прорабатываются оси поддержки и подложки, для стабильности конструкции.

2) Расслаивание модели:

Расслоение модели необходимо, для того чтобы наглядно увидеть модель, преобразовать ее в печатный вид. Для этого ее необходимо разделить на тонкие горизонтальные слои и перевести в код, понятный 3D-принтеру. Качественная проработка сло-

ев влияет на внешний вид и свойства конечного изделия. Модель в этот момент можно привести к виду трехмерной функции $f_t(x, y, z)$, где x и y задают положение экструдера в горизонтальной плоскости, а z, задает положение по вертикали и толщину слоев.

3) 3D-Печать:

Отправив подготовленную модель на печать, получают почти полностью автоматизированный процесс, с минимальным участием человека. Печать может производиться различными материалами, такими как металл, пластик, керамика, органика, так и разнообразными способами, экструдированием(выдавливанием), стелиографией, лазерным спеканием и т.д., с общим принципом наслоения. Качество изделия зависит от установленного разрешения печати, применяемых материалов и времени, выделенного на печать. Финальным этапом является полировка и обработка.

Наибольшую эффективность и распространение среди прочих математических методов, при разработке цифровой модели получил *метод топологической оптимизации методом конечных элементов*.

Математические методы топологической оптимизации, направлены на установление оптимального распределения материала на этапе печати при заданных нагрузках с удовлетворением установленных критериев и ограничений. Применяя их, можно получить деталь сложной формы, лежащей за пределами интуиции и фантазии инженера, однако, качественно и характеристически превосходящую ее «традиционный» аналог.

Метод конечных элементов (МКЭ) — это численная процедура решения задач, сформулированных в виде дифференциального уравнения или вариационного принципа. Метод конечных элементов отличается от классических методов Ритца и Галеркина тем, что любую непрерывную величину (например, температуру, давление, перемещение) можно аппроксимировать дискретной моделью, которая строится на множестве кусочно-непрерывных функций, определённых на конечном числе подобластей (элементов), при этом кусочно-непрерывные функции

определяются с помощью значений непрерывной величины в конечном числе точек рассматриваемой области.

Построение дискретной модели непрерывной величины осуществляют следующим образом.

1) В рассматриваемой области фиксируется конечное число точек. Эти точки называются узловыми (или просто узлами).

2) Значение непрерывной величины в каждой узловой точке считается переменной, которая должна быть определена.

3) Область определения непрерывной величины разбивается на конечное число подобластей, называемых элементами (или конечными элементами). Эти элементы имеют общие узловые точки и в совокупности аппроксимируют форму области.

4) Непрерывная величина аппроксимируется на каждом элементе полиномом (или какой-либо другой функцией), который определяется с помощью узловых значений этой величины. Для каждого элемента определяется свой полином, но полиномы подбираются таким образом, чтобы сохранилась непрерывность величины вдоль границ элемента. Этот полином называют ещё функцией элемента.

Аналогичный порядок действий применяется при двух- и трехмерной области. В двумерном случае элементы описываются функциями от x, y, трехмерная же модель описывается функциями от x, y, z. При этом чаще всего рассматриваются элементы в форме треугольника или четырёхугольника, или же приводят к ним сложные фигуры. Метод конечных элементов обладает рядом преимуществ, подходящими для аддитивных технологий:

1) Свойства материалов смежных элементов не должны быть обязательно одинаковыми, что позволяет использовать этот метод к телам, состоящим из различных материалов.

2) Криволинейная область может быть аппроксимирована с помощью прямолинейных элементов или описана точно с помощью криволинейных элементов. Таким образом, методом можно пользоваться не только для областей с «хорошей» формой границы.

3) Размеры элементов могут варьироваться. Это позволяет увеличить сеть в местах, где точность не столь необходима, для

снижения процессорной нагрузки, или наоборот, измельчив сеть, повысить точность и нагрузку.

4) С помощью МКЭ не представляет труда рассмотрение граничных условий с разрывной поверхностной нагрузкой, а также смешанных граничных условий. Причем, и это принципиально важно, метод позволяет решать задачи с моделями, содержащими миллионы и десятки миллионов степеней свободы, необходимых для обеспечения высокого уровня адекватности математических моделей реальным композиционным материалам, физико-механическим и технологическим процессам, реальным промышленным конструкциям.

К недостаткам МКЭ можно отнести повышенную сложность, в сравнении с методом конечных разностей, и высокую погрешность при разбиении области на равносторонние треугольники. Проблема погрешности была решена применением алгоритмов, основанных на триангуляции Делоне, что в свою очередь позволило создать полностью автоматизированные САПР.

В заключение, следует отметить, что аддитивные технологии, крайне перспективны и уже активно применяются во множестве отраслей, от производства авиадвигателей до строительства зданий.

На основании приведенного исследования был разработан обучающий курс в системе LearningSpace, содержащий теоретический и тестовый материал по данной теме. Для облегчения переноса курса [4], обучающая система LearningSpace реализована в виртуальной среде.

Список литературы

1. *Ю. А. Сагдеева, С. П. Копысов, А. К. Новиков* «Введение в метод конечных элементов: метод. пособие». Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет». 2011. 44 с

2. *Зленко М.А.* Аддитивные технологии в машиностроении / М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш // пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. 220 с.

3. *Edward Aboufadel, Sylvanna V. Krawczyk, Melissa Sherman-Bennett* «3D Printing for Math Professors and Their Students», California State University, 2013, 18p.

4. *С.В. Сотников, Урахчинский И.Н.,* Применение технологий виртуализации для построения операционной и сетевой среды обучающих систем. //Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2012. - V.15. - №4 - ISSN 1436-4522. URL: http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html.

MATHEMATICAL METHODS OF ADDITIVE TECHNOLOGIES

Aleksandrov I.

Supervisor: I. Urakhchinskiy, candidate of technical sciences, docent

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In the work modern additive technologies and mathematical methods used in them are investigated.

УДК 519.658.4

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА УСЛОВНОГО ГРАДИЕНТА ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗАДАЧ С ПРЕДВЫПУКЛЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ

Валиев И.И.
Научный руководитель: Ю.А. Черняев, к.ф.-м.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Объектом исследования является метод условного градиента для случая предвыпуклых ограничений с непустым множеством внутренних точек.

Предметом исследования является разработка вычислительных алгоритмов метода условного градиента и их программной реализации для некоторых классов экстремальных задач с предвыпуклыми ограничениями, представимыми в виде разности прямоугольного параллелепипеда и шара, разности тетраэдра и шара и разности двух шаров.

Один из подходов к решению задачи вида $\varphi(x)\to\min$, $x\in X\subset E^n$ в случае гладкой функции $\varphi(x)$ и выпуклого замкнутого множества X состоит в построении итерационного процесса с использованием метода проекции градиента или метода условного градиента, изучаемых, например, в [1] и [2]. Если решение вспомогательных задач проектирования или минимизации линейной функции на X не требует привлечения трудоёмких итерационных процедур, то такой подход к решению исходной задачи может оказаться вполне эффективным.

В случае невыпуклого множества X задача $\varphi(x)\to\min$, $x\in X\subset E^n$, существенно усложняется и для её решения приходится использовать иные, вообще говоря, более трудоёмкие методы. Однако, для некоторых классов задач метод проекции градиента и метод условного градиента допускают обобщение. Например, в [3] и [4] рассмотрен случай допустимого множества с непустой внутренностью, представимого в виде теоретико-

множественной разности выпуклого множества и объединения конечного числа выпуклых множеств, а в [5] предлагается обобщенный метод условного градиента для задачи минимизации выпуклой негладкой функции на множестве указанного вида. Кроме этого, в [6] и [7] рассмотрен случай допустимого множества с пустой внутренностью, представимого в виде теоретико-множественного пересечения сферической поверхности и выпуклого множества, а в [8] предлагается обобщенный метод проекции градиента на случай ограничения в виде выпуклой гладкой поверхности общего вида.

В статье [9] было введено понятие предвыпуклого множества как множества в линейном пространстве, дополнение которого до его выпуклой оболочки выпукло. Там же показано, что такое множество всегда представимо в виде теоретико-множественной разности двух выпуклых множеств. Полезно отметить, что задачи с предвыпуклыми ограничениями довольно часто встречаются в различных приложениях. С практической точки зрения представляют большой интерес, например, задачи оптимального в том или ином смысле расположения группы объектов на поверхности Земли, приближённо являющейся сферической поверхностью, задачи выведения искусственного спутника Земли в оптимальную точку шарового слоя космического пространства, задачи покрытия сферы или её части сферическими кругами минимального радиуса и другие задачи, каждая из которых может быть сформулирована как задача на экстремум с предвыпуклыми ограничениями.

Настоящая работа посвящена обобщению метода условного градиента на случай предвыпуклых множеств ограничений и разработке алгоритмической и программной реализации метода для некоторых классов предвыпуклых множеств в трехмерном пространстве. Пусть $\varphi(x) \in C^1(X)$, где множество X ограничено и представимо в виде теоретико-множественной разности некоторых множеств F и $\operatorname{int} G$, причём F и G выпуклы и замкнуты, множества внутренних точек X и G непусты, граница G является гладким многообразием. Решение поставленной задачи всегда существует в силу ограниченности X и непрерывности $\varphi(x)$.

Считая $x \in X$, введем обозначения: $s(x)$ – проекция точки x на множество G, $n(x)$ – вектор внешней ортонормали к G в точке $s(x)$, $\Gamma(x)$ – опорное полупространство к G в точке $s(x)$, $P(x) = \Gamma(x) \cap F$. Множества $\Gamma(x)$ и $P(x)$ и проекции $s(x)$, построенные для точки x_k, обозначаются Γ_k, P_k, s_k.

Предлагаемый алгоритм метода условного градиента для изучаемого класса задач состоит в следующем. Пусть при некотором k построено k-е приближение $x_k \in X$. Тогда определяется точка s_k, строятся полупространство Γ_k и множество P_k, после чего находится точка $x_k^{/}$ – решение задачи $\varphi_k(x_k^{/}) = \left\langle \varphi^{/}(x_k),\, x - x_k \right\rangle \to \min$, $x \in P_k$. Если $\varphi_k(x_k^{/}) = 0$, то вычисления заканчиваются, иначе задаётся величина $\alpha_k \in (0;1]$ и строится точка $x_{k+1} = x_k + \alpha_k (x_k^{/} - x_k)$.

Можно показать, что при выполнении условия $\varphi_k(x_k^{/}) = 0$ точка x_k является стационарной, т.е. удовлетворяет необходимому условию локального минимума. Если указанное условие не выполняется ни при каком k, то алгоритм становится итерационным. Для двух способов выбора чисел $\alpha_k, k = 0,1,2,\ldots$, характеризующих величину итерационного шага, доказаны утверждения о том, что любая предельная точка последовательности $\{x_k\}$, построенной по алгоритму, является стационарной.

Первый из этих способов состоит в выборе α_k из условия наискорейшего спуска, то есть на каждой итерации полагается $\alpha_k = \arg\min\limits_{\alpha \in [0;1]} \varphi\left[x_k + \alpha\left(x_k^{/} - x_k\right)\right]$. При втором способе величина α_k на каждой итерации полагается равной 2^{-j}, где j есть первый индекс $i = 0,1,2,\ldots$, для которого выполняется неравенство

$$\varphi(x_k + 2^{-i}(x_k^{/} - x_k)) \le \varphi(x_k) + 0{,}5 \cdot 2^{-i} \varphi_k(x_k^{/}).$$

Если $\varphi(x) \in C^{1,1}(X)$, то указанный способ выбора чисел $\alpha_k, k = 0,1,2,\ldots$ всегда возможен.

Пример 1. Рассмотрим задачу минимизации квадратичной функции $\varphi(x)=(x_1-5)^2+4(x_2-3)^2+(x_3-1)^2+2$ при ограничении в виде разности параллелепипеда с вершинами в точках (0,0,0), (10,0,0), (10,0,10), (0,0,10), (0,10,0), (10,10,0), (10,10,10), (0,10,10) и шара радиуса 3 с центром в точке (0,0,10).

Если для останова использовать критерий $\| x_k - x_{k+1}\|<0,1$, $\varphi(x_k)-\varphi(x_{k+1})<0,1$, то при вычислениях для $x^0 = (3,\ 4,\ 3)$ при 1-м способе выбора шага за 12 итераций получен результат $x^* = (5,091986; 2,961374; 1,576236), \varphi(x^*) = 2,\ 346478.$ При 2-м способе выбора шага за 14 итераций получен результат $x^* = (4,948168;\ 3,022944;\ 1,788451\ ), \varphi(x^*) = 2,626448.$

Минимизируемая функция на всём пространстве имеет точку глобального минимума (5,3,1). Можно убедиться, что эта точка лежит внутри многогранника, но не лежит внутри шара, а значит, она является точным решением задачи. Мы видим, что правило останова в каждом случае выполнилось в точке, не очень близкой к точному решению. Если для останова использовать критерий $\| x_k - x_{k+1}\|<0,01$, $\varphi(x_k)-\varphi(x_{k+1})<0,01$, то при 1-м способе выбора шага за 78 итераций получим результат $x_*=(4,997232;\ 3,002382;\ 1,078271), \varphi(x_*)=2,006157.$ При 2-м способе выбора шага за 89 итераций получен результат $x_*=(4,996758;\ 2,995309;\ 1,159277), \varphi(x_*)=2,025468.$

Найденные точки x_* достаточно близки к оптимальной, особенно для первого способа выбора шага. Поскольку второй из критериев останова является более жестким, то для его выполнения требуется большее число итераций и полученная точка является более оптимальной, так как в ней достигается меньшее значение $\varphi(x)$.

Пример 2. Рассмотрим задачу минимизации функции $\varphi(x) = \sin\ x_1 x_2 x_3$ на теоретико-множественной разности шара радиуса 7 с центром в начале координат и шара радиуса 3 с центром в начале координат. При расчётах с помощью 1-го и 2-го способов выбора шага с использованием критерия останова

$\|x_k - x_{k+1}\| < 0,01$, $\varphi(x_k) - \varphi(x_{k+1}) < 0,01$, при $x^0 = (3, 4, 1)$ получены результаты $x^* = (-2,984742;\ 3,373602;\ -4,211945)$, $\varphi(x^*) = -1$ за 3 итерации и $x^* = (2,972033;\ 3,977101;\ 0,0928848)$, $\varphi(x^*) = -0,999864$ за 4 итерации. Поскольку функция синуса не может принимать значения меньше

-1, значения $\varphi(x)$ в найденных точках x_* либо совпадают с минимумом $\varphi(x)$ на заданном множестве, либо очень близки к нему. Точки x_* оказались, однако, различными. Это связано с тем, что $\varphi(x) = -1$ во многих точках заданного множества. Каждая точка, лежащая в заданном множестве и имеющая координаты (x_1, x_2, x_3), для которых $x_1 x_2 x_3 = -\pi/2 + 2\pi n$, $n \in Z$, является решением задачи.

Проведенные с помощью разработанной программы вычисления показали, что метод работает достаточно эффективно и выполнение критерия останова обычно происходит через относительно небольшое число итераций в точке, достаточно близкой к точке глобального минимума функции на множестве. Вычисления показали, что при использовании первого способа выбора итерационного шага итерационный процесс останавливается значительно быстрее, чем при втором, однако это достигается за счет увеличения объема вычислений на итерации в связи с решением вспомогательной задачи одномерной оптимизации.

Список литературы

1. *Васильев Ф.П.* Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1980. 520 с.

2. *Карманов В.Г.* Математическое программирование. М.: Наука, 1975. 272 с.

3. *Черняев Ю.А.* Сходимость метода проекции градиента для одного класса невыпуклых задач математического программирования // Известия вузов. Математика. 2005. № 12. С. 76–79.

4. *Черняев Ю.А.* Обобщение метода условного градиента на один класс невыпуклых экстремальных задач // Журнал вычисли-

тельной математики и математической физики. 2006. Том 46. № 4. С. 576–582.

5. *Черняев Ю.А.* Два метода минимизации выпуклых функций на классе невыпуклых множеств // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2008. Том 48. № 10. С. 1802–1811.

6. *Черняев Ю.А.* Сходимость метода условного градиента на классе экстремальных задач с ограничением в виде подмножества точек сферы // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2015. № 4. С. 104–110.

7. *Черняев Ю.А.* Сходимость метода проекции градиента и метода Ньютона для экстремальных задач с ограничением в виде пересечения сферической поверхности и выпуклого замкнутого множества // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2016. Том 56. № 10. С. 1733–1749.

8. *Заботин В.И., Черняев Ю.А.* Сходимость итерационного метода решения задачи математического программирования с ограничением в виде выпуклой гладкой поверхности // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2004. Том 44. № 4. С. 609–612.

9. *Заботин В.И., Полонский Ю.А.* Предвыпуклые множества, отображения и их приложения к экстремальным задачам // Кибернетика. 1981. № 1. С. 71–74.

REALIZATION OF THE CONDITIONAL GRADIENT METOD FOR SOME CLASSES OF OPTIMIZATION PROBLEMS WITH PRECONVEX CONSTRAINTS

Valiev I.

Supervisor: Yu. Chernyaev, Ph.D., associate professor

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The object of research is the method of conditional gradient case preconvex restrictions with non-empty set of interior points.

The subject of research is development computational algorithms conditional gradient method and its software implementation for some classes of extremal problems with constraints preconvex representable as a difference of a cuboid and ball, difference of tetrahedron and ball and the difference the two balls.

УДК 004.04

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОНЛАЙН ОБУЧЕНИЯ МЕТОДАМ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Гавриков А.С., Мещеряков А.М, Мутигуллин А.В
Научный руководитель: С.Н. Медведева, к. пед. н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В настоящее время при подготовке бакалавров на кафедре ПМИ по дисциплинам «Теория вероятностей и математическая статистика» возникает объективная необходимость применения современных телекоммуникационных средств компьютерного обучения математическим дисциплинам. В частности, при обучении теории вероятностей и математической статистике, вследствие специфики содержания, совершенно необходимо систематическое наглядное представление методов теории вероятностей и математической статистики. Применение компьютерных технологий обучения является эффективным средством поддержки надлежащего уровня изучения этой дисциплины.

Электронный образовательный ресурс (ЭОР) – это учебные материалы, которые воспроизводятся с помощью электронных устройств. В последнее время электронные ресурсы в образовательных учреждениях стали привычным явлением. В отличии от учебников, ЭОР удобен тем, что обучающиеся могут обучаться дистанционно, также преподаватели могут поддерживать учебной деятельностью каждого учащегося. Электронный учебный курс является основным структурным элементом при дистанционном и смешанном обучении, а также может служить хорошей поддержкой очного обучения, где всё больше и больше увеличивается доля самостоятельной работы студентов.

Смешанная форма обучения предполагает немалую долю самостоятельного освоения учебного материала, поэтому появление Интернета и Web-технологий дало ей новые возможности развития. Систему обучения посредством Интернета можно

определить, как комплекс программно-технических средств, методик и организационных мероприятий, которые позволяют обеспечить доставку образовательной информации учащимся по компьютерным сетям общего пользования, а также проверку знаний, полученных в рамках курса обучения конкретным слушателем, студентом, учащимся. В общем виде архитектура системы управления Web-контентом представлена на Рис.1.



Рис.1

Структурные схемы разработанных алгоритмов обучения математическим методам представлены на рисунках 3 и 4.:

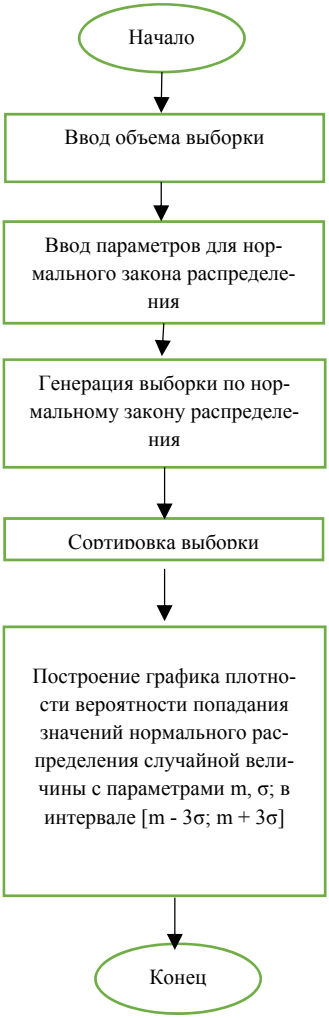


Рис. 2. Структурная схема алгоритма исследование поведения нормально распределенной случайной величины

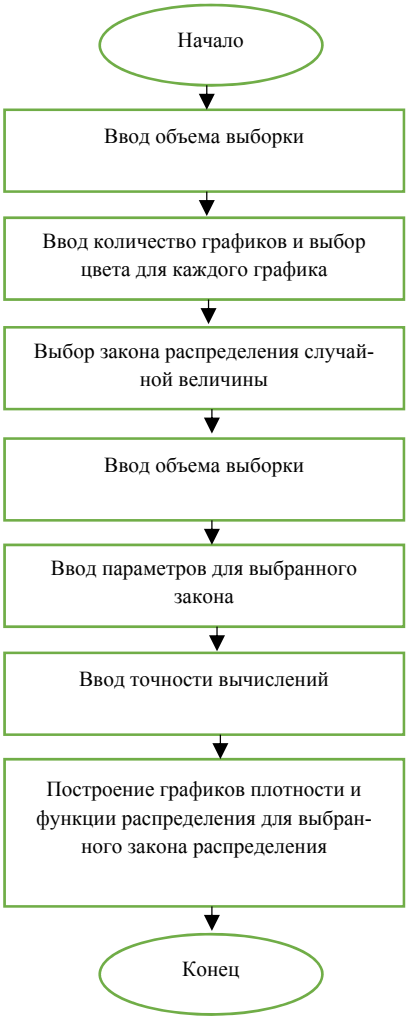


Рис.3. Структурная схема алгоритма исследования зависимостей законов распределения от их параметров

Данное программное обеспечение интегрировано в LMS MathBridge и позволяет обучить пользователя алгоритмам методам исследования поведения случайных величин по выборке измерений случайной величины, сгенерированной по равномерному, показательному или нормальному законам распределения и познакомится с правилом трех сигм для нормального закона распределения. Кроме того, пользователю предоставляется возможность исследовать зависимость графиков законов распределения от их параметров.

Программный комплекс разрабатывался на языке JavaScript в среде программирования JetBrains WebStorm 11.0. На рис. 4 представлен общий вид программного комплекса.

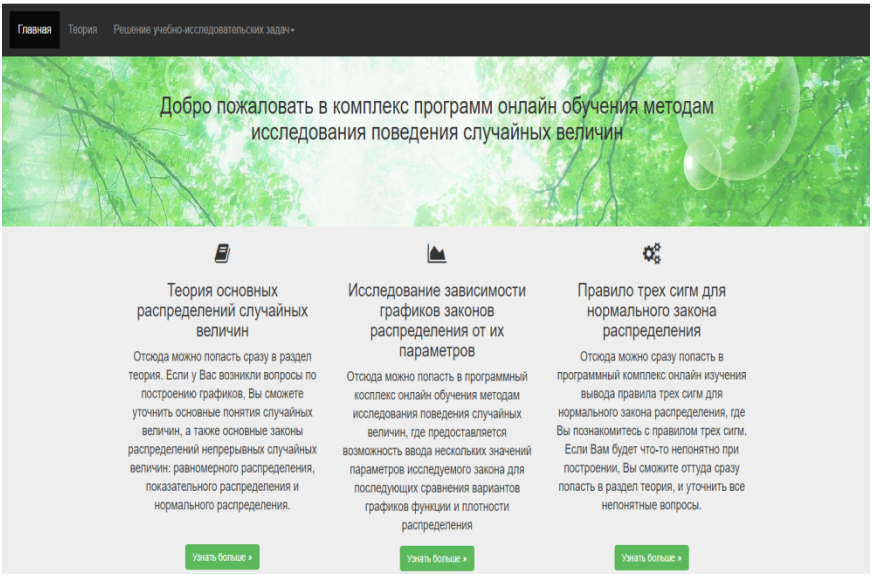


Рис.4

Список литературы

1. *Медведева С.Н.* Современные тенденции в методике преподавания математики в инженерном образовании в России. //XIV Международная научно-практическая конференция, «Научные перспективы XXI века, достижения и перспективы но-

вого столетия» 14-15 августа 2015 г. Новосибирск: Изд-во Международного научного института «Educatio» №7 (14), 2015. – С. 74-75.

2. *Медведева С.Н.* Разработка динамических учебных объектов в интеллектуальной системе онлайн обучения математике MATH-BRIDGE //Образовательные технологии и общество Выпуск№ 3 / том 19 / 2016

3. Ubuntu и Debian Linux для продвинутых: более Ubuntu и Debian Linux для продвинутых: более 1000 незаменимых команд. 2-е издание Издательство: Питер СПб Год издания: 2014 Переводчик: Черник В. В. Редактор: Гринчик Н.

4. HTML5 и CSS3. Веб-разработка по стандартам нового поколения, Хоган Брайан, Издательский дом "Питер", 9 нояб. 2011 г.

5. Java Concurrency in Practice 1st Edition Brian Göetz. Tim Peierls. Joshua Bloch. Joseph Bowbeer. David Holmes. Doug Lea. Addison-Wesley 2011.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE COMPLEXES FOR ONLINE TRAINING TO METHODS OF THE PROBABILITY THEORY AND MATHEMATICAL STATISTICS

Gavrikov A, Meshcheryakov A, Mutigulin A.
Supervisor: S. Medvedeva, PhD, associate professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

UDK 004.891.3

RECOGNITION OF MONOCHROME IMAGES USING NON – CLASSIC NEURAL NETWORK: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Garaeva A.
Scientific Supervisor: S. Novikova, Doctor of technical sciences, Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

Automatic pattern recognition is firmly in everyday life and is one of the most essential knowledge for the modern engineer. For pattern recognition, there are many classical methods, such as hierarchical iterative method or optical character recognition. One of the urgent tasks that require automation and at the same time solve with help of neural networks is the problem of recognition images.

1. Introduction

Currently, artificial neural networks (ANN) are widely and successfully used for a variety of tasks processing and analysis of data recognition and classification/clustering of images, forecasting, management and control of transactions with credit cards, medical diagnostics, the analysis of the consumer market and etc. The great success ANN received thanks to the ability to self- training and the parallel processing of data. These properties allow the ANN to solve complex problems, which today are considered to be intractable, or those where conventional algorithmic solutions are ineffective or impossible. Due to the fact that in today's world is fixed very large amount of information, relevant automatic data analysis. Automation recognition accelerates process in a few dozen times and reduces the need for large amounts of human resources. Also, automated systems are impartial. One of the urgent tasks that require automation and at the same time solve with help of neural networks is the problem of recognition images (pattern recognition) [3].

2. Common types of neural networks

Networks are divided into two types: single-layer and multi-layer. Despite the fact that one neuron can perform the simplest procedures of recognition, solutions for complex tasks merged into the network. The simplest network consists of one layer of neurons. Information from the input layer is transferred to the output. Such network is called a single-layer [2].

For more complex tasks using larger and more difficult neural networks consisting of several layers of neurons. These networks have large computing power; it is called multi-layer neural networks. It is possible to apply such networks to problems of recognition images, however the main task is describe networks of different construction. It is a self-organizing Kokhonen's map and a neural network with radial basic function.

2.1. Kohonen neural network. Learning

Kohonen networks are self-organizing neural networks. The self- organizing network can identify clusters of input vectors with some common properties. The network Kohonen used learning without a teacher on the basis of competition. For training Kohonen network uses the principle of "winner takes all" (the mechanism of competition). When applied to the input vector X wins the neuron vector which weights the least different from the input vector [1].

For the neuron - winner we find the following relation:

$$\min d(x, w_j) = min\|x - w_i\| = min\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(x_j - w_{ij})^2} \quad (2.2.1)$$

The weights of the neuron-winner and all the neurons that lie within its range of training, are exposed to training on the Kohonen rule

$$w_i^{(k+1)} = w_i^{(k)} + \eta_i^{(k)}\left[x - w_i^{(k)}\right], \quad (2.2.2)$$

where x – an entrance vector, k – number of a cycle of training, η i (k) – coefficient of speed of training of i-ro neuron.

The weight of the neurons which are outside the radius of training, don't change.

The training speed coefficient η_i(k) breaks into two parts:

function of the neighbourhood η_i(d, k) and function of speed of training α (k)

$$\eta_i^{(k)} = \eta_i (d, k)* \alpha(k). \qquad (2.2.3)$$

As function of the neighborhood Gaussian function is applied.

$$\eta_i(d,k) = e^{\frac{-d_i}{2\sigma(k)}}. \qquad (2.2.4)$$

Also consider the function of the learning rate α (k). This feature is also a function of the decreasing number of training cycles. The most common is inverse function to the type of training cycle numbers

$$\alpha(k) = \frac{A}{k+B}, \qquad (2.2.5)$$

where A and B - are constants. The use of this function leads to the fact that all the vectors from the training set are making roughly equal contributions to the learning outcome.

Training continues for as long as a network error in the input vector **P** will not be a small quantity (wj - weight vector of the neuron-winner).

$$E = \frac{1}{p}\sum_{i=1}^{p}\left\|x_i - w_j\right\|^2 \qquad (2.2.6)$$

2.2. Neural network with radial basic function

One of a kind network with radial basis function (RBF) is a probabilistic neural network (PNN). It is intended to solve the problems of classification, which consist in the determination of the input image belonging represented feature vector to one or more predefined classes. The probabilistic network has three layers: entrance, radial and output [3].

$$f^j(x) = exp\left(\frac{-\sum\left(m_i^j - x_i\right)}{\sigma^2}\right) \qquad (2.3.1)$$

In this function analogue of the expectation values are the input training examples. The output of the neural network generates an estimate of the probability with which an input vector belongs to one of the predefined classes.

Unlike Kokhonen's network the probabilistic neural network is trained with the teacher.

3. Results

3.1. Analysis of results of Kohonen neural network and network with radial basis function for the classification of images

For each neural network has been created its own library of images containing samples of the numbers 0 to 9 were formed as training

and test sets, representing the bitmap size 100 * 100 pixels and color scheme RGB2 as a monochrome image.

Education of Kohonen network takes place in a short time, on average, it amounts to 01.53 seconds.

After training on the training set, Kohonen neural network could with 100% accuracy to identify the number that was supplied it as input vector. Even with small changes in the initial samples (distortion of images, text zoom, rotations, color change) Kohonen network gave 100% result. Only when a sufficiently strong distortion of the image, the network shows poor results.

Disadvantages: The network may be used for cluster analysis only if the number of clusters is known in advance. Kohonen neural network cannot be taught, when we have a new cluster, network should be trained again.

After training, neural network with radial basic function could recognize numbers up to 53.125%, which was applied to it as an input vector from the training set. When applied to the input images from the test set neural network with radial basic function gave very poor results, about 12.5%.

The advantage of this network is a probabilistic assessment, thus it is well applicable for classification problems. The network can be taught, it does not need to build it from zero and teach.

The disadvantages of the network are its size, because it keeps almost the entire set of training data, requires a lot of memory, and if the problems are solved with a large volume of data, the network can slowly work.

You can see recognition accuracy on graphics (fig.3.1.):

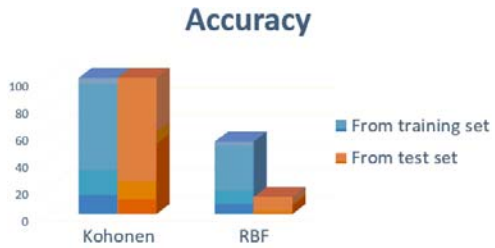


Fig. 3.1. Accuracy of recognition

List of references

1. *Kohonen, T.* Self-organizing map / T. Kohonen. - M .: BINOM. Knowledge Laboratory, 2008. - 655 p.

2. *Osovsky, S.* Neural networks for information processing / C Osovsky. - Moscow: Finance and Statistics, 2002. - 244 p.

3. *Kruglov V. Borisov B.* Artificial neural networks. Theory and practice. - 2nd ed., A stereotype. - M .: Hotline - Telecom, 2002.- 382 p.

РАСПОЗНАВАНИЕ МОНОХРОМНЫХ ОБРАЗОВ ПРИ ПОМОЩИ НЕКЛАССИЧЕСКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Гараева А.А.

Научный руководитель: С.В. Новикова, д.т.н., профессор

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Автоматическое распознавание образов твердо вошло в повседневную жизнь и является одним из самых важных знаний современного инженера. Для распознавания образов существует множество классических методов, например, иерархический итерационный метод, который базируется на методах сопоставления с образцом и использует алгоритм оптимизации или, к примеру, оптическое распознавание символов. Одной из актуальных задач, требующих автоматизации и вместе с тем обладающей особенностями, решаемыми при помощи нейронных сетей, является задача распознавания образов.

УДК 004.04

ЛОКАЛИЗАЦИЯ И АДАПТАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ Math-Bridge В ЭЛЕКТРОННУЮ СРЕДУ УНИВЕРСИТЕТА

Давлетшин Д.Р.
Научный руководитель: С.Н. Медведева, к. пед. н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В Казанском национальном исследовательском техническом университете им. А.Н.Туполева - КНИТУ-КАИ с 2014 года ведутся работы с международной веб-ориентированной интеллектуальной системой Math-Bridge.

При обучении теории и практики вероятностей и математической статистики, необходимо систематическое наглядное представление учебного материала. Применение информационных технологий при обучении является эффективным средством изучения этой дисциплины.

Система Math-Bridge позволяет разрабатывать в режиме онлайн различные виды математических понятий и объектов для электронного учебного курса по определенному разделу математики, изучить новый материал, репетировать пройденные темы, установить связи между понятиями, тренировать компетенции и симулировать экзамен. Система Math-Bridge эффективна для программ обучения математике в инженерном образовании в России.

Архитектура Math-Bridge (Рис.1) реализует принцип разделения знания и функциональности, а также разделения различных видов знаний. Система Math-Bridge имеет клиент-серверную архитектуру. Эта архитектура обеспечивает не только открытость, но и платформонезависимость.

Для адаптации международной специализированной интеллектуальной математической системы Math-Bridge в Российском

университете были выполнены русификация интерфейса системы в целом и русификация интерфейса пользователя системы.

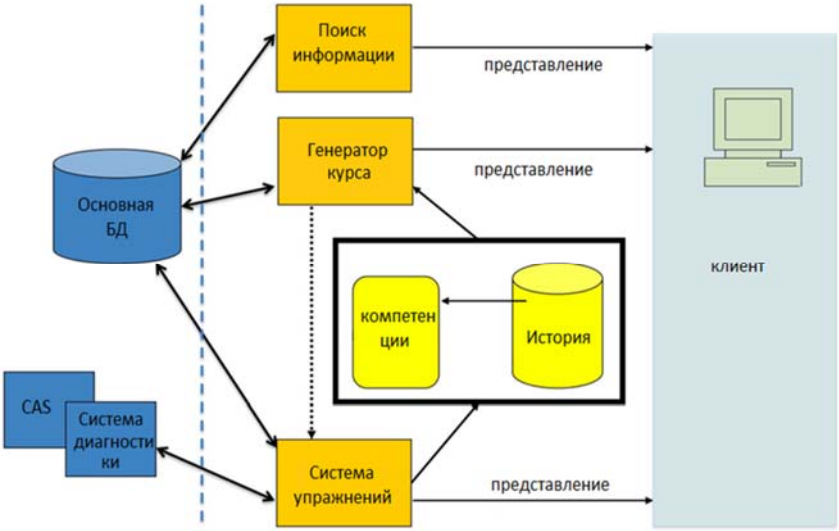


Рис.1. Архитектура интеллектуальной обучающей системы Math- Bridge

После процесса русификации форма отображения пользовательского меню будет выглядеть следующим образом (Рис.2).

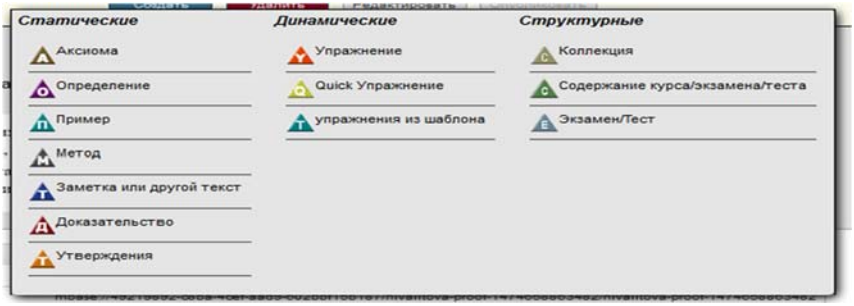


Рис.2. Пример формы отображения меню

В итоге было разработано программное обеспечение русско-язычного интерфейса, доработана база данных системы с терминами на русском языке, осуществлена интеграция пакета прикладных программ в систему Math-Bridge в учебные объекты и осуществлена передача коллекции другому серверу.

В настоящее время специализированная интеллектуальная математическая система Math-Bridge продолжает использоваться на кафедре ПМИ КНИТУ-КАИ и ряда других вузов России в учебном процессе и для выполнения научных исследований.

Список литературы

1. *Давлетшин Д.Р., Валиев Р.Р.* Локализация и русификация интеллектуальной обучающей системы Match-Bridge в российском университете // Молодежный научный форум: Технические и математические науки: электр. сб. ст. по материалам XXIX студ. международной заочной научно-практической конференции — М.: «МЦНО». – 2015 – № 10 (29), С.36–45.

2. *Давлетшин Д.Р., Медведева С.Н.* Метаданные динамических учебных объектов в интеллектуальной обучающей системе MATCH-BRIDGE// Молодежный научный форум: Технические и математические науки: электр. сб. ст. по материалам XXXIX студ. международной заочной научно-практической конференции — М.: «МЦНО». – 2015 – № 10 (29), С.36–45.

3. Ubuntu и Debian Linux для продвинутых: более Ubuntu и Debian Linux для продвинутых: более 1000 незаменимых команд. 2-е издание Издательство: Питер СПб Год издания: 2014 Переводчик: Черник В. В. Редактор: Гринчик Н.

4. HTML5 и CSS3. Веб-разработка по стандартам нового поколения, Хоган Брайан, Издательский дом "Питер", 9 нояб. 2011 г.

5. Java Concurrency in Practice 1st Edition Brian Göetz. Tim Peierls. Joshua Bloch. Joseph Bowbeer. David Holmes. Doug Lea. Addison-Wesley 2011.

LOCALIZATION AND ADAPTATION OF THE INTERNATIONAL SPECIALIZED SYSTEM INTO THE ELECTRONIC ENVIRONMENT OF THE UNIVERSITY

Davletshin D.
Supervisor: S. Medvedeva, PhD, associate professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

A comparative analysis of the subject area, localization of the software of the international specialized intellectual mathematical system Math-Bridge on the server KNRTU-KAI, transfer of the collection of courses to other servers of the specialized intellectual mathematical system Math-Bridge, integration of the application package into the Math-Bridge system.

УДК 510

ОДНО СВОЙСТВО ФРАКТОВЫПУКЛЫХ МНОЖЕСТВ В S^2(S^2)

Кондратьев В.В.
Научный руководитель: А.М. Дуллиев, к.ф.м.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Рассматривается свойство фрактовыпуклых множеств в S^2относительно семейства выпуклостей в смысле Робинсона относительно точек отрезка $[c_1, c_2]$, лежащего внутри открытого шара ограничиваемого S^2. Расширив определения и леммы о выпуклых множеств в S^2для фрактовыпуклых множеств можно показать справедливость представимости фрактовыпуклого множества через пересечение его выпуклых оболочек, соответствующих крайним выпуклостям $\mathrm{G}_1, \mathrm{G}_2$ отрезка $[c_1, c_2]$.

1. Введение

В последнее время в теории выпуклых структур у исследователей большой интерес вызывают различные конструкции из выпуклостей. Здесь например можно отметить такие конструкции: декартово произведение выпуклостей, сумма выпуклостей, склеивание выпуклостей, верхний предел линейных выпуклостей, нечеткая выпуклость, -полувыпуклость и n-бивыпуклость и т.д.[1–4].

Две последние структуры, получаются из двух каких-либо выпуклостей, заданных на одном и том же пространстве. Обе они строятся с помощью соответствующих выпуклостям выпуклых оболочек конечных подмножеств по аналогии с -арной выпуклостью. n-полувыпуклость – определяется дизъюнкцией условий принадлежности выпуклых оболочек n-элементных подмножеств данному n-полувыпуклому множеству, вторая же – определяется двойственным требованием: дизъюнкция меняется на конъюнкцию, n-полувыпуклость на n-бивыпуклость.

Свойства этих конструкций можно исследовать на модели выпуклостей на двумерной сфере S^2. В частности, можно задаваться вопросом о представимости в явном виде -полувыпуклых множеств через выпуклые множества исходных выпуклостей и отделимость n-полувыпуклых и n-бивыпуклых множеств. На данный момент известно, что всякое 2-полувыпуклое множество и $g_{1,2}$-регулярное представимо в виде пересечения его выпуклых оболочек.

Оказывается можно показать справедливость аналогичного свойства для так называемых, фрактовыпуклых множеств в S^2. Прежде чем это сделать, приведем необходимые определения выпуклых и полувыпуклых множеств на сфере.

2. Выпуклость и полувыпуклость на сфере

Пусть дано множество *X*. Говорят, что в *X* задана выпуклость **G**, если $G \subset 2^X$, $X \in \mathbf{G}$ и **G** замкнуто относительно произвольных пересечений своих элементов [5].

Рассмотрим интересующую нас структуру из выпуклостей –полувыпуклость, конструируемую из двух заданных выпуклостей. Множество называется n-полувыпуклым, если $\forall B \subset A(|B| < n \exists i \in \{1,2\}: x \in g_i B \subset A)$,где g_i выпуклая оболочка выпуклости $\mathbf{G}_\mathrm{i}$, i =1,2. Эта структура рассматриваются относительно определенных выпуклостей на двумерной сфере S^2 следующим образом.

Пусть в открытом шаре, ограничиваемом сферой S^2, выбрано две произвольные точки c_1, c_2. Относительно произвольной точки $c_\lambda \in [c_1, c_2]$ определим выпуклость $\mathbf{G}_\lambda$, $\lambda \in [1,2]$ следующим образом: множество A называем выпуклым относительно точки c_λ ,если $\forall x_1, x_2 \in A$ прямая проходящая через точки x_1, x_2 не пересекает точку c_λ и множество точек S^2, вырезаемое двумерным конусом с вершиной c_λ и базой $co\{x_1, x_2\}$ целиком содержится в A.

Относительно любых этих выпуклостей, например $\mathrm{G}_1, \mathrm{G}_2$ можно задать полувыпуклость. Некоторые элементы ,называемые $g_{1,2}$ -регулярными, этой полувыпуклости обладают свойством: они представимы в виде пересечения своих выпуклых оболочек. Здесь под $g_{1,2}$ -регулярностью множества A понимается суще-

ствование для него открытое полупространство H в $\mathbf{R}^3$, такого что $c_1, c_2 \in H$ и $A \subset H^c$.

3. Фрактовыпуклые множества на сфере.

Будем говорить, что множество $A \subset S^2$, принадлежит классу **FG**,если для любых двух точек x_1, x_2 из A существует некоторая выпуклость G_λ , $\lambda \in [1,2]$, определенная выше и такая что $g_\lambda\{x_1, x_2\} \subset A$. Элементы класса **FG** называются фрактовыпуклым множествами на сфере S^2. Для того, что бы рассмотреть свойство фрактовыпуклых множеств введем два определения.

Множество A будем называть регулярным в классе **FG**, если существует -открытое полупространство в $\mathbf{R}^3$, такое что $[c_1, c_2] \in H$ и $A \subset H^c$.

Выпуклость $\mathbf{G}_1 \vee \mathbf{G}_2$ задается равенством: $\mathbf{G}_1 \vee \mathbf{G}_2 = \{A \cap B | A \in \mathbf{G}_1, B \in \mathbf{G}_2\}$.

Оказывается регулярные в классе **FG** фрактовыпуклые множества обладают аналогичным свойством представимости. А именно, они содержатся в классе $\mathbf{G}_1 \vee \mathbf{G}_2$.

Вкратце идея доказательства такова. Вначале показывается, что для любой точки $x \in A \subset S^2$,где -регулярное множество из **FG**, и для любой точки $c_\text{i} \in [c_1, c_2]$,порождающей выпуклость $\boldsymbol{G}_i$, существуют точки $x_1, x_2 \in A$,для которых выполняется условие $x \in g_i\{x_1, x_2\}$.

Затем обосновывается включение $g_1 A \cap g_2 A \subset A$. Для этого показывается , что для произвольной точки $x \in g_1 A \cap g_2 A$ существуют точки $y, z \in \cup\, g_i A$ (где объединение берется по всем i таким, что c_i принадлежит $[c_1, c_2]$), и выпуклость, порождаемая точкой $c_{\alpha_3} \in [c_1, c_2]$, для которой имеет место: $g_{\alpha_3}\{y, z\} \subset A$ и $x \in g_{\alpha_3}\{y, z\}$. Заметим, что по теореме Каратеодори для точки $x \in g_1 A \cap g_2 A$ можно найти такие $x_1, x_2, x_3, x_4 \in A$, что существуют $y' \in g_{\alpha_1}\{x_1, x_2\}$, $z' \in g_{\alpha_2}\{x_3, x_4\}$ и $c_{\alpha_1}, c_{\alpha_2}$ из отрезка $[c_1, c_2]$. Это следует из утверждения предыдущего абзаца. Тогда, в силу принадлежности множества A регулярному классу множеств, для y', z', выполняется включение $g_{\alpha_3}\{y', z'\} \subset A$. То есть точки y', z' и есть искомые точки y, z.

Обратное включение $A \subset g_1 A \cap g_2 A$ следует из свойства экстенсиональности операторов g_1, g_2. Таким образом, можно записать, что $A = g_1 A \cap g_2 A$. Так как регулярность $g_i A$, следует из регулярности A, то получаем, что если регулярное A принадлежит классу $\mathbf{FG}$,то A также принадлежит классу $\mathbf{G}_1 \vee \mathbf{G}_2$.

Важность свойства представимости, обусловлена тем, что оно позволяет говорить об отделимости фрактовыпуклового множества от точки с помощью полупространств, соответствующих выпуклостям $\boldsymbol{G}_1, \boldsymbol{G}_2$.

Список литературы

1. *E. Degreef,* “Glued convexity spaces, frames and graphs”, Compositio Mathematica, 47:2 (1982), 217–222.

2. *G. Sierksma*, “Convexity of unions of sets”, Compositio Mathematica, 42:3 (1980), 391–400.

3. *W. Briec*, C.D. Horvath, “B-convexity”, Optimization, 53:2 (2004), 103–127.

4. *К. Лейхтвейс*, Выпуклые множества. М.:Наука, 1985.

5. *В.П. Солтан*, Введение в аксиоматическую теорию выпуклости. Штиинца, Кишинев, 1984.

THE PROPERTY OF FRACTIOCONVEX SET IN S^2

Kondratev V.
Supervisor: A. Dulliev, c.p.m.s. ,docent
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

It is researched one property of fractioconvex sets in S^2,relative with Robinson-convex family in S^2.It’s relative with points of $[c_1, c_2]$, wich are located in the sphere. Rewrite convex determinations and lemmas up to the fractioconvex sets, it is possible to show the existence of an ability to determined fractioconvex sets using the intersection of its convex, which are relative to the convexes $\mathbf{G}_1, \mathbf{G}_2$ form the $[c_1, c_2]$.

УДК 517.977+519.688

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ

Кузьмин И.А.
Научный руководитель: Н.Е. Роднищев, д.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Формулируется задача синтеза закона управления высотой полета легкового самолета и постоянного запаздывания в привод воздушного давления (ПВД) и описывается один из вариантов её решения. Рассматривается возможность программирования данной задачи с применением параллельных вычислений. Представлено описание программного модуля и результаты его выполнения.

Целью исследования является выявить, описать и исследовать способы программирования задач, содержащих системы нелинейных дифференциальных уравнений с и возможность оптимизации вычислений.

Рассмотрим задачу синтеза закона управления высотой полета легкого самолета, совершающего полёт на высоте $H = 11000$м. со скоростью $V_0 = 265{,}68$ м\с и постоянного запаздывания в привод воздушного давления (ПВД). Скорость полета стабилизирована за счет работы астатического автомата тяги. Управление продольным движением происходит посредством руля высоты и описывается уравнениями

$$\begin{gathered}\frac{d^2\Delta\vartheta}{dt^2} + C_{\dot{\vartheta}}\frac{d\Delta\vartheta}{dt} + C_{\dot{\alpha}}\frac{d\Delta\alpha}{dt} + C_{\alpha}\Delta\alpha = -C_B\Delta\delta_B;\\ \frac{d\Delta\vartheta}{dt} - \frac{d\Delta\alpha}{dt} = b_{\alpha}\Delta\alpha \qquad (1)\\ \frac{d\Delta H}{dt} = V_0(\Delta\vartheta - \Delta\alpha);\\ \Delta\delta_B = i_{\vartheta}\left(\Delta\vartheta - \Delta\vartheta_{\text{зад}}\right) + i_{\dot{\vartheta}}\frac{d\Delta\vartheta}{dt};\end{gathered}$$

$$\Delta\vartheta_{\text{зад}} = -i_H\big(\Delta H(t-\tau) - \Delta H_{\text{зад}}\big) - i_{\dot{H}}\frac{d\Delta H}{dt} - q_H\int_0^t \big(\Delta H(t-\tau) - \Delta H_{\text{зад}}\big)ds.$$

Для удобства исследований приведем исходную систему к канонической форме путем замены переменных, представленных в таблице 1:

Таблица 1

Переменная (выражение)	Обозначение	Переменная (выражение)	Обозначение
$\frac{d\Delta\vartheta}{dt}$		ΔH	X_4
$\Delta\vartheta$	X_2	$\int_0^t q_H\big(\Delta\widetilde{H} - \Delta H_{\text{зад}}\big)ds$	X_5
$\Delta\alpha$	X_3		

Тогда задача (1) - (3) с учетом закона управления (2) приводится к терминальному виду:

$$\begin{aligned}
\frac{dX_1}{dt} &= -\big(C_{\dot{\vartheta}} + C_{\dot{\alpha}}\big)X_1 - (C_\alpha + C_{\dot{\alpha}}b_\alpha)X_3 \\
&- C_B\Big[\ i_\vartheta\Big(\big(X_2 + i_H\big(X_4(t-\tau) - \Delta H_{\text{зад}}\big)\big) \\
&+ i_{\dot{H}}V_0(X_2 - X_3) + X_5\Big) + i_{\dot{\vartheta}}X_1\Big]; \\
\frac{dX_2}{dt} &= X_1; \\
\frac{dX_3}{dt} &= X_1 - b_\alpha X_3; \\
\frac{dX_4}{dt} &= V_0(X_2 - X_3); \\
\frac{dX_5}{dt} &= q_H\big(X_4(t-\tau) - \Delta H_{\text{зад}}\big);
\end{aligned} \qquad (4)$$

С нулевыми начальными условиями для системы (4).

Для сведения процесса (4) к Марковскому процессу рассматривается аналог классического метода шагов к определению управления $u = u(t)$. Для этого покроем рассматриваемый отрезок времени $[t_0, t_k]$ сеткой с шагом равным величине запаздывания τ и узлами $t_q = t_0 + q\tau$, где $q = 1, \dots, N$ номер интервала $[t_q, t_{q-1}]$, N-количество интервалов, $t_k = t_0 + N\tau$.

Обозначим через $s \in [0, \tau]$ текущее время на интервале $[t_q, t_{q-1}]$. Тогда исключая запаздывание на каждом интервале посредством расширения фазового пространства, получим следующую цепочку дифференциальных уравнений по последовательно примыкающим участкам $[t_{q-1}, t_q]$, где $q = 1, \dots, N$.

На первом интервале $(t_0, t_1]$ при значении $q = 1$ вектор состояния системы описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\dot{x_1^1} = -\left(C_{\dot{\vartheta}} + C_{\dot{\alpha}}\right)x_1^1 - (C_\alpha + C_{\dot{\alpha}} b_\alpha)x_3^1 - C_B\left[\ i_\vartheta\left((x_2^1 + i_{\dot{H}} V_0(x_2^1 - x_3^1) + x_5^1) + i_{\dot{\vartheta}} x_1^1\right]\right.;$$

$$\dot{x_2^1} = x_1^1;$$

$$\dot{x_3^1} = x_1^1 - b_\alpha x_3^1;$$

$$\dot{x_4^1} = V_0(x_2^1 - x_3^1);$$

$$\dot{x_5^1} = 0;$$

Далее на последнем интервале $(t_9, t_{10}]$, при значении $q = 10$, вектор состояния системы описывается следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\dot{x_1^{10}} = -\left(C_{\dot{\vartheta}} + C_{\dot{\alpha}}\right)x_1^{10} - (C_\alpha + C_{\dot{\alpha}} b_\alpha)x_3^{10} - C_B\left[\ i_\vartheta\left(\left(x_2^{10} + i_H(x_4^9 - \Delta H_{\text{зад}}) + i_{\dot{H}} V_0(x_2^{10} - x_3^{10}) + x_5^{10}\right) + i_{\dot{\vartheta}} x_1^{10}\right]\right.;$$

$$\dot{x_2^{10}} = x_1^{10};$$

$$\dot{x_3^{10}} = x_1^{10} - b_\alpha x_3^{10};$$

$$\dot{x_4^{10}} = V_0(x_2^{10} - x_3^{10});$$

$$\dot{x_5^{10}} = q_H(x_4^9 - \Delta H_{\text{зад}});$$

Использовав описанный выше подход сведения исходной задачи к последовательности задач, и в соответствии с подходами, изложенными в научной статье Н.Е. Роднищев, Л.Г. Романенко, А.Е. Беговатов «Оптимальное управление нелинейных стохастических систем с запаздыванием» [1] в результате были получены оптимальные параметры автопилота, описываемого выражением (2).

Для создания программного модуля, выполняющего вычисления системы дифференциальных уравнений с запаздыванием, будет использоваться пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB. Программный комплекс содержит в себе два модуля-сценария, каждый их которых выполняет определенный функционал.

В модуле-сценарии function1.m находится один блок, содержащий исходные константы и систему нелинейных дифференциальных уравнений. Script.m представляет общую схему работы второго модуля-сценария, в котором находится алгоритм решения системы дифференциальных уравнений, функционал для распараллеливания вычислений, а также создание графиков решения задачи.

Для решения системы дифференциальных уравнений с запаздывающим положительным аргументом предназначена функция *dde23*. Функция *dde23* является модернизированной версией решателя *ode23*. Для решения системы дифференциальных уравнений она реализует численный метод Рунге – Кутта 2 и 3 порядка точности с автоматическим выбором шага. При работе программы, используя блок параллельных вычислений SPMD и без него, были получены следующие результаты (таблица 2).

Таблица 2

Время работы с SPMD (сек.)	Время работы без SPMD (сек.)
0,117356	0,120023
0,118719	0,122009
0,119914	0,124797
0,117493	0,120112
0,119379	0,123258

Проанализировав результаты проведенных пяти опытов можно сделать вывод, что средняя скорость вычислений системы нелинейных дифференциальных уравнений выросла на 0,0034676 (сек.).

Список литературы

1. *Н.Е. Роднищев, Л.Г. Романенко, А.Е. Беговатов.* Оптимальное управление нелинейных стохастических систем с запаздыванием // 2013, №2, С. 102-108

2. *Миллер Б.М., Панков А.Р*. Теория случайных процессов в примерах и задачах // М.:Физматлит, 2002, 320 с.

3. *Роднищев Н.Е.* Оптимизация управления нелинейных стохастических систем с ограничениями // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2001. №2. С.87-100.

4. *Дьяконов В.П.* Matlab 6/6.1/6.5+Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя // М.:Солон, 2002,768 с.

5. *Кетков Ю.Л., Кетков А.Ю., Шульц М.М.* Matlab 7: программирование численные методы // СПб.:БХВ-Петербург, 2005, 576 с.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE MODULE MODELING THE TRANSITION PROCESS OF A DYNAMIC SYSTEM WITH DELAY

Kuzmin I.
Scientific director: N. Rodnishev, D.T.Sc., full professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The problem of synthesis of the law governing the altitude of the flight of a passenger aircraft and a constant lag in the air pressure (LDPE) drive is formulated and one of the variants for solving it is described. The possibility of programming this problem with the use of parallel computations is considered. The description of the software module that performs the creation of graphs of the characteristics of the transient process of this task

and the description of the software shell of the interactive task solution and the results of the program module execution are presented.

УДК 004.93’1

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПИЛОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОГНИТИВНЫХ СРЕДСТВ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Кузьмин И.А.
Научный руководитель: Л.Ю. Емалетдинова, д.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной работе представлено описание и результаты разработанной программы, которая осуществляет наблюдение за эмоциональным состоянием пилота. Наблюдение будет осуществляться с помощью стандартного приложения камера Windows 10, а анализ полученных снимков будет производиться, используя службы Microsoft Cognitive Services API(Application Programming Interface) распознавания эмоций.

Для решения поставленной задачи в данной работе разработана программа в среде программирования Microsoft Visual C# 2015 с использованием Emotion API.

Функциональные требования:

- Делать снимок пилота.
- Анализировать снимок пилота.
- Предоставлять результаты анализа.

Нефункциональные требования:

- Удобство использования;
- Пользовательский интерфейс должен быть Windows – совместимым;
- Пользовательский интерфейс системы должен быть понятным;
- Программа должна обеспечивать стабильную работу.

В данной работе используется Emotion API, который распознает эмоции человека с помощью алгоритмов искусственного интеллекта, работающих на основе мимических шаблонов, а

наблюдение за пилотом будет осуществляться с помощью стандартного приложения камера Windows 10.

В процессе разработки программы использовалась универсальная платформа Windows (UWP). Благодаря этому созданное приложение, может вызывать не только API WinRT общие на всех устройствах, но и API (включая Win32 и API .NET), работающие исключительно на устройствах определенного семейства Windows. UWP обеспечивает гарантированный уровень базового API на различных устройствах. Это означает, что данное приложение можно установить на целый ряд устройств. Преимуществом выбранной технологии, используемой в программе, является доступность на любом устройстве под управлением Windows 10:

- Devices Iot
- Mobile
- PC
- Xbox
- Surface Hub
- HoloLens

Возможности устройств позволяют программе получить доступ к периферийным и внутренним устройствам. Возможности устройства указываются с помощью элемента DeviceCapability в манифесте пакета приложения. Этот элемент может требовать дополнительных дочерних элементов, а некоторые возможности устройства необходимо добавлять в манифест пакета вручную.

Возможность webcam предоставляет доступ к видеоканалу встроенной камеры или внешней веб-камеры, благодаря чему программа может захватывать фотографии. В Windows приложения должны справляться с ситуациями, когда пользователь отключает камеру с помощью чудо-кнопки Параметры.

Microsoft Cognitive Services (ранее Project Oxford) представляют собой набор API, SDK и сервисов, доступных для разработчиков, чтобы сделать их приложения более интеллектуальными, привлекательными и открытыми. Microsoft Cognitive Services расширяет портфель программных интерфейсов машин-

ного обучения Microsoft и позволяет разработчикам легко добавлять интеллектуальные функции, такие как обнаружение эмоций и видео обнаружения; распознавание лиц, речи; понимание речи и языка в приложениях.

Доступ к определенным ресурсам или API запрашивается при помощи объявления возможностей в манифесте пакета приложения. Общие возможности можно объявлять с помощью Конструктора манифестов в Microsoft Visual Studio или добавлять вручную.

Результатом работы стало приложение, реализующее все запланированные функциональные возможности, сформированные на этапах исследования задачи и построения модели.

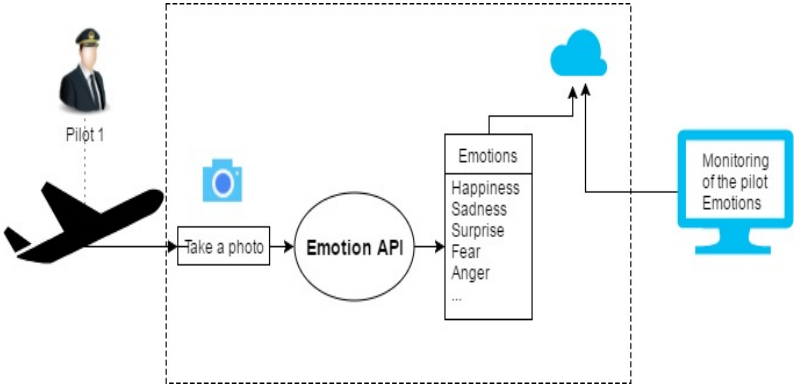


Рис. 1. Архитектура приложения определения эмоционального состояния пилота

Итоговое программное обеспечение предоставляет собой простой в использовании и в то же время удобный способ решения поставленной задачи - мониторинга эмоционального состояния пилота. Успешная и понятная работа с программой возможна даже для пользователя, имеющего лишь базовые навыки работы с компьютером (Рис.2).

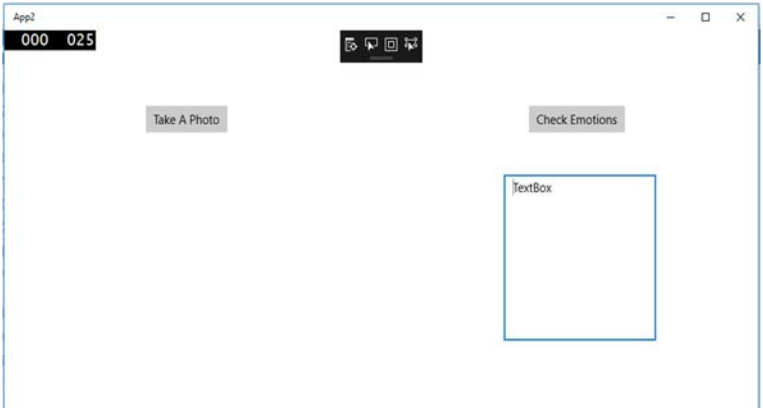


Рис. 2. Графический интерфейс программы

Результаты обработки фотографий выводятся в следующем формате:

"Anger": 1.0570484E-08,
"Contempt": 1.52679547E-09,
"Disgust": 1.60232943E-07,
"Fear": 6.00660363E-12,
"Happiness": 0.9999998,
"Neutral": 9.449728E-09,
"Sadness": 1.23025981E-08,
"Surprise": 9.91396E-10.

На основе этих данных можно определить эмоциональное состояние. Если ключевые параметры, например, «Fear», «Sadness», превышают безопасный порог, то это может свидетельствовать о том, что пилоту необходима помощь.

Список литературы

1. *Эндрю Троелсен, Филипп Джепикс*, Язык программирования C# 6.0 и платформа .NET 4.6. Изд-во Вильямс, 2016. 1140 с.

2. *Петер Флах*, Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. Учебник, Изд-во ДМК Пресс, 2015. - 400 с.

3. *Гаврилов М.В.* Информатика и информационные технологии: учебник для прикладного бакалавриата / М. В. Гаврилов, В. А. Климов ; Саратов. гос. юр. академия. - 4-е изд., перераб. И доп. - М. : Юрайт, 2014. - 383 с. - (Бакалавр. Прикладной курс).

4. *Советов Б.Я.* Информационные технологии: учебник для прикладного бакалавриата /Б. Я. Советов, В. В. Цехановский; СПб гос..электротех. ун-т "ЛЭТИ" им В.И. Ульянова (Ленина). - 6-еизд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2015. - 263 с. - (Бакалавр. Прикладной курс). - ISBN 978-5-9916-4359-7.

DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE MODULE FOR THE DETERMINATION OF THE EMOTIONAL STATE OF PILOT WITH USING COGNITIVE FACILITIES AND MACHINE TRAINING

Kuzmin I.

Scientific adviser: L. Emaletdinova, D.T.Sc., full professor

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this paper, the description and results of the developed program are presented, which monitors the emotional state of the pilot. The surveillance will be performed using a standard Windows 10 camera application, and the resulting snapshots will be analyzed using the Microsoft Cognitive Services API (Application Programming Interface) of emotion recognition.

УДК 004.921

СРАВНЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ БОЛЬШИХ И МАЛЫХ ОТКРЫТЫХ ВОДОЁМОВ

***Макарова Т.П.*[1,2]**
Научный руководитель: М.П. Шлеймович, к.т.н., доцент
(1-Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань,
2-АО «Научно-производственное объединение «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань)

В настоящее время во многих сферах человеческой деятельности существует потребность в использовании компьютерной графики. Широкое поле применения способствует возникновению всё более совершенных методов моделирования изображений как с точки зрения точности и реалистичности, так и с точки зрения аппаратной реализации методов.

Наиболее требовательной к компьютерной графике сферой деятельности является индустрия кино и индустрия видеоигр. В отличие от медицинской и военно-оборонной сфер, где больший упор делается на точность смоделированных изображений, в кино и видеоиграх, рассчитанных на массовое потребление, качество и зрелищность итогового продукта напрямую влияют на его рентабельность. Также в случае индустрии видеоигр большое влияние оказывает и то, насколько требовательным к ресурсам персонального компьютера или игровой приставки окажется итоговый продукт.

Самым частым и самым сложным, с точки зрения реалистичности, объектом моделирования является водная поверхность. Существует множество методик и их реализаций, и с каждым днём их становится всё больше. Однако не существует и никогда не будет существовать универсального метода моделирования водной поверхности, поскольку имеется требование на минимизацию затрачиваемых аппаратных ресурсов и максимизацию

итогового результата. В таких условиях возникает потребность для каждой конкретной задачи создавать уникальный метод решения.

В случае с моделированием водной поверхности есть существенная разница между моделированием небольших водоёмов (луж, озёр, прудов и т.д.) и моделированием больших открытых водоёмов (море, океан). Если не учитывать эту разницу, то итоговый результат может не только оказаться далёким от реального изображения, но и весьма затратным при реализации.

На первый взгляд, разница не так уж и существенна – физика воды не изменяется при увеличении её объёма, законы, по которым отражается и преломляется свет, не искажаются, а, значит, и визуальное их проявление остаётся прежним. Такое утверждение верно для математической модели воды, однако, в случае её программной реализации размер водоёма приходится учитывать.

К примеру, ранние методы визуализации воды в реальном времени основывались на предположении о том, что водная поверхность плоская. Иллюзия волн создавалась за счет рельефного текстурирования с использованием заранее сгенерированных карт для нормалей и высот. Такой подход до сих пор часто используется. Он отлично подходит для визуализации небольших и спокойных поверхностей воды: озер, прудов и луж. Кроме того, плоская поверхность воды сильно упрощает визуализацию отражений, преломлений, физическую модель, требует минимального количества полигонов и позволяет легко добавлять спецэффекты, например, волны от объектов.

К сожалению, такой подход очень плохо справляется с визуализацией больших открытых водоемов, а именно тех, где ожидается увидеть крупные волны. Как только у аппаратной части появилась возможность изменять геометрию без серьезного падения производительности, рельефное текстурирование было вытеснено анимацией вершин. Но получаемые поверхности все равно приходится делать достаточно плоскими, так как для реалистичного синтеза больших волн требуются более сложные подходы, чем анимация за счет заранее сгенерированных карт

нормалей и высот. Таким подходом, например, является параметрическая модель “Gernster Waves” (Рисунок 1), но хотя модель применялась на практике, широкого распространения не получила [1].

Существуют более простые методики моделирования крупных волн, к примеру, статистическая модель, в которой используется дискретное преобразование Фурье.

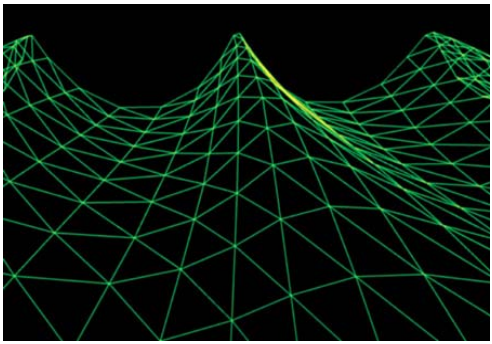


Рис. 1. Поверхность, синтезированная моделью "Gernster Waves"

Сложность моделирования волнения водной поверхности большого водоёма компенсируется упрощением вычисления цвета водной поверхности.

В случае небольших водоёмов в результирующий цвет водной поверхности часто добавляется дно и находящиеся на нём объекты. В зависимости от того, под каким углом наблюдатель смотрит на воду, он видит либо дно, либо отражения неба и находящихся над поверхностью объектов. Переход от видимого преломления к отражению задаётся коэффициентом Френеля, который определяет, какая доля падающей световой энергии отражается для заданного угла падения (Рисунок 2) [2]. Дополнительной сложностью для небольших водоёмов в этом случае будет необходимость учитывать находящиеся под поверхностью воды объекты, в то время как море или океан достаточно глубоки, чтобы дна не было видно. Для крупных водоёмов цвет меняется от слегка зеленоватого оттенка до тёмно-синего.

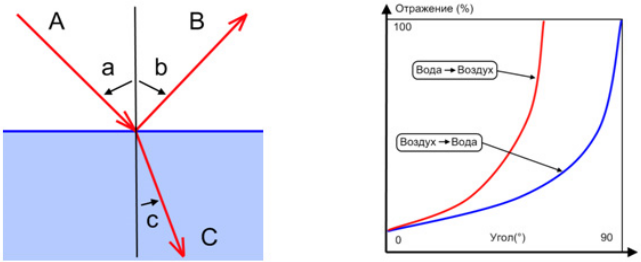


Рис. 2. Преломление и отражение света на границе двух сред

Помимо различий в моделировании волнения и расчёта цвета есть также разница в площади изображаемого водоёма. Пруды и лужи обладают небольшим размером и чаще всего полностью оказываются в зоне видимости, в то время как море уходит далеко за горизонт. Очевидно, что моделирование всей поверхности большого водоёма нерационально, поскольку наблюдатель никогда не увидит так далеко расположенную поверхность.

В этом случае часто прибегают к снижению детализации дальней части водной поверхности. То есть вместо того, чтобы равномерно распределять полигоны по поверхности, как в случае небольшого водоёма, необходимо уменьшать количество полигонов модели в зависимости от расстояния до наблюдателя. Для реализации этого подхода используется проекционная сетка (Рисунок 3), однако при её использовании необходимо учитывать возможность появления артефактов по краям, возникающих при сдвиге вершин спроецированной сетки для создания остроконечного профиля волн.

Решением этой проблемы является расширение проекционной сетки, чтобы сдвинутые краевые вершины оставались за пределами экрана. Но сетку в таком случае придется либо очень сильно расширять, либо реализовывать достаточно сложную схему выбора величины сдвига в зависимости от положения наблюдателя относительно поверхности воды, амплитуды волн, расстояния до края сетки [1].

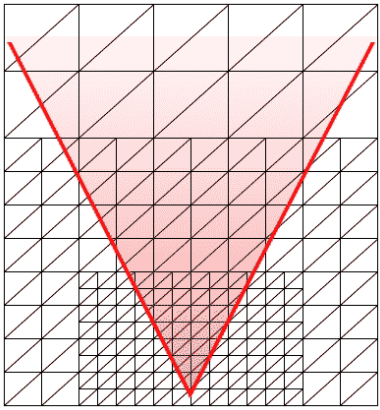


Рис. 3. Проекционная сетка

Таким образом, можно выделить следующие особенности моделирования поверхности больших и малых открытых водоёмов:

– Моделирование волнения большой водной поверхности сложнее, чем у более мелких водоёмов из-за необходимости визуализации крупных остроконечных волн;

– У больших открытых водоёмов цвет поверхности не зависит от дна и расположенных на нём объектов и формируется из отражения неба и угла наблюдения;

– У больших открытых водоёмов площадь поверхности очень велика и не целиком попадает в обзор. Необходимо учитывать это для снижения ресурсостоимости;

– Поверхность малых открытых водоёмов можно считать плоской.

Список литературы

1. *Дмитрий Трифонов.* Визуализация водной поверхности. Быстрое преобразование Фурье на GPU. Компьютерная графика и мультимедиа. Выпуск №7(1)/2009.

2. https://ru.wikipedia.org/wiki/Формулы_Френеля

SURFACES OF BIG AND SMALL BODIES OF WATER TO COMPARE SIMULATION FEATURES

***Makarova T.*[1,2]**
Supervisor: M. Shleimovitch, Cand. Sc. (Tech.), Docent
(1-Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan,
2-JSC "Scientific and Production Association "State Institute of Applied Optics", Kazan)

At the present time, there is a demand for application of computer-generated graphics in many ranges of human activities. The large field of application gives rise to more advanced methods of image simulation accuracy and reality as well as hardware implementation of methods.

УДК 50-51

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА КОМПЬЮТЕРНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ КУРСА ТЕОРИЯ ИГР И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

Мингулов К.А.
Научный руководитель: Н.Е. Роднищев д.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В ходе данной работы была разработана программа на замену программы входящей в состав компьютерных тренажеров для курса Теория игр и исследование операций. Разработанная программа показывает более стабильную работу, и позволяют в полной мере справиться с поставленной перед студентами задачей.

В настоящее время использование в обучении студентов технических специальностей компьютерных программ является неотъемлемой частью учебного процесса. В частности, на кафедре Прикладной математики и информатики Казанского национального исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева уже более 15 лет функционирует программный комплекс по обучению студентов методам теории игр и исследования операций.

Однако практика показывает, что в настоящее время требуется обновление данного программного комплекса, что обусловлено как прогрессом в развитии компьютерных технологий, так и наличием ошибок и сбоев в устаревших программах. Данная проблема является актуальной, т.к. выполнение лабораторных работ на устаревшем программном обеспечении представляет определенные трудности и неудобства для студентов, что снижает эффективность обучения и понижает мотивацию к обучению.

В статье предложены результаты проведенной работы по обновлению программного комплекса.

Разработка компьютерных тренажеров

Инструментами разработки стали платформа .Net и язык C#.

Постановка классической транспортной задачи:

Имеются пункты производства $A_i, i = \overline{1,m}$ некоторой однородной продукции. В каждом пункте A_i объем производства составляет a_i. Эта продукция поставляется в пункты потребления $B_j, j = \overline{1,n}$, причем потребность пункта B_j равна b_j. Перевозка продукции возможна из любого пункта A_i в любой пункт B_j, при этом стоимость перевозки единицы продукции определяется величиной c_{ij}. Требуется найти такой план перевозки продукции, при котором запросы всех пунктов потребления будут полностью удовлетворяться, запасы продукции из всех пунктов производства полностью вывозиться, а суммарная стоимость перевозки была бы минимальной.

Программа-тренажер по теме «Классическая транспортная задача» реализует алгоритм метода потенциалов – модификации симплекс-метода решения задач линейного программирования, и включает в себя три основных этапа:

1) Построение начального опорного плана;
2) Проверка опорного плана на оптимальность;
3) Улучшение опорного плана.

Для построения начального опорного плана в программном тренажере применен метод минимального элемента. При запуске программы предлагается ввести количество потребителей и количество производителей.

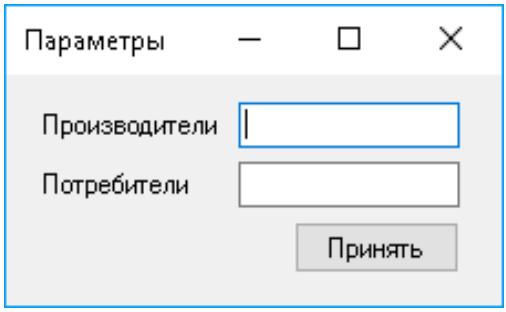


Рис. 1. Ввод размерности задачи

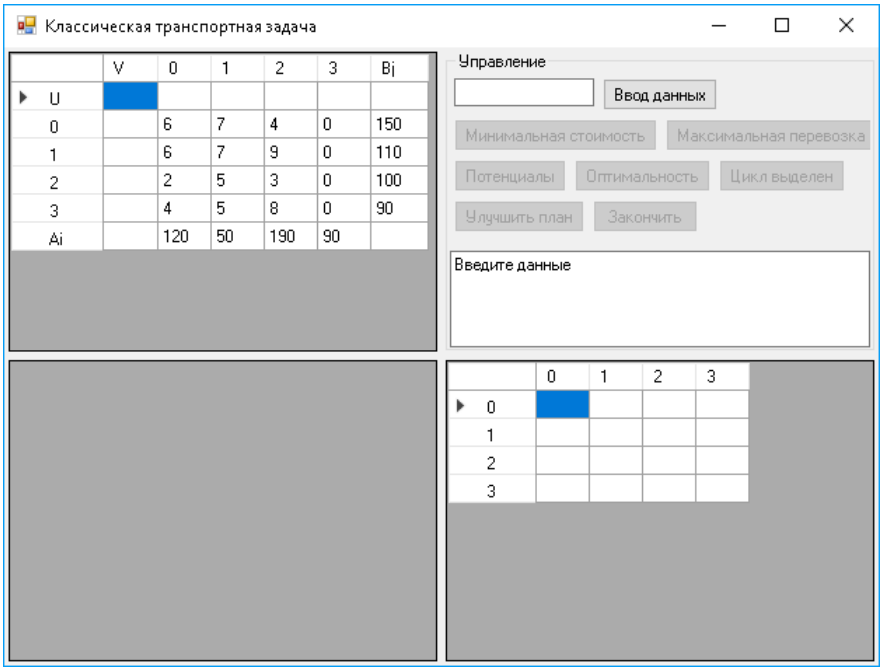


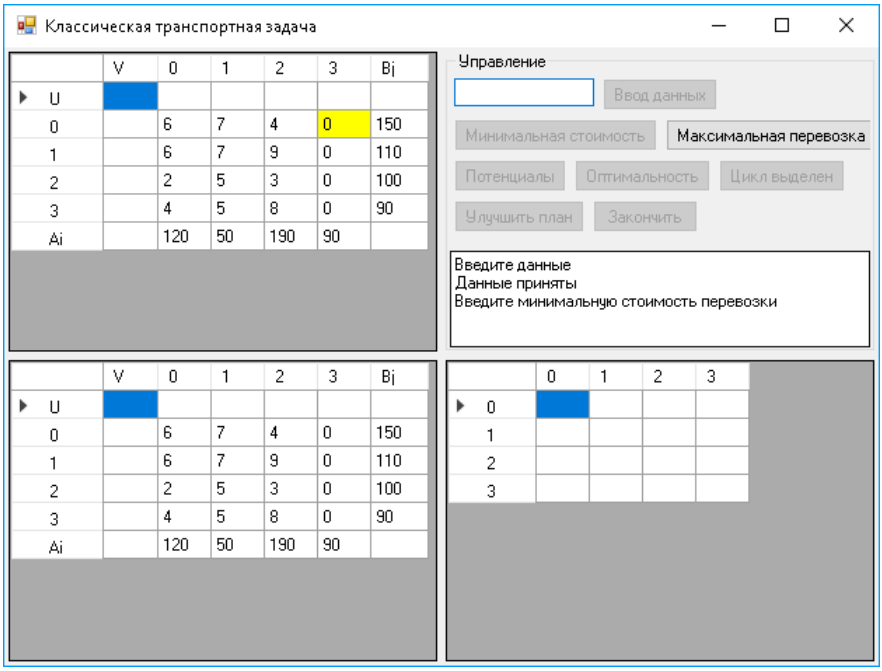
Рис. 2. Главная форма тренажера по теме «Классическая транспортная задача»

После ввода размерности и нажатия кнопки «Принять», перед студентом открывается главная форма тренажера, разделенная на 4 части, где в последующем отражаются все шаги алгоритма, вводятся данные а также выводятся сообщения об ошибках.

Левая верхняя часть является главной рабочей областью, куда обучаемый вводит данные самостоятельно. Правая верхняя часть служит для управления и отображения подсказок. Левая нижняя часть отображает исходные данные. Правая нижняя часть отображает текущее состояние решения задачи.

Первым шагом решения задачи является ввод исходных данных. Для этого необходим ввод стоимостей перевозок, объемов производства и потребления. После чего студент должен нажать кнопку «Ввод данных». В случае если студентом были

введены корректные данные, в области подсказок будут отображены сообщения «Данные приняты» и «Введите минимальную стоимость перевозки».



	V	0	1	2	3	Bj
U						
0		6	7	4	0	150
1		6	7	9	0	110
2		2	5	3	0	100
3		4	5	8	0	90
Ai		120	50	190	90	

	0	1	2	3
0				
1				
2				
3				

Рис. 3. Минимальная стоимость

Вторым шагом является составление начального опорного плана. Студент должен ввести в поле минимальную стоимость и нажать кнопку «Минимальная стоимость». Если число правильное, то в рабочей области ячейка будет подсвечена желтым цветом и станет доступна кнопка «Максимальная перевозка».

Студент должен ввести максимально возможный объем перевозки между соответствующими пунктами и нажать кнопку «Максимальная перевозка». Если число было введено верно, то рабочее поле обновится и вновь станет доступна кнопка «Минимальная стоимость». Две данные операции повторяются до тех

пор, пока не будет построен начальный опорный план (рабочее поле опустеет).

После этого программа-тренажер перейдет к следующему шагу - будет выведено сообщение «Заполните потенциалы» и станет активна кнопка «Потенциалы».

Третьим шагом решения является проверка плана на оптимальность. Для этого студенту необходимо самостоятельно вручную рассчитать значения потенциалов, ввести значения в отведенные для этого ячейки и нажать кнопу «Потенциалы». Если студент заполнил потенциалы верно, то станет активна кнопка «Оптимальность». При нажатии на кнопку будет выведен вопрос «Оптимален ли план».

Если план оптимален и студент верно ответил на поставленный вопрос, то задача решена. В противном случае будет выдано сообщение об ошибке. Если план не оптимален, то в случае верного ответа студента программа переходит к следующему шагу - становится доступна кнопка «Цикл выделен».

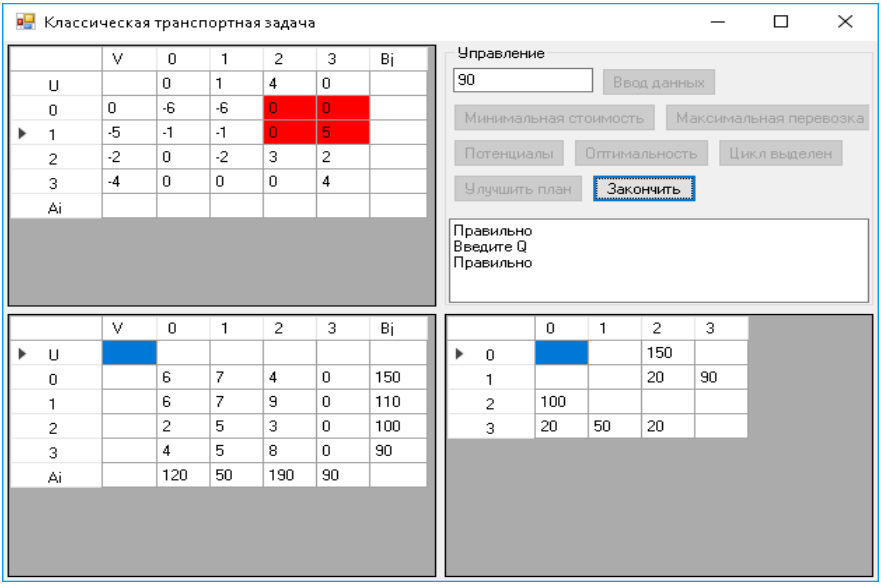


Рис. 4. Улучшенный план

Четвертым шагом является переход к лучшему плану. Для этого студент должен определить клетки распределительной таблицы, образующие цикл. Студент должен выделить цикл и нажать кнопку «Цикл выделен». Если цикл выделен правильно, то будут выведены сообщения «Правильно» и «Введите Q» - значение максимально возможного объема перевозок, перераспределяемого по циклу. После этого станет доступна кнопка «Улучшить план». Если студент ввел правильное значение Q, то при нажатии на кнопку «Улучшить план» перевозки будут перераспределены, и рабочая область изменится соответствующим образом.

В противном случае будет выведено сообщение об ошибке. После улучшения плана становится доступна кнопка «Закончить». При нажатии на кнопку «Закончить» задача будет решена до конца автоматически. После чего будет выдано сообщение об окончании решения и выведено количество ошибок.

Заключение

В ходе данной работы была разработана программа комплекса компьютерных тренажеров для курса Теория игр. Разработанная программа показывает более стабильную работу по сравнению со старой версией и позволяет полностью решить поставленную задачу.

DEVELOPMENT OF COMPUTER TRAINERS FOR COURSE OF GAME THEORY AND OPERATIONS RESEARCH

Mingulov K.
Supervisor: N. Rodnischev, doctor of engineering sciences, professor
(Kazan National Research Technical
University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In the course of this work, a program to replace one of programs from complex of computer trainers for the course of Game theory and operations research was developed. Developed program shows more stable work and allows students to fully solve the task given them.

УДК 519.852.67

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА ОГРАНИЧЕНИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ СЕМЕЙСТВА ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ

Михненко Н.К.
Научный руководитель: С.В. Ктитров, к.т.н., доцент
(Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва)

Рассматривается задача определения оптимального наряда сил и средств для проведения поисково-спасательных работ при допущении, что учет производится только авиационных средств. Данную задачу предложено решать как совокупность отдельных булевых задач линейного программирования. Приводятся как оптимизационная модель, формализующая указанные задачи, так и анализ влияния вида ограничений на эффективность указанных методов.

При организации поисково-спасательных работ (ПСР) основной задачей становится оптимальное назначение воздушных судов (ВС) на зоны ПСР, причем задача должна быть решена с учетом текущего размещения поисковых средств на аэродромах. В рамках данного доклада будем считать, что задается только одна зона ПСР.

Критерием оптимальности является максимизация суммарной площади охвата зоны поиска ВС, участвующими в проведении ПСР при минимальном наихудшем времени поиска потерпевших бедствие. Требуется решить ряд вспомогательных задач: формирование районов поиска (РП) [1], введение на них сеток, приведение исходных данных к виду, поддерживаемому оптимизационными алгоритмами.

Предлагается решать задачу в два этапа. Первый этап состоит из задачи максимизации площади охвата зоны ПСР – S. Второй включает минимизацию наихудшего времени поиска в рассматриваемом РП на площади S. В результате выполнения

обоих этапов будет получено оптимальное разбиение рассматриваемого РП.

С целью нахождения максимальной площади обследования и минимального наихудшего времени до обнаружения потерпевших бедствие предлагается ввести следующие целевые функции:

$$f_s(x_{11},..,x_{sq_p}) = \sum_{j=1}^{p}\sum_{i=1}^{sq_j}(x_{ij}\cdot S_{sij}) \to \max, \qquad (1)$$

где x_{ij} – булева переменная, соответствующая $i^{ому}$ квадрату $j^{ого}$ ВС, p – количество всех ВС, участвующих в проведении ПСР, sq_j – общее число квадратов сетки $j^{ого}$ ВС, $S_{зij}$ – часть площади зоны ПСР, входящая в квадрат x_{ij};

$$f_t(r_{1j},..,x_{sq_jj},x_{1j},..,x_{sq_jj}) = \sum_{j=1}^{sq_j} L_{ij}\cdot r_{ij}\cdot\frac{1}{v_{1j}} + \\ + \frac{S_{sqj}}{N_j}\cdot\sum_{i=1}^{sq_j} x_{ij} \to \min, j = 1,..,p, \qquad (2)$$

где S_{sqj} – площадь квадрата для $j^{ого}$ ВС, L_{ij} – дальность полета до $i^{ого}$ квадрата области поиска $j^{ого}$ ВС, v_{1j} - скорость горизонтального полета для $j^{ого}$ ВС при полете до РП, $N_j = H_j\cdot V_{2j}$ – поисковая производительность [1], v_{2j} – скорость горизонтального полета для $j^{ого}$ ВС при облете РП, r_{ij} – булева переменная, соответствующая выбранному маршруту полета до $i^{ого}$ квадрата области поиска $j^{ого}$ ВС, H_j – ширина полосы обследования $j^{ого}$ ВС.

Основные ограничения задачи разбиения РП. Площадь области поиска $j^{ого}$ ВС не может превосходить максимально возможной площади обследования данного ВС:

$$S_{sqj}\cdot\sum_{i=1}^{sq_j} x_{ij} + \frac{2}{v_{1j}}\cdot\sum_{i=1}^{sq_j} L_{ij}\cdot r_{ij} \le N_j\cdot t_{max\,j}, j = 1,..,p, \qquad (3)$$

где t_{maxj} – максимальное время полета $j^{ого}$ ВС.

Один квадрат зоны ПСР может входить не более чем в одну область поиска:

$$\sum_{j=1}^{p} x_{ij} \le 1, i = 1,..,sq_j. \qquad (4)$$

Может быть выбрано не более одного маршрута полета до области поиска для каждого из ВС:

$$\sum_{j=1}^{sq_j} r_{ij} \le 1, j = 1,..,p. \quad (5)$$

Если выбран маршрут полета до i^{ого} квадрата области поиска j^{ого} ВС, то данный квадрат должен быть включен в область поиска для рассматриваемого ВС:

$$x_{ij} - r_{ij} \ge 0, i = 1,..,sq_{j.} \quad (6)$$

В случае, если маршрут полета для j^{ого} ВС не был выбран, то и область поиска у данного ВС должна отсутствовать:

$$x_{ij} - \sum_{u=1}^{sq_j} r_{uj} \le 0, j = 1,..,p, i = 1,..,sq_j. \quad (7)$$

Если i^{ый} квадрат входит в область поиска j^{ого} ВС, то переменная x_{ij} должна принимать значение равное 1, либо 0 в противном случае: $x_{ij} \in \{0,1\}$.

Если выбран маршрут полета до i^{ого} квадрата области поиска j^{ого} ВС, то переменная r_{ij} должна принимать значение равное 1, либо равное 0 в противном случае: $r_{ij} \in \{0,1\}$.

Ограничения, обеспечивающие прямоугольную область поиска. Известно, что все способы поиска потерпевших бедствие предусматривают прямоугольную область поиска. Введем соответствующие переменные и ограничения. Рассмотрим следующую величину:

$$R_{izj} = x_{ij} + x_{zj}, j = 1,..,p, z = 1,..,sq_j, i = 1,..,sq_j, i \ne z, \quad (8)$$

R_{izj} принимает значение 0, если квадраты с номерами i и z не входят в область поиска для j^{ой} Т; 1 – если входит только один из квадратов; 2 – если входят оба квадрата.

Для того, чтобы область поиска j^{ого} ВС имела форму прямоугольника, необходимо выполнение двух групп ограничений. Первая группа затрагивает случаи, при которых оба квадрата принадлежат одному и тому же столбцу сетки, либо одной и той же строке. В свою очередь, вторая группа рассматривает все остальные случаи.

Первая группа:

$$x_{kj} - R_{izj} \ge -1, z = 1,..,sq_j, j = 1,..,p, i = z,..,sq_j, i \ne z, \quad (9)$$

где row_j – количество строк сетки j^{ого} ВС, eps $\in$ □ , eps □ 1.

Вторая группа:

$$x_{kj} - R_{izj} \geq -1, z = 1,..,sq_j, j = 1,..,p, i = z,..,sq_j, i \neq z, \left\{\frac{i-z}{row_j}\right\} \neq 0,$$
$$\left[\frac{z}{row_j + eps}\right] \neq \left[\frac{i}{row_j + eps}\right], k \neq z,$$
(10)
$$k \in \begin{cases} \left\{\begin{array}{l}\left(\left[\frac{z}{row_j + eps}\right]+1\right)\cdot row_j, \\ z + \left|\left[\frac{i}{row_j + eps}\right] - \left[\frac{z}{row_j + eps}\right]\right| \cdot row_j\end{array}\right\}, \text{если} \left\{\frac{i}{row_j}\right\} == 0, \\ \left\{\begin{array}{l}\left\{\frac{i}{row_j}\right\} + \left[\frac{z}{row_j + eps}\right] \cdot row_j, \\ z + \left|\left[\frac{i}{row_j + eps}\right] - \left[\frac{z}{row_j + eps}\right]\right| \cdot row_j\end{array}\right\}, \text{иначе}. \end{cases}$$

Ограничения второй группы могут быть также представлены в следующем виде:

$$x_{kj} + x_{k_1 j} - 2 \cdot R_{izj} \geq -2, z = 1,..,sq_j, j = 1,..,p, i = z,..,sq_j, i \neq z,$$
$$\left\{\frac{i-z}{row_j}\right\} \neq 0, \left[\frac{z}{row_j + eps}\right] \neq \left[\frac{i}{row_j + eps}\right], k \neq z, \quad (11)$$
$$k_1 = z + \left|\left[\frac{i}{row_j + eps}\right] - \left[\frac{z}{row_j + eps}\right]\right| \cdot row_j,$$
$$k = \begin{cases} \left(\left[\frac{z}{row_j + eps}\right]+1\right)\cdot row_j, \text{если} \left\{\frac{i}{row_j}\right\} == 0, \\ \left\{\frac{i}{row_j}\right\} + \left[\frac{z}{row_j + eps}\right] \cdot row_j, \text{иначе}. \end{cases}$$

Представленная выше форма записи ограничений (11) второй группы позволяет сократить их общее количество в два раза по сравнению с предыдущей (10).

Ограничениями первой и второй групп обеспечивается не только прямоугольная форма области разбиения, но и устраняется возможность появления разрывных областей поиска j^{oro} ВС.

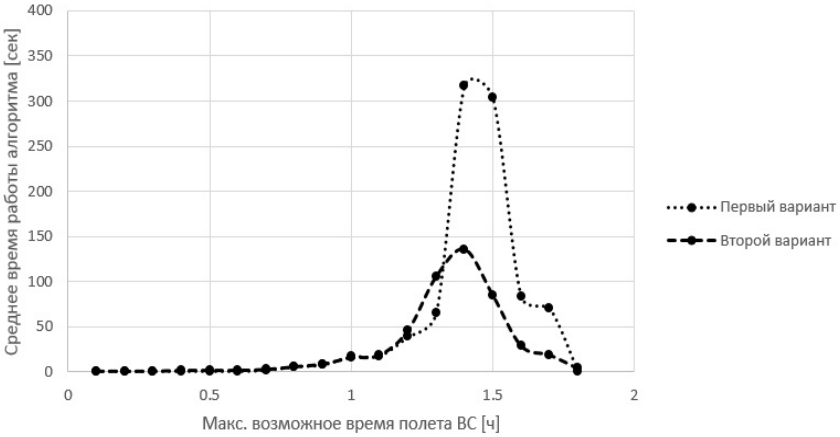


Рис. 1. Среднее время выполнения процедуры нахождения МП охвата РП для РП площадью 16800 км^2 и двух вариантов ограничений

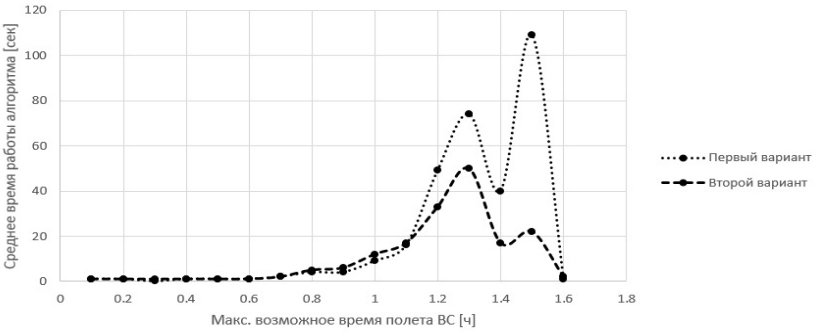


Рис. 2. Среднее время выполнения процедуры нахождения МП охвата РП для РП площадью 14400 км^2 и двух вариантов ограничений

Рассмотрим эффективность комбинации стратегий методов семейства ветвей и границ: активные ограничения (active con-

straints – на данный момент одна из наиболее эффективных стратегий [2]) и первичный поиск в глубину (DFS). Эффективность проверялась применительно к решению вышеописанной задачи с отдельным использованием как ограничений первого варианта: (11), так и второго – (10). Для примеров выбраны два РП, площади которых равны 16800 и 14400 км^2 с тремя дежурящими нарядами. Размерность первой задачи составляет 252 переменные, количество ограничений – 3240 для первого варианта и 5130 для второго. Размерность второй – 216 переменных, количество ограничений – 2326 для первого варианта и 3678 для второго. Варьируемой величиной являлась максимальное возможное время полета ВС, которая оказывает непосредственное влияние на МП охвата РП.

На основе анализа представленных результатов (рис. 1, 2) можно сделать следующие выводы:

- ограничения первого варианта, несмотря на обеспечение значительно меньшего числа ограничений, в большинстве случаев демонстрируют более плохие результаты;
- худшие результаты при использовании ограничений первого варианта связаны со значительным возрастанием случаев отсутствия активных ограничений после решения линейных релаксаций, что приводит к неоднозначности в выборе переменной при делении текущей допустимой области на подобласти.

Обобщая полученные результаты можно заключить, что в ряде случаев путем контролированного увеличения размерности задач, либо числа ограничений можно добиться значительного увеличения эффективности оптимизационных алгоритмов, что может быть существенным при решении многих проблем в таких областях как: экономика, банковское дело, управление сложными техническими объектами и др.

Список литературы

1. *Семенов В.В.* Наставление по авиационной поисково-спасательной службе СССР. Москва, 1990. 256 с.

2. *Patel J., Chinneck J.W.* Active-Constraint Variable Ordering for Faster Feasibility of Mixed Integer Linear Programs // Mathematical Programming Series A, vol. 110. 2007. pp. 445-474.

INVESTIGATION OF THE CONSTRAINTS INFLUENCE ON THE EFFICIENCY OF THE BRANCH AND BOUND METHODS

Mikhnenko N.
Supervisor: S. Ktitrov, D.Eng.Sc., Assoc. Prof.
(National Research Nuclear University
(Moscow Engineering Physics Institute)

The problem of determining an optimal assignment of aircrafts for carrying out search and rescue operations is considered. We propose to solve this problem as a set of separate pseudo-boolean linear programming problems. Optimization model that formalizes these problems is given as well as an analysis of the influence of the constraints type on the effectiveness of these methods.

УДК 519.1

ПОЛИНОМИАЛЬНАЯ ФОРМУЛА: ЕЁ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЁННЫХ ВИДОВ МНОГОЧЛЕНОВ И ОБЛАСТЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Павлова А.А.
Научный руководитель: З.Я. Якупов, к.ф.-м.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Исследуются закономерности записи полиномиальных формул для определенных типов многочленов: с единичными и неединичными коэффициентами. Рассматривается назначение полиномиальной формулы, области её использования и практического применения.

Цель работы: выявить закономерности записи полиномиальной формулы для определенных видов многочленов и описать область практического применения полиномиальной формулы.

Методика проведения исследования: конкретные вычисления при разборе примеров.

Рассмотрим полиномиальную формулу [1-3]:

$$(a_1 + a_2 + \cdots + a_k)^n = \sum_{\substack{(n_1,n_2,n_3,\ldots n_k) \\ n_1+n_2+n_3+\cdots+n_k=n}} \frac{n!}{n_1!\cdot n_2!\cdot n_3!\cdot \ldots \cdot n_k!} \cdot a_1^{n_1} \cdot \cdot a_2^{n_2} \cdot a_3^{n_3} \cdot \ldots \cdot a_k^{n_k},$$

где n,k ∈ N.

Для того, чтобы выявить закономерности в записи полиномиальной формулы для определённых видов многочленов, рассмотрим пример с единичными коэффициентами.

Пример 1.

$$(1 + x + x^2)^3 = ?$$

n=3, k=3 (коэффициенты единичны).

По таблице 1 можно наблюдать закономерность проставления чисел:

1) Для 1 строки n_1 мы записываем одинаковые числа (сколько их возможно),начиная с 0, затем следующее число 1 (их

количество будет на 1 меньше), потом 2 (их количество также уменьшается на 1) и т.д.;

2) Для 2 строки n_2 мы записываем те же числа, только по одному и в порядке возрастания;

3) Для 3 строки n_3 мы записываем таким же образом что и во 2 строке, но только в порядке убывания.

Таблица 1

Таблица всевозможных путей решений $n_1 + n_2 + n_3 == n = 3$

n_1	0	0	0	0	1	1	1	2	2	3
n_2	0	1	2	3	0	1	2	0	1	0
n_3	3	2	1	0	2	1	0	1	0	0

Таким образом, можно составить любую таблицу, подобную таблице 1.

Количество всевозможных решений (количество полиномиальных коэффициентов) определяется по формуле

$$\overline{C_n^k} = C_{n+n-1}^k = \frac{(n+k-1)!}{n!\,(k-1)!}$$

$$\overline{C_n^k} = C_{n+n-1}^k = \frac{(3+3-1)!}{3!(3-1)!} = \frac{5!}{3!2!} = 10.$$

Применяя полиномиальную формулу, получаем:

$$(1+x+x^2)^3 = \frac{3!}{0!\,0!\,3!}\cdot 1^0\cdot x^0\cdot (x^2)^3 + \frac{3!}{0!\,1!\,2!}\cdot 1^0\cdot x^1\cdot (x^2)^2 +$$
$$+\frac{3!}{0!\,2!\,1!}\cdot 1^0\cdot x^2\cdot (x^2)^1 + \frac{3!}{0!\,3!\,0!}\cdot 1^0\cdot\cdot x^3\cdot (x^2)^0 +$$
$$+\frac{3!}{1!\,0!\,2!}\cdot 1^1\cdot x^0\cdot (x^2)^2 + \frac{3!}{1!\,1!\,1!}\cdot 1^1\cdot x^1\cdot (x^2)^1 +$$
$$+\frac{3!}{1!\,2!\,0!}\cdot 1^1\cdot x^2\cdot (x^2)^0 + \frac{3!}{2!\,0!\,1!}\cdot 1^2\cdot x^0\cdot (x^2)^1 +$$
$$+\frac{3!}{2!\,1!\,0!}\cdot 1^2\cdot x^1\cdot (x^2)^0 + \frac{3!}{3!\,0!\,0!}\cdot 1^3\cdot x^0\cdot (x^2)^0 =$$
$$= x^6 + 3x^5 + 3x^4 + x^3 + 3x^4 + 6x^3 + 3x^2 + 3x^2 + 3x + 1 =$$
$$= x^6 + 3x^5 + 6x^4 + 7x^3 + 6x^2 + 3x + 1$$

Итак, коэффициенты многочлена симметричны относительно его «центра записи».

Под «центром записи» будем понимать следующее:

а) если количество m элементов в многочлене – нечетное число, то «центр» - это элемент, находящийся в центре многочлена (его номер будет $\frac{m+1}{2}$);

б) если количество m элементов в многочлене – четное число, то «центр» - это пространство между элементами под номерами ($\frac{m}{2}$) и ($\frac{m}{2}+1$).

При рассмотрении других примеров мы также будем наблюдать, что при единичных коэффициентах исходного многочлена наблюдается симметрия коэффициентов полученного многочлена относительно его «центра».

Рассмотрим пример, где коэффициенты не равны единицы.

Пример 2.

$$(2+3x+4x^2)^3 = ?$$

n=3, k=3 (коэффициенты многочлена не равны единице).

Воспользуемся таблицей 1 всевозможных путей решений.

Всего таких решений будет, как и в примере 1:

$$\overline{C_n^k} = C_{n+n-1}^k = \frac{(3+3-1)!}{3!\,(3-1)!} = \frac{5!}{3!\,2!} = 10.$$

Применим полиномиальную формулу для нашего выражения

$$(2+3x+4x^2)^3 = \frac{3!}{0!\,0!\,3!}\cdot 2^0\cdot(3x)^0\cdot(4x^2)^3 +$$
$$+\frac{3!}{0!\,1!\,2!}\cdot 2^0\cdot(3x)^1\cdot(4x^2)^2 + \frac{3!}{0!\,2!\,1!}\cdot 2^0\cdot(3x)^2\cdot(4x^2)^1 +$$
$$+\frac{3!}{0!\,3!\,0!}\cdot 2^0\cdot(3x)^3\cdot(4x^2)^0 + \frac{3!}{1!\,0!\,2!}\cdot 2^1\cdot(3x)^0\cdot(4x^2)^2 +$$
$$+\frac{3!}{1!\,1!\,1!}\cdot 2^1\cdot(3x)^1\cdot(4x^2)^1 + \frac{3!}{1!\,2!\,0!}\cdot 2^1\cdot(3x)^2\cdot(4x^2)^0 +$$
$$+\frac{3!}{2!\,0!\,1!}\cdot 2^2\cdot(3x)^0\cdot(4x^2)^1 + \frac{3!}{2!\,1!\,0!}\cdot 2^2\cdot(3x)^1\cdot(4x^2)^0 +$$

$$+\frac{3!}{3!\,0!\,0!}\cdot 2^3\cdot (3x)^0\cdot (4x^2)^0 = 64x^6 + 3\cdot 3\cdot 16\cdot x^5 +$$
$$+3\cdot 9\cdot 4\cdot x^4 + 27x^3 + 3\cdot 2\cdot 16\cdot x^4 + 6\cdot 2\cdot 3\cdot 4\cdot x^3 +$$
$$+3\cdot 2\cdot 9\cdot x^2 + 3\cdot 4\cdot 4\cdot x^2 + 3\cdot 4\cdot 3\cdot x + 8 =$$
$$= 64x^6 + 144x^5 + 204x^4 + +171x^3 + 102x^2 + 36x + 8$$

У многочленов с неединичными коэффициентами можно пронаблюдать следующую закономерность: главное, чтобы элементы многочлена были расставлены в порядке убывания степеней переменных.

Для начала выпишем в строку все коэффициенты элементов многочлена примера 2:

64 144 204 171 102 36

8.

«Центром» этого многочлена будет элемент $171x^3$ (т.к. количество элементов нечетное – это случай а), см. выше).

А теперь рассмотрим закономерность:

8·8 36· 4 102· 2 171 102 36

8.

То есть коэффициенты слева от «центра» можно получить через коэффициенты справа, умноженные на определённые числа. Этими числами являются 2^c, где с- это номер коэффициента. Расстановка коэффициентов, производится от «центра» влево, т.е.

$8\cdot 2^3$ $36\cdot 2^2$ $102\cdot 2^1$ 171 102 36

8.

3 2 1 «центр»

При исследовании других примеров многочленов с неединичными коэффициентами мы увидим, что закономерность записи коэффициентов многочленов прослеживается.

Итак, выведем несколько гипотез по результатам проделанной работы:

1. Закономерность проставления всевозможных вариантов чисел для решения многочлена (перебор чисел):

Можно составить таблицу для простоты решения, где количество строк – это количество элементов, а количество столбцов – это количество $\overline{C_n^k}$. Заполнять её можно таким образом:

1) Для 1 строки n_1 мы записываем одинаковые числа (сколько их возможно),начиная с 0, затем следующее число 1 (их количество будет на 1 меньше), потом 2 (их количество также уменьшается на 1) и т.д.

2) Для 2 строки n_2 мы записываем те же числа, только по одному и в порядке возрастания

3) Для 3 строки n_3 мы записываем таким же образом что и во 2 строке, но только в порядке убывания

2. Если брать многочлен с единичными коэффициентами, то в конечном счёте мы будем наблюдать симметрию коэффициентов полученного многочлена относительно его «центра», при этом элементы многочлена должны быть расставлены в порядке убывания степени переменных.

3. Если дан многочлен с неединичными коэффициентами, то можно обнаружить следующую закономерность. Коэффициенты слева от «центра» можно получить через коэффициенты справа, умноженные на определённые числа. Этими числами являются 2^c, где c- это номер коэффициента. Расстановка коэффициентов, производится от «центра» влево, при этом элементы многочлена должны быть расставлены в порядке убывания степени переменных.

Полиномиальная формула применяется в химии. Например, она иногда используется при расчётах энтропии некоторой сложной физической системы, когда требуется вычислять количество допустимых конфигураций соответствующей физической модели.

Также полиномиальная формула используется в математике для определения вероятности исхода событий, для решения определённых типов задач, для расчёта приближенных значений.

Полиномиальная формула может применяться в физике для определения некоторых значений путём приближённых расчётов.

Полиномиальная формула используется, в основном, в научно-технической сфере, а не в повседневной жизни.

Список литературы

1. *Просветов Г. И.* Дискретная математика: задачи и решения: Учебно-практическое пособие. 2-е изд., доп. — М.: Альфа-Пресс, 2009. — 240 с.

2. *Якупов З.Я., Якупов А.З.* Сравнение значений числовых выражений//Интеграция образования. – 2001. - №4. – С. 74-79.

3. *Якупов З.Я., Якупов А.З.* Решение одного нелинейного диофантова уравнения//Интеграция образования. – 2001. - №4-2. – С. 66-68.

POLYNOMIAL FORMULA: IT'S REGULARITIES FOR SPECIFIED KINDS OF POLYNOMIALS AND FIELD OF PRACTICAL APPLICATION

Pavlova A.

Supervisor: Z. Yakupov, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The study of the regularity polynomial formulas types of polynomials for polynomials with singular and non-trivial coefficients. The appointment of a polynomial formula, it's using and practical application.

УДК 629.7.08

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННОГО ПОДХОДА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Попельнюк И.А.
Научный руководитель: А.М. Гареев, к.т.н., доцент
(Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, г. Самара)

Статья посвящена разработке математической модели рабочей жидкости гидравлической системы на базе теоретико-множественного подхода. Определены множества основных параметров рабочей жидкости, которые описывают её состояние в любой момент времени. Выделено 4 приоритетных класса состояний, сформулированы правила перехода между ними и описаны конфигурации параметров в рамках этих классов.

Рабочая жидкость (РЖ) один из основных компонентов гидравлических систем (ГС) летательных аппаратов. Определение технического состояния (ТС) РЖ важная задача, которую необходимо решать на протяжении всего её жизненного цикла с момента изготовления и вплоть до утилизации. В настоящее время ТС РЖ в условиях эксплуатации определяется преимущественно путем оценки концентрации механических примесей, и, в некоторых случаях показателя вязкости. Такой подход в современных условиях усложнения конструкции гидравлических агрегатов и повышения роли ГС на борту является не вполне оправданным, т.к. другие, игнорируемые параметры РЖ, в совокупности оказывают значительное влияние на её ТС и на состояние системы в целом. Процесс оценки ТС РЖ ГС складывается из двух операций:

1) оценка – процесс измерения текущего значения того или иного параметра, характеризующего состояние РЖ;

2) оценивание – принятие решения о техническом состояния РЖ, на основе результатов оценки всей совокупности параметров.

Для повышения эффективности и достоверности процесса оценивания ТС РЖ ГС, прежде всего необходимо синтезировать систему математических моделей данного процесса, т.е. описать состояние РЖ через параметры, определяющие её состояние.

Опираясь на положения теоретико-множественного подхода [1], было предложено, что состояние РЖ в общем описывается отношениями в множестве следующих параметров:

1. загрязненность (N);
2. вязкость (B);
3. плотность (P);
4. химические свойства (K);
5 температурные свойства (C).

$$S = N \bigcap B \bigcap P \bigcap K \bigcap C$$

Логично предположить, что состояния РЖ в любой момент времени идентичны по составу параметров, которыми они описаны, т.е. состояние РЖ в любой момент времени всегда описывается набором из пяти основных параметров, указанных выше. Это утверждение позволяет применить интуитивный принцип объёмности из теории множеств [1], который говорит, что множества равны тогда и только тогда, когда состоят из одних и тех же элементов.

Таким образом, в произвольный момент времени t состояние РЖ полностью определяется конкретными значениями параметров, являющихся элементами этих множеств:

$$n_t, b_t, k_t, p_t, c_t \in S_t$$

Необходимо отметить, что упомянутые выше параметры РЖ имеют различную степень влияния на состояние РЖ, и, соответственно, информация об их значении имеет различную диагностическую ценность. На рисунке 1 представлена иерархия параметров, составленная на основе графо-аналитической модели, отражающей состояние РЖ [2].

При составлении данной иерархии все параметры РЖ были сгруппированы по физическим и химическим свойствам. Кроме

того, рассматривалось влияние того или иного параметра на состояние только РЖ. Именно поэтому химический состав попал в III категорию, т.к. этот параметр оказывает влияние в большей степени на агрегаты ГС, чем на саму РЖ.



Рис. 1. Иерархия параметров состояния РЖ

Выделим из множества всех возможных состояний РЖ следующие подмножества (классы состояний):

1. Подмножество идеальных (первоначальных) состояний ($S_{ид}$).
2. Подмножество нормальных состояний ($S_{нор}$).
3. Подмножество предотказных состояний ($S_{протк}$).
4. Подмножество состояний отказа ($S_{отк}$).

Эти подмножества состоят из множеств различных конфигураций параметров РЖ. При построении конфигураций классов состояний РЖ были использованы следующие правила:

1. Каждое из состояний описывается множеством значений пяти параметров N,B,P,K,C. При этом справедливы выражения:

$$\{n \mid \mathrm{n}_{идн} \le n \le n_{идв}\} \in N_{ид}$$

$$\{\mathrm{b} \mid \mathrm{b}_{идн} \le b \le b_{идв}\} \in B_{ид}$$

$$\{\mathrm{p} \mid \mathrm{p}_{идн} \le p \le p_{идв}\} \in P_{ид} \quad ,$$

$$\{\mathrm{k} \mid \mathrm{k}_{идн} \le k \le k_{идв}\} \in K_{ид}$$

$$\{\mathrm{c} \mid \mathrm{c}_{идн} \le c \le c_{идв}\} \in C_{ид}$$

где границы $n_{идв}, n_{идн}, \mathrm{b}_{идв}, \mathrm{b}_{идн}$.... устанавливаются для каждой конкретной марки РЖ, в зависимости от её свойств.

Для нормального и предотказного состояний, а также отказа, правило формулируется аналогично.

2. Учитывая иерархию параметров будем считать, что жидкость переходит в худшее состояние, если:

2.1 параметр I категории ухудшается;

2.2 один из параметров II категории ухудшается;

2.3 оба параметра III категории ухудшаются;

3. Решение об общем состоянии РЖ принимается по худшим значениям параметров. Т.е., если химические и температурные свойства соответствуют предотказному состоянию, загрязнения - нормальному, а вязкость и плотность – идеальному, то общее состояние классифицируется РЖ является предотказным.

Таким образом, теоретико-множественное представление рассматриваемых подмножеств состояний РЖ выглядит следующим образом:

1. $\{\{\mathrm{n}_{ид},\mathrm{b}_{ид},\mathrm{p}_{ид},\mathrm{k}_{ид},\mathrm{c}_{ид}\}, \{\mathrm{n}_{ид},\mathrm{b}_{ид},\mathrm{p}_{ид},\mathrm{k}_{ид},\mathrm{c}_{н}\}, \{\mathrm{n}_{ид},\mathrm{b}_{ид},\mathrm{p}_{ид},\mathrm{k}_{н},\mathrm{c}_{ид}\}\} \in \mathrm{S}_{\text{ид}}$
$\{\{\mathrm{n}_{н},\mathrm{b}_{н},\mathrm{p}_{н},\mathrm{k}_{н},\mathrm{c}_{н}\},\{\mathrm{n}_{н},\mathrm{b}_{н},\mathrm{p}_{н},\mathrm{k}_{прот},\mathrm{c}_{н}\},\{\mathrm{n}_{н},\mathrm{b}_{н},\mathrm{p}_{н},\mathrm{k}_{н},\mathrm{c}_{прот}\},$

2. $\{\mathrm{n}_{н},\mathrm{b}_{ид},\mathrm{p}_{ид},\mathrm{k}_{ид},\mathrm{c}_{ид}\}, \{\mathrm{n}_{н},\mathrm{b}_{ид},\mathrm{p}_{ид},\mathrm{k}_{н},\mathrm{c}_{н}\},\{\mathrm{n}_{ид},\mathrm{b}_{н},\mathrm{p}_{ид},\mathrm{k}_{ид},\mathrm{c}_{ид}\},$
$\{\mathrm{n}_{н},\mathrm{b}_{ид},\mathrm{p}_{н},\mathrm{k}_{ид},\mathrm{c}_{ид}\}\} \in \mathrm{S}_{н}$

$\{\{n_{прот}, b_{прот}, p_{прот}, k_{прот}, c_{прот}\}, \{n_{прот}, b_{прот}, p_{прот}, k_{прот}, c_{от}\},$

3. $\{n_{прот}, b_{прот}, p_{прот}, k_{от}, c_{прот}\}, \{n_{прот}, b_{н}, p_{н}, k_{н}, c_{н}\}, \{n_{н}, b_{н}, p_{н}, k_{прот}, c_{прот}\},$

$\{n_{н}, b_{н}, p_{прот}, k_{н}, c_{н}\}, \{n_{н}, b_{прот}, p_{н}, k_{н}, c_{н}\}\} \in S_{прот}$

$\{\{n_{от}, b_{от}, p_{от}, k_{от}, c_{от}\}, \{n_{от}, b_{прот}, p_{прот}, k_{прот}, c_{прот}\},$

4. $\{n_{прот}, b_{прот}, p_{прот}, k_{от}, c_{от}\}, \{n_{прот}, b_{прот}, p_{от}, k_{прот}, c_{прот}\},$

$\{n_{прот}, b_{от}, p_{прот}, k_{прот}, c_{прот}\}\} \in S_{от}$

Введя соответствующие граничные условия и оценив значения параметров в любой момент времени t, можно отнести состояние жидкости к тому или иному классу и принять решение о возможности её дальнейшей эксплуатации, тем самым выполнив операцию оценивания её технического состояния.

Дальнейшее направление работы в рамках поставленной задачи является проведение практических экспериментов с целью установления изменения параметров РЖ от наработки и их взаимосвязи друг с другом, что в итоге позволит по измеренному значению одного или двух основных делать заключение о значениях всех остальных с определенной степенью точности.

Список литературы

1. *Столл, Р.Л.* Множества. Логика. Аксиоматические теории [Текст] / Р.Л. Столл. – М.: «Просвещение», 1968. – 231 с.

2. *Попельнюк, И. А.* графоаналитическая модель состояния рабочей жидкости гидравлической системы [Текст] / И.А. Попельнюк. - V Международная научно техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Томск, 5–7 декабря 2016 г.: сборник трудов. – Томск, 2016. – С. 437 – 438.

APPLICATION OF THE SET-THEORETIC APPROACH FOR THE DEVELOPMENT OF THE HYDRAULIC SYSTEM WORK FLUID MATHEMATICAL MODEL

Popelnyuk I.
Supervisor: A. Gareyev, candidate degree in technical science, associate professor
(Samara National Research University, Samara)

The article is devoted to the development of a mathematical model of the hydraulic system work fluid based on the set-theoretic approach. The sets of the work fluid main parameters, which describe its state at any time, are defined. Four priority classes of states are singled out, the transition rules between them are formulated and the configuration of parameters within these classes is described.

УДК 51-74

СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА ВЕРХНИХ ЧАСТОТМЕТОДОМ БИЛИНЕЙНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Романов В.В., Шебалов Д.И.
Научный руководитель: Л.А. Гимадеева
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В представленной работе реализован расчет передаточной характеристики фильтра методом узловых потенциалов. С помощью метода билинейного преобразования найдены коэффициенты цифрового фильтра.

Расчет начинается с применения фундаментального метода узловых потенциалов для фильтра на рис.1 [1]

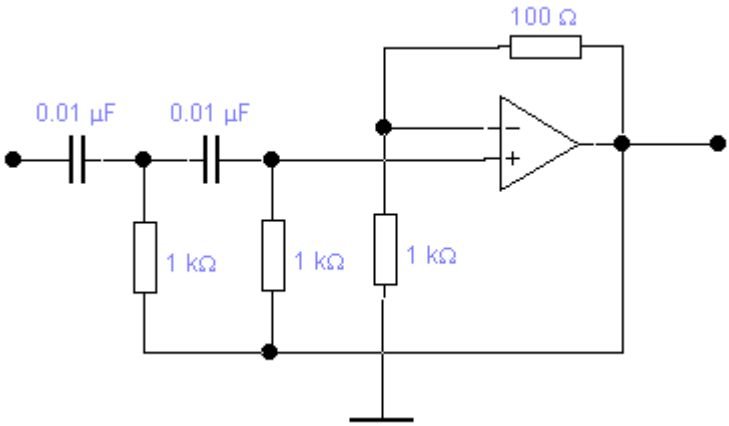


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная заданного аналогового ФВЧ

Получим систему уравнений (1):

$$U_{11} \times p \times C_1 - U_{22} \times p \times C_1 = I$$

$$-U_{11} \times p \times C_1 + U_{22} \times (g_1 + p \times C_1 + p \times C_2) - U_{33} \times p \times C_2 - U_{55} \times g_1 = 0$$

$$-U_{22} \times p \times C_2 + U_{33} \times (g_2 + p \times C_2) = 0$$

Выражая потенциалы через известные параметры $g_1 = 10^{-3}$, $g_2 = 10^{-3}$, $g_3 = 10^{-3}$, $g_4 = 0.1$, $C_1 = 0{,}01 \times 10^{-6}$, $C_2 = 0{,}01 \times 10^{-6}$ получаем передаточную функцию (2) вида:

$$K(p) = U_{55}/U_{11}$$

$$K(p) = \frac{1.1 \times p^2}{p^2 + 190000 \times p + 10^{10}}, \text{где } p = j * \omega \qquad (1)$$

$\omega -$ круговая частота, $j -$ мнимая единица.

Построим амплитудно-частотную характеристику (АЧХ):

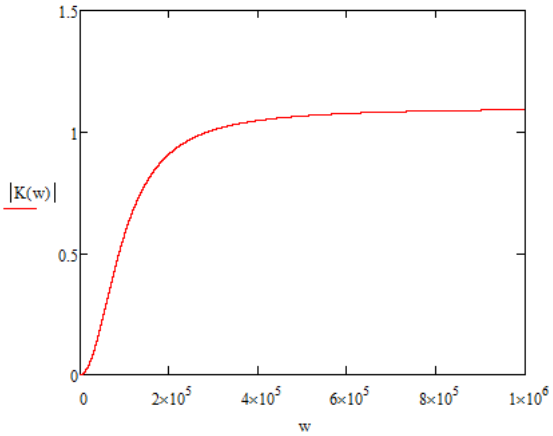


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика ФВЧ

Получение ФВЧ методом билинейного преобразования

$$p = \frac{2}{Td} \times \frac{z-1}{z+1}, \qquad (2)$$

Частоту дискретизации зададим как $Td = 10^{-6}$. Выражение (2) подставим во (1), получим [3]:

$$H(z) = \frac{\left(\frac{2}{Td} \times \frac{z-1}{z+1}\right)^2 \times 1.1}{\left(\frac{2}{Td} \times \frac{z-1}{z+1}\right)^2 + 19 \times 10^4 \times \left(\frac{2}{Td} \times \frac{z-1}{z+1}\right) + 10^{10}}$$

Функцию необходимо привести в общему виду с коэффициентами a и b [2]:

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 \times z^{-1} + a_2 \times z^{-2}}{1 - b_1 \times z^{-1} - b_2 \times z^{-2}}$$

$$H(z) = \frac{1{,}00227 - 2{,}004555 \times z^{-1} + 1{,}00227 \times z^{-2}}{1 - 1{,}817767 \times z^{-1} + 0{,}82687 \times z^{-2}}$$

Передаточная функция цифрового фильтра будет выглядеть следующим образом:

$$H(\omega Td) = \frac{a_0 + a_1 \times \left(e^{-i\omega Td}\right)^{-1} + a_2 \times \left(e^{-i\omega Td}\right)^{-2}}{1 - b_1 \times (e^{-i\omega Td})^{-1} - b_2 \times (e^{-i\omega Td})^{-2}}, \text{ где } \omega Td = 0, 0.1 \times \pi \ldots 4 \times \pi$$

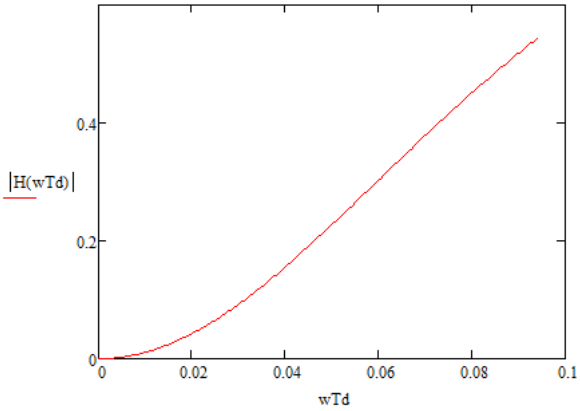


Рис. 3. АЧХ цифрового ФВЧ

Билинейное преобразование оставляет неизменным устойчивость исходной функции, что является весомым плюсом.

Проверка устойчивости фильтра верхних частот:

$$\sqrt{\frac{\int_0^{\frac{1}{Td}\times 2\pi}(K(\omega)-H(\omega))^2 d\omega}{\int_0^{\frac{1}{Td}\times 2\pi}[K(\omega)]^2\, d\omega}} = 0{,}111$$

$0{,}111 < 1$, следовательно, фильтр устойчивый.

Список литературы

1. *В.П. Попов.* Основы теории цепей. Учебник для вузов. //Изд-е. 3-е, перераб и доп. М.: Высш. шк., 2000 [1, с. 575]

2. *Л. Рабинер, Б.Гоулд.* Теория и применение цифровой обработки сигналов. //М. : Изд. «Мир», 1978 [2, с. 848]

3. *Вяселев М.Р., Базлов Е.Ф., Евдокимов .К., Титов М.А.* Синтез оптимальных цифровых дробно-операторных устройств. // Журнал «Нелинейный мир» №10 т. 12 2014 год [3, с. 50-56]

SYNTHESIS OF THE DIGITAL FILTER OF THE UPPER FREQUENCIES BY THE BILINEAR TRANSFORMATION METHOD

Romanov V., Shebalov D.
Supervisor: L. Gimadeeva
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this work, the calculation of the filter-transmission characteristic of the filter by the method of nodal potentials is realized. Using the bilinear transformation method, the coefficients of the digital filter are found.

УДК 51-74

СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА МЕТОДОМ БИЛИНЕЙНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Романов В.В., Шебалов Д.И.
Научный руководитель: Л.А. Гимадеева
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В представленной работе реализован расчет передаточной характеристики фильтра методом узловых потенциалов. С помощью метода билинейного преобразования найдены коэффициенты цифрового фильтра.

Расчет начинается с применения фундаментального метода узловых потенциалов для фильтра на рис.1 [1]

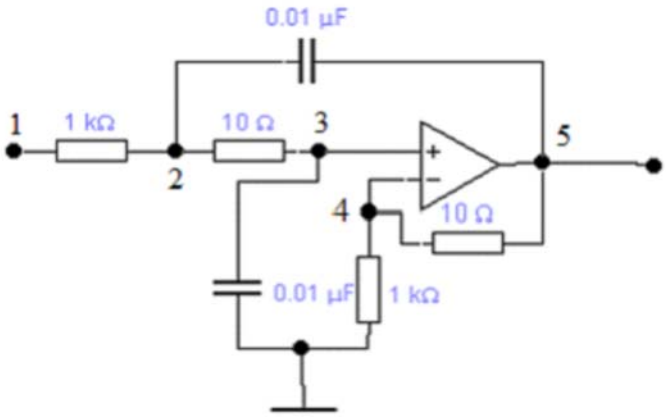


Рис. 1. Схема электрическая принципиальная заданного аналогового фильтра

Получим систему уравнений (1):

$$U_{11} \times g_1 - U_{22} \times g_1 = I$$
$$-U_{11} \times g_1 + U_{22} \times (g_1 + g_2 + p \times C) - U_{33} \times g_2 - U_{55} \times p \times C = 0$$
$$-U_{22} \times g_2 + U_{33} \times (g_2 + p \times C) = 0$$
$$U_{33} \times (g_3 + g_4) - U_{55} \times g_3 = 0$$

Выражая потенциалы через известные параметры $g_1 = 10^{-3}$, $g_2 = 0{,}1$, $g_3 = 0{,}1$, $g_4 = 10^{-3}$, $C = 0{,}01 \times\times 10^{-6}$, получаем передаточную функцию (2) вида:

$$K(p) = U_{22}/U_{11}$$
$$K(p) = \frac{101 \times 10^{10}}{p^2 + 10^7 \times p + 10^{12}}, \text{где } p = j * \omega$$

$\omega -$ круговая частота, $j -$ мнимая единица.

Построим амплитудно-частотную характеристику (АЧХ):

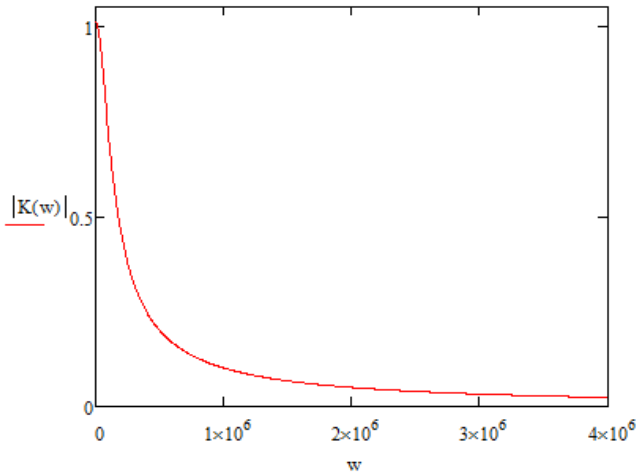


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика фильтра-прототипа

Получение ФНЧ методом билинейного преобразования

$$p = \frac{2}{Td} \times \frac{z-1}{z+1}, \qquad (3)$$

Частоту дискретизации зададим как $Td = 10^{-2}$. Выражение (3) подставим во (2), получим [3]:

$$H(z) = \frac{101 \times 10^{10}}{\left(\frac{2}{Td} \times \frac{z-1}{z+1}\right)^2 + 10^7 \times \left(\frac{2}{Td} \times \frac{z-1}{z+1}\right) + 10^{12}}$$

Функцию необходимо привести в общему виду с коэффициентами a и b [2]:

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 \times z^{-1} + a_2 \times z^{-2}}{1 - b_1 \times z^{-1} - b_2 \times z^{-2}}$$

$$H(z) = \frac{1{,}0079 + 2{,}0159 \times z^{-1} + 1{,}0079 \times z^{-2}}{1 + 1{,}996 \times z^{-1} + 0{,}996 \times z^{-2}}$$

Передаточная функция цифрового фильтра будет выглядеть следующим образом:

$$H(\omega Td) = \frac{a_0 + a_1 \times \left(e^{-i\omega Td}\right)^{-1} + a_2 \times \left(e^{-i\omega Td}\right)^{-2}}{1 - b_1 \times (e^{-i\omega Td})^{-1} - b_2 \times (e^{-i\omega Td})^{-2}},$$

где $\omega Td = 0, 0.1 \times \pi \ldots 4 \times \pi$

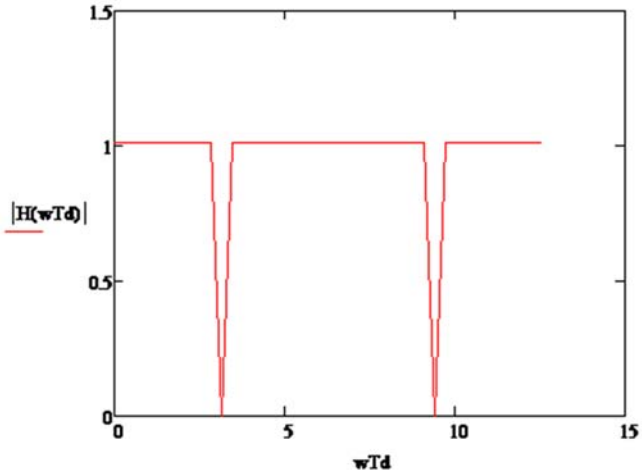


Рис. 3. АЧХ цифрового фильтра

Важно отметить, АЧХ цифрового фильтра определяется в диапазоне [0; π]. Билинейное преобразование оставляет неизменным устойчивость исходной функции, что является весомым плюсом.

Список литературы

1. *В.П. Попов.* Основы теории цепей. Учебник для вузов. //Изд-е. 3-е, перераб и доп. М.: Высш. шк., 2000 [1, с. 575]

2. *Л. Рабинер, Б.Гоулд.* Теория и применение цифровой обработки сигналов. //М. : Изд. «Мир», 1978 [2, с. 848]

3. *Вяселев М.Р., Базлов Е.Ф., Евдокимов .К., Титов М.А.* Синтез оптимальных цифровых дробно-операторных устройств. // Журнал «Нелинейный мир» №10 т. 12 2014 год [3, с. 50-56]

SYNTHESIS OF DIGITAL FILTER BY THE BILINEAR TRANSFORMATION METHOD

Romanov V., Shebalov D.
Supervisor: L. Gimadeeva
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this work presented, calculation of the filter transfer characteristic by the nodal potential method is realized. Using the bilinear transformation method, the coefficients of the digital filter are found.

УДК 51-004-04

РАЗРАБОТКА КОНТЕНТА ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕГО КУРСА ПО ТЕМЕ «ЗАДАЧА О РАНЦЕ»

Саитов И.А.
Научный руководитель: И.Н. Урахчинский, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В докладе анализируется NP-полная задача комбинаторной оптимизации - «Задача о ранце». Рассмотрены разновидности этой задачи. Приведены методы и алгоритмы их решения. Предлагается структура и состав обучающего контента по теме.

Классическая задача о ранце формулируется следующим образом. Допустим, имеется n предметов, имеющих два свойства - вес $w_i > 0$ и ценность $p_i > 0$, $i = \overline{1,n}$, и ранец вместимости W. Необходимо упаковать ранец так, чтобы получить максимальную ценность, при соблюдении ограничения по вместимости. Формально задача имеет вид:

$$\sum_{i=1}^{n} \text{□}_i x_i \rightarrow \max,$$

$$\sum_{i=1}^{n} w_i x_i < W, i = \overline{1,n},$$

здесь:

$$x_i = \begin{cases} 1, \text{если } i - \text{й предмет включен в рюкзак;} \\ 0, \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Несмотря на простоту формулировки, задача о ранце представляет собой целое семейство задач, в зависимости от выбора «предметов» и их свойств. Например, в качестве предметов могут выступать заказы или время работы, а вес представлять собой релевантность или иную количественную оценку товара. Рассмотрим основные варианты:

1. Ограниченный рюкзак. Вводится дополнительное ограничение, и каждый предмет может быть взят лишь некое b_i число раз.

2. Неограниченный рюкзак – общий случай, в котором предполагается, что предметов каждого типа неограниченное количество.

3. Непрерывный рюкзак. Все предметы могут быть поделены, сохраняя при этом свои ценностные характеристики. Как пример, погрузка песка из разных карьеров.

4. Задача о суммах подмножества. Задача состоит в том, чтобы нагрузить рюкзак наиболее плотно, или полностью исчерпать ресурсы, при условии, что стоимость предмета совпадает с его ценностью.

5. Задача о размене. Для каждого предмета определен лишь один параметр – его ценность. Необходимо найти минимальное количество монет, для размена суммы.

6. Задача об упаковке. Имеются M рюкзаков вместимости W и столько же предметов с весами w_i. Необходимо разместить все имеющиеся предметы, задействовав минимум рюкзаков.

7. Мультипликативный рюкзак. Есть n предметов и M рюкзаков ($M \leq n$). У каждого рюкзака своя вместимость W_i. Задача: выбрать M не пересекающихся множеств, назначить соответствие рюкзакам так, чтобы суммарная стоимость была максимальна, а вес предметов в каждом рюкзаке не превышал его вместимость.

Для задачи о ранце разработано множество методов решения[1,2]. Они отличаются по своему быстродействию, затрачиваемым ресурсам памяти, а в ряде случаев и по точности решения. Рассмотрим самые распространенные из них.

• Полный перебор. Такой подход применим почти к любой комбинаторной задаче, и эта не стала исключением. Главный принцип этого метода заключается в простом перебирании всевозможных вариантов и выбора наилучшего из них. Несомненным плюсом здесь является простота реализации данного алгоритма, однако он имеет при этом экспоненциальную временную сложность $O(2^n)$, то есть его применимость целесообразна лишь

для небольших значений n. Потому на практике используются различные модификации полного перебора.

• Метод ветвей и границ. По своей сути является улучшенным методом полного перебора. На каждом шаге алгоритма мы разделяем выбранное на предыдущем шаге множество на два подмножества. Таким образом, строится дерево перебора. Отличительной особенностью же является то, что по мере решения отбрасываются ветви за исключением узлов с максимальной оценкой верхней границы. Так как алгоритм не обрабатывает все возможные варианты, то временная сложность уже чуть лучше по сравнению с предыдущим, однако в худшем случае также равна экспоненциальной. Обычно используется для решения ограниченного, неограниченного и мультипликативного рюкзаков, либо же для задачи об упаковке.

• Метод динамического программирования. В этом методе основная задача разбивается на более простые подзадачи. При этом задача должна иметь оптимальную подструктуру, то есть набор перекрывающих подзадач, сложность которых меньше изначальной. Также для значительного сокращения объема вычислений зачастую применяется принцип мемоизации (сохранение результатов выполнения функций во избежание повторения вычислений). Трудоемкость такого алгоритма $O(W \times n)$. Чаще всего применяется при решении задач об ограниченном и неограниченном рюкзаках или задачи о размене.

Рассмотренные методы позволяют получить точное решение, однако на практике в угоду быстродействию зачастую применяются эвристические методы, которые при определенных условиях также могут дать оптимальное решение:

• Жадный алгоритм. Один из самых простых в реализации методов. Согласно ему все предметы вначале сортируются по своей удельной ценности, а затем в ранец помещаются те предметы, у которых этот параметр максимальный. Чаще всего применяется для непрерывного рюкзака, где всегда даёт оптимальное решение, а также для размена монет, в котором при определенных условиях способен давать оптимальный ответ.

• Генетический алгоритм. Для рассматриваемой задачи он интерпретируется следующим образом. Каждая особь(генотип) представляет собой подмножество предметов, которые мы хотим упаковать в ранец (их общий вес может превысить допустимую грузоподъемность). Для удобства информация хранится в виде бинарных строк, в которых каждый бит определяет, помещается ли этот предмет в ранец. В этом алгоритме вводится понятие функции приспособленности, которая определяет близость решения к оптимальному. Например, таковой может служить суммарная ценность предметов, при условии, что суммарный вес не превосходит грузоподъемность. После серии смен поколений, в которых скрещиваются наиболее приспособленные особи и игнорируются оставшиеся, алгоритм, по предположению, должен улучшить исходные решения. Часто применяется для задачи о сумме подмножеств.

Как видно из описанных методов, рассматриваемая задача имеет высокую трудоемкость решения. Своё применение задача о ранце нашла в математике, информатике[4] и в криптографии. На основе задачи о ранце был придуман первый ассиметричный алгоритм шифрования. Помимо этого задача широко распространена в различных сферах деятельности человека – промышленности, экономике, менеджменте. Например: размещение грузов в помещении минимального объёма, расчет оптимальных капиталовложений, погрузка грузовых контейнеров на грузовой лайнер и другие.

На основе вышеизложенного в контент обучающего курса предлагается включить следующий материал:

1. Постановка классической задачи о ранце.
2. Наиболее распространенные модификации задачи.
3. Методы решения задачи.
4. Лабораторные работы по изучению классического и эвристического метода решения.

Обучающий курс реализован в среде системы дистанционного обучения Moodle. Для обеспечения легкой переносимости сама система Moodle развернута на виртуальной машине[3].

Список литературы

1. *А. Кофман, А. Анри-Лабордер*. Методы и модели исследования операции. Целочисленное программирование. — М.: Мир, 1977. —432 с.

2. *Кормен, Т*. Алгоритмы. Построение и анализ: [пер. с англ.] / Томас Кормен, Чарльз Лейзерсон , Рональд Ривест, Клиффорд Штайн. — 2-е изд. — М.: Вильямс, 2005. — 1296 с.

3. *С.В. Сотников, Урахчинский И.Н.,* Применение технологий виртуализации для построения операционной и сетевой среды обучающих систем. //Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2012. - V.15. - №4 - ISSN 1436-4522. URL: http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html.

4. *Урахчинский И.Н.* К задаче выбора состава дисков виртуальных машин. //Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2012. - V.15. - №4 - ISSN 1436-4522. URL: http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html.

DEVELOP CONTENT FOR A TRAINING COURSE ON THE TOPIC "THE PROBLEM OF KNAPSACK"

Saitov I.

Supervisor: I. Urakhchinskiy, candidate of technical sciences, docent

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In the section, the NP-complete combinatorial optimization problem named "The problem of knapsack " is analyzed. Varieties of this problem are considered. Methods and algorithms for their solution are given. The structure and composition of training content on the topic is proposed.

УДК 532.529:532.59:534.2

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ КОАГУЛЯЦИИ ЧАСТИЦ В ДВУХФАЗНОМ ПОЛИДИСПЕРСНОМ ПОТОКЕ

Тукмаков Д.А.[1], Тукмакова Н.А.[2]

(1-Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт механики и машиностроения Российской академии наук, г. Казань
2-Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В работе на основе численного решения уравнений движения многофазных сред получена модель динамики газовзвеси и дрейфа дисперсной фазы в нелинейных волновых полях, а также разработана математическая модель динамики взвеси частиц с многокомпонентной дисперсной фазой.

Современные промышленные технологии создаются с учетом эффектов, обнаруженных в динамике гетерогенных систем. В связи с этим задача исследования нестационарных волновых процессов в многофазных средах представляет собой одну из наиболее актуальных фундаментальных проблем механики жидкости и газа. При этом изучение нестационарных течений неоднородных сред методами математического моделирования востребовано в связи с тем, что до сих пор многие явления и процессы в волновой динамике гетерогенных систем недоступны для экспериментального изучения. В данной работе численно изучается динамика полидисперсной газовзвеси в волновых полях.

Движение несущей среды описывается системой уравнений Навье-Стокса с учетом межфазного силового взаимодействия и теплообмена [1-4]:

$$\frac{\partial \rho_1}{\partial t} + \frac{\partial (\rho_1 \ u_1)}{\partial x} + \frac{\partial (\rho_1 \ v_1)}{\partial y} = 0,$$

$$\frac{\partial(\rho_1 u_1)}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\rho_1 u_1^2+p-\tau_{xx}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\rho_1 u_1 v_1-\tau_{xy}\right)=-\sum_{i=1,n}F_{xi}+\alpha\frac{\partial p}{\partial x},$$

$$\frac{\partial(e_1)}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\left[e_1+p-\tau_{xx}\right]u_1-\tau_{xy}v_1+\lambda\frac{\partial T_1}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\left[e_1+p-\tau_{yy}\right]v_1-\tau_{xy}u_1+\lambda\frac{\partial T_1}{\partial y}\right)=$$

$$=-\sum_{i=2}^{n}Q_i-\sum_{i=2}^{n}\left(\left|F_{xi}\right|(u_1-u_i)-\left|F_{yi}\right|(v_1-v_i)\right)+\sum_{i=2}^{n}\alpha_i\left(\frac{\partial(pu_1)}{\partial x}+\frac{\partial(pv_1)}{\partial y}\right),$$

$$\tau_{xx}=\mu(2\frac{\partial u_1}{\partial x}-\frac{2}{3}D)\ ,\ \tau_{yy}=\mu(2\frac{\partial v_1}{\partial y}-\frac{2}{3}D)\ ,\ \tau_{xy}=\mu(\frac{\partial u_1}{\partial y}+\frac{\partial v_1}{\partial x}),$$

$$D=\frac{\partial u_1}{\partial x}+\frac{\partial v_1}{\partial y}.$$

Движение каждой из фракций дисперсной фазы описывается уравнением сохранения средней плотности фракции, уравнениями сохранения продольной и поперечной составляющих импульса, а также уравнением сохранения тепловой энергии [1-4]:

$$\frac{\partial\rho_i}{\partial t}+\frac{\partial(\rho_i u_i)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho_i v_i)}{\partial y}=0,$$

$$\frac{\partial(\rho_i u_i)}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\rho_i u_i^2\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\rho_i u_i v_i\right)=F_{xi}-\alpha_i\frac{\partial p}{\partial x},$$

$$\frac{\partial(\rho_i v_i)}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\rho_i u_i v_i\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\rho_i v_i^2\right)=F_{yi}-\alpha_i\frac{\partial p}{\partial y}\ ,$$

$$\frac{\partial(e_i)}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(e_i u_i\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(e_i v_i\right)=Nu_i\frac{6\alpha_i}{(2r_i)^2}\lambda(T-T_i)\ ,$$

$$\rho_i=\alpha_i\ \rho_{i0},\ \ e_i=\rho_i C_{vi}T_i,$$

$$F_{xi}=\frac{3}{4}\frac{\alpha}{(2r)}C_d\rho_1\sqrt{(u_1-u_i)^2+(v_1-v_i)^2}\,(u_1-u_i)+\alpha_i\rho_1\left(\frac{\partial u_1}{\partial t}+u_1\frac{\partial u_1}{\partial x}+v_1\frac{\partial u_1}{\partial y}\right)+$$

$$+0.5\alpha_i\rho_1\left(\frac{\partial u_1}{\partial t}+u_1\frac{\partial u_1}{\partial x}+v_1\frac{\partial u_1}{\partial y}-\frac{\partial u_i}{\partial t}-u_i\frac{\partial u_i}{\partial x}-v_i\frac{\partial u_i}{\partial y}\right),$$

$$F_{yi} = \frac{3}{4}\frac{\alpha}{(2r)} C_d \rho_1 \sqrt{(u_1 - u_i)^2 + (v_1 - v_i)^2}\,(v_1 - v_i) + \alpha_i \rho_1 \left(\frac{\partial v_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial y} \right) +$$

$$+0.5\alpha_i \rho_1 \left(\frac{\partial v_1}{\partial t} + u_1 \frac{\partial v_1}{\partial x} + v_1 \frac{\partial v_1}{\partial y} - \frac{\partial v_i}{\partial t} - u_i \frac{\partial v_i}{\partial x} - v_i \frac{\partial v_i}{\partial y} \right),$$

$$C_{di} = \frac{24}{Re_{i0}} + \frac{4}{Re_{i0}^{0.5}} + 0.4, \quad M_{i0} = \left|\overline{V}_1 - \overline{V}_i\right| / c \ , \ ,$$

$$Re_{i0} = \rho_1 \left|\overline{V}_1 - \overline{V}_i\right| 2r / \mu \ , \ Pr = \gamma \ C_p \mu / \lambda$$

Для описания процесса коагуляции частиц использовалась модель коагуляции [4]:

$$\frac{dm_i}{d\tau} = \sum_{j=2}^{i-1} k_{ij} n_j m_j \ , k_{ij} = \frac{\pi}{4}\left(d_i + d_j\right)^2 \left[u_i \cos(\alpha) + v_i \sin(\alpha) - \sqrt{u_j^2 + v_j^2} \right] \ ) \ ,$$

$$\alpha = arctg(v_j / u_j),$$

$$\frac{dn_i}{d\tau} = -n_i \sum_{j=i+1}^{n} k_{ij} n_j \ , \alpha_i = \frac{4}{3}\pi n_i r_i^3 \ , \quad i = 2...n \ ,$$

$$\frac{dw_i}{d\tau} = \frac{1}{m_i} \sum_{j=2}^{i-1} k_{ij} \left(w_j - w_i\right) m_j n_j \ , w_j = \sqrt{u_j^2 + v_j^2}$$

$$T = \frac{1}{Cm} \left(\sum_{j=2}^{i-1} k_{ij} n_j C_j m_j T_j + C_i m_i T_i \right) .$$

В начальный момент времени- t=0 двухфазная смесь движется с постоянной продольной скоростью u_0 , дисперсная фаза газовзвеси состоит из пяти фракций с радиусами частиц r_{10}=1мкм, r_{20}=5мкм, r_{30}=10мкм, r_{40}=15мкм, r_{50}=20 мкм.

При t>0 начинается процесс синфазных колебаний поперечной составляющей скорости участков верхней и нижней стенок канала по закону $v(t)=A\cdot sin(\omega\ t)$ (рис.1), приводящий к генерации колебаний в несущей и дисперсной фазах с первой собственной частотой относительно поперечного сечения канала $\omega=\pi c/d$, где $c=(\gamma RT)^{1/2}$.

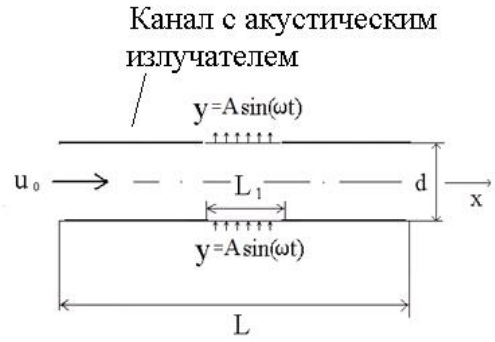


Рис. 1. Схема канала с акустическим излучателем

Численное моделирование показало, что воздействие на поток полидисперсного состава резонансными волновыми полями позволяет уменьшить концентрацию мелкодисперсных фракций смеси за счет коагуляции частиц. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №15-11-20022).

Список литературы

1. *Нигматулин Р.И.* Динамика многофазных сред. Ч.1 – Москва: Наука,1987. –464с.

2. *Лойцянский Л.Г.* Механика жидкости и газа. − Москва: Издательство “Дрофа”, 2003. –784 с.

3. *Седов Л.И.* Механика сплошной среды. Т.1 − Москва: Наука, 1983. – 528 с.

4. *Кутушев А.Г.* Математическое моделирование волновых процессов в аэродисперсных и порошкообразных средах. – Санкт-Петербург: Недра, 2003. – 284с.

5. *Губайдуллин Д.А., Тукмаков Д.А.* Численное моделирование динамики волновых систем на основе явной схемы Мак-Кормака // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2012. № 5-6. С. 3 - 10.

6. *Тукмаков А.Л.* Численное моделирование акустических течений при резонансных колебаниях газа в закрытой трубе в окрестности резонансных частот // Известия вузов. Авиационная

техника. 2006. № 4. С.30-33.

7. *Fletcher C.A.,* Computation Techniques for Fluid Dynamics. –Springer–Verlang: Berlin et al., 1988. – 502 P.

8. *MacCormak R.W*., Lomax H. Numerical solution of compressible viscous flows // Ann Rev. Fluid Mech. 1979. № 11. P.289-316.

9. *Ковеня В.М., Тарнавский Г.А., Черный С.Г.* Применение метода расщепления в задачах аэродинамики. – Новосибирск: Наука, 1990. – 247 с.

10. *Музафаров И.Ф., Утюжеников С.В.,* Применение компактных разностных схем к исследованию нестационарных течений сжимаемого газа // Математическое моделирование. 1993. Т.5. №3. С. 74-83.

NUMERICAL MODELLING OF ACOUSTIC COAGULATION OF PARTICLES IN THE TWO-PHASE POLYDISPERSE STREAM

Tukmakov D.[1], Tukmakova N.[2]

(1-Federal state budgetary institution of science Institute of mechanics and mechanical engineering of the Russian Academy of Sciences, Kazan
2-Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In work on the basis of the numerical solution of the equations of the movement of multiphase environments the model of dynamics of a gas-suspension and drift of a disperse phase in nonlinear wave fields is received, and also the mathematical model of dynamics of a suspension of particles with a multicomponent disperse phase is developed.

УДК 004

СОЗДАНИЕ АНДРОИД ПРИЛОЖЕНИЯ СРЕДСТВАМИ WEB-ИНСТРУМЕНТОВ

Хайдаров И.И., Бадыков И.В.
Научный руководитель: Марданшин Р.Г., кандидат физ.-мат. н.
(Набережночелнинский филиал
Казанского национального исследовательского технического университета им. А. Н. Туполева-КАИ, г. Набережные Челны)

В статье рассматривается создание андроид приложения, используя новейшие инструменты в сфере информационных технологий. А именно, с использованием веб-инструментов. Само приложение будет находить дискриминант, и его корни.

В настоящее время, во время, когда у каждого города есть стабильная информационная инфраструктура, которая способна поддерживать стабильную мобильную связь, развитие самих же мобильных телефонов уходит далеко вперед. В свою очередь, сами мобильные телефоны, сейчас разделяются на различные платформы, такие как, iOS, Windows Phone, Symbian, а также, Android. Каждая из этих операционных систем конкурирует между собой, создавая более интересные изюминки для своей системы. Хочу обратить ваше внимание на платформу андроид.

Android – популярнейшая платформа, активно используемая в телефонах, планшетах, умных часах, игровых приставках, телевизорах, в очках Google, и в других цифровых устройствах. Также запланирована поддержка на автомобилях и домашних роботах. Операционная система Android написана на ядре Linux. А в последующем, была полностью доработана компанией Google. Создателями ОС Android является Android Inc., а чуть позже ее купила компания Google.

Цель исследования: создание андроид приложения, для нахождения дискриминанта, средствами веб-инструментов.

Предмет исследования: платформа nativescript.

Объект исследования: создание андроид приложения, для

нахождения дискриминанта.

Задачами исследования являются:

1. Теоретическое изучение веб инструментария, который будет использоваться, в создании андроид приложения;

2. Создание андроид приложения.

Существует различные способы создания качественных Android приложений, но у каждого способа есть свои плюсы и минусы. А также, существует более интересный и грамотный подход к созданию современного Android приложения, который в свою очередь использует веб-инструменты.

В статье будет рассмотрен процесс разрабатки Android приложение рассчитывающий дискриминант с его корнями, конечно же, используя веб инструменты. Сама платформа, которую мы будем использовать для разработки приложения, является свежей.

NativeScript это единственный фреймворк, с открытым исходным кодом, предназначенный для создания Android и iOS приложений - одновременно. Сама же платформа, дает нам выбор, на каком языке мы хотим писать, а именно, Angular, TypeScript и JavaScript. Наш выбор это Angular, это самый лучший, а также самый тяжелый вариант, из ранее предложенных, для создания приложения на платформах андроид и iOS.

Angular это фреймворк с открытым исходным кодом, использующий TypeScript для написания когда, который в свою очередь, компилируется в JavaScript. На стороне веб, он больше предназначен для одностраничных сайтов, но с весьма богатыми возможностями из коробки. Ангуляр предназначен, для создания клиентской части веб-сайтов, в которым используется один стандарт – которому должны следовать все, кто пишет на ангуляре.

В самом проекте будет использоваться следующий пакет веб инструментария, а именно, angular, typescript, javascript и cascading style sheets.

Предварительная установка, необходимых программ

Разработка будет происходить на платформе Windows, и некоторые программы и пакеты должны быть установлены для начала разработки, а именно: [1, с.3]

- Windows 7 или выше;
- Chocolatey – это пакетный менеджер, созданный для быстрой установки программ, через командную строку;
- JDK 8 и выше – это среда, для разработки программы на Java;
- Android SDK – среда для разработки приложений, для андроид системы;
- Genymotion – виртуальная машина, для тестирования андроид приложения; [3, с.3]
- NativeScript Cli – командная строка, для создания приложения на nativescript.

Разработка приложения

Установка всех пакетов и расширений, необходимых для разработки сводится в одну команду: tns create desc_programm --template nativescript-template-ng-tutorial. Ее же нужно ввести в командной строке, desc_programm это папка, куда все установится.

После установки начального приложения, необходимо добавить платформу, для которой мы будем разрабатывать т.е. андроид. Это можно сделать, выполнив следующую команду: tns platform add android, непосредственно в самой папке приложения.

После установки приложения и установки платформы андроид, нужно запустить приложение Genymotion, а на ней виртуальную машину андроид, например Custom phone – 4.3., при первом запуске он скачает все нужные пакеты, для корректной работы андроид версии 4.3.

Во время исправной работы Genymotion, следуют запустить установленное приложение nativescript, которое будет отображено на виртуальной машине, следующей командой: tns livesync android –emulator –watch. Это команда скомпилирует легкую версию андроид программы, и запустит приложение в виртуальной машине андроид, также благодаря этой команде, каждое наше изменение в коде будет отслеживаться. На Рис. 1 отображено то, что у нас есть на данный момент.

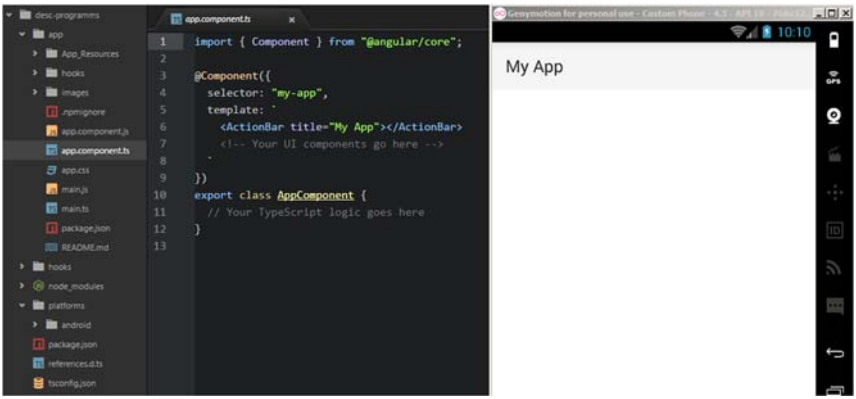
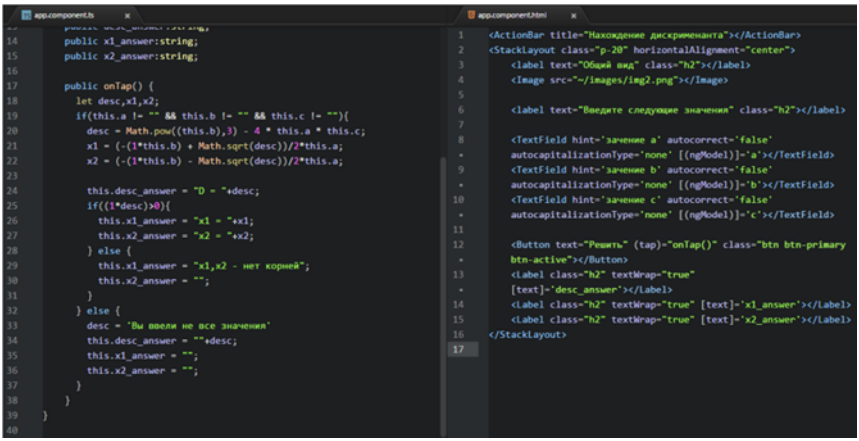


Рис. 1. Структура каталогов и виртуальная машина genymotion

На рисунке 1, мы видим установленный nativescript. В папке app содержится весь код, который мы будем использовать, и править для реализаций программы. Самые значимая папка это папка node_modules, это сердце nativescript, она содержит javascript расширения, которые нужны для разработки приложения. В папке platforms находятся операционные системы, для которых пишется программа. На правой части экрана, можете видеть нашу программу, какая она сейчас есть, запущенная в виртуальной машине.

Также, в папке app, присутствует файл app.css – это корневой файл стилей, который использует каскадные стили таблиц (cascading style sheets), она же, в свою очередь, является основным файлом стилей, всего проекта. Возможны создания и других файлов стилей css для дочерних компонентов ангуляра, кои будут использоваться только для этих компонентов.

Для полной работы программы, нужно изменить html код, в файле app.component.html, на тот который расположен на втором экране на рис.2. Помимо текстовых полей, и области для введения переменных там присутствует кнопка «Решить», на который прикреплен обработчик события ”onTap()”, который запускает функцию решения программы, который описан в файла app.component.ts, изображенный на левом экране рис.2.



```
public x1_answer:string;
public x2_answer:string;

public onTap() {
  let desc,x1,x2;
  if(this.a != "" && this.b != "" && this.c != ""){
    desc = Math.pow((this.b),3) - 4 * this.a * this.c;
    x1 = (-(1*this.b) + Math.sqrt(desc))/2*this.a;
    x2 = (-(1*this.b) - Math.sqrt(desc))/2*this.a;

    this.desc_answer = "D = "+desc;
    if((1*desc)>0){
      this.x1_answer = "x1 = "+x1;
      this.x2_answer = "x2 = "+x2;
    } else {
      this.x1_answer = "x1,x2 - нет корней";
      this.x2_answer = "";
    }
  } else {
    desc = 'Вы ввели не все значения'
    this.desc_answer = ""+desc;
    this.x1_answer = "";
    this.x2_answer = "";
  }
 }
}
```

```
<ActionBar title="Нахождение дискриминанта"></ActionBar>
<StackLayout class="p-20" horizontalAlignment="center">
    <Label text="Общий вид" class="h2"></Label>
    <Image src="~/images/img2.png"></Image>

    <Label text="Введите следующие значения" class="h2"></Label>

    <TextField hint='зачение a' autocorrect='false'
    autocapitalizationType='none' [(ngModel)]='a'></TextField>
    <TextField hint='зачение b' autocorrect='false'
    autocapitalizationType='none' [(ngModel)]='b'></TextField>
    <TextField hint='зачение c' autocorrect='false'
    autocapitalizationType='none' [(ngModel)]='c'></TextField>

    <Button text="Решить" (tap)="onTap()" class="btn btn-primary
    btn-active"></Button>
    <Label class="h2" textWrap="true"
    [text]='desc_answer'></Label>
    <Label class="h2" textWrap="true" [text]='x1_answer'></Label>
    <Label class="h2" textWrap="true" [text]='x2_answer'></Label>
</StackLayout>
```

Рис. 2. Рабочий код программы

В методе onTap() происходят все расчеты, по нахождению дискриминанта и его корней, с последующей передачей значений в html документ.

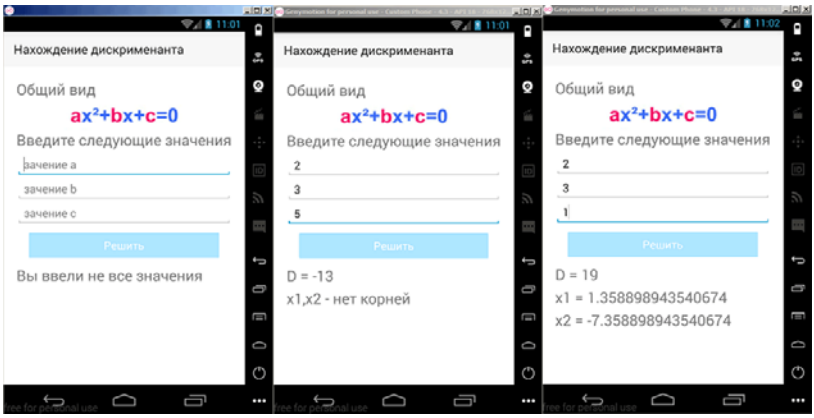


Рис. 3. Андроид приложение, для нахождения дискриминанта

Наш конечный продукт имеет вид, проиллюстрированный на рисунке 3. Данное приложение имеет завершенный вид, а главная его задача, решить уравнение, с последующим нахождением дискриминанта и его корней.

Список литературы

1. Страница про установку NativeScript для Windows. [Электронный ресурс] – URL: http://docs.nativescript.org/start/ns-setup-win (дата обращения: 16.04.2017).

2. Установка Nativescript. [Электронный ресурс] – URL: http://docs.nativescript.org/angular/tutorial/ng-chapter-1#11-install-nativescript-and-configure-your-environment (дата обращения: 16.04.2017).

3. Страница Genymotion [Электронный ресурс] – URL: https://www.genymotion.com/ (дата обращения: 16.04.2017).

CREATE APPLICATION FOR ANDROID WITH WEB TOOLS

Khaidarov.I., Badykov I.

Supervisor: R. Mardanshin, candidate of physical mathematical sciences

(Naberezhnye Chelny branch "The Kazan national research technical university of A.N. Tupoleva-KAI", Naberezhnye Chelny)

The article deals with the creation of android application, using the latest tools in the field of information technology. Namely, using web tools. The application itself will find the discriminant, and its roots.

УДК 519.651.1

АЛГОРИТМ ОЦЕНИВАНИЯ -ПОСТОЯННОЙ ЛИПШИЦА НЕПРЕРЫВНОЙ НА ОТРЕЗКЕ ФУНКЦИИ

Чернышевский П.А.
Научный руководитель: В.И. Заботин, д.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Предлагается и обосновывается один алгоритм оценивания ε-постоянной Липшица непрерывной на отрезке функции. Рассмотрены тестовые примеры.

Введение

Хорошо известно, что липшицевость (гёльдеровость) функции позволяет решать задачи на отыскание глобального экстремума этой функции, заданной на компактном выпуклом множестве.

Первыми работами, в которых предложены методы оптимизации липшицевой функции, можно назвать работы Пиявского С.А., Евтушенко Ю.Г., Shubert, B., Стронгина Р.Г. Эти работы повлекли за собой появление большого ряда публикаций, посвященных глобальной оптимизации, которые здесь приводить не будем.

Впоследствии оказалось, что указанные свойства функций позволяют решать задачи проектирования заданной точки на поверхность уровня липшицевых и, более того, просто непрерывных на выпуклых компактах функций. Эти задачи имеют как самостоятельный интерес (см., например, работы [1,2,3]), так и являются вспомогательными в различных обобщениях численных методов, использующих идеи проектирования градиента [4,5,6,7].

Дальнейшим развитием идей липшицевости явилась работа Robert J. Vanderbei [8], в которой было введено понятие ε-липшицевой функции, которое будет приведено ниже, и был обобщен метод Пиявского для нахождения экстремума ε-липшицевой функции. В этой же статье доказывается, что непре-

рывная на компактном выпуклом множестве из n-мерного нормированного пространства функция является ε-липшицевой. В работе [9] предложена модификация метода Евтушенко для случая непрерывной на отрезке (а, следовательно, ε-липшицевой) функции. Этот результат позволил реализовать алгоритмы, разработанные в [3].

Однако, следует отметить, что перечисленные работы предполагают априорные знания оценок постоянной Липшица или ε-постоянной Липшица. Хорошо известны трудности, возникающие при нахождении этих оценок даже для липшицевых функций, не говоря уже о ε-липшицевых функциях. Более того, при использовании известных методов численной оценки константы Липшица *мы должны сначала убедиться, что данная функция является липшицевой*. В случае же непрерывной на компакте функции (что проверяется достаточно просто) ε-постоянная Липшица существует *всегда* и этот факт мы используем ниже.

Описание метода оценивания ε-постоянной Липшица непрерывной на отрезке функции

Приведем определение ε-липшицевой функции на компактном выпуклом множестве [8].

Определение.

Действительная функция $f(x)$, определенная на выпуклом компактном множестве $D \subset \mathbb{R}^n$, называется ε-липшицевой, если для любого $\varepsilon > 0$ существует константа $L(\varepsilon) < \infty$ такая, что для любых $x, y \in D$ имеет место:

$$|f(x) - f(y)| \leq L(\varepsilon)\|x - y\| + \varepsilon. \quad (1)$$

В той же статье [8] доказана следующая теорема:

Действительная функция f, определенная на выпуклом множестве $D \subset \mathbb{R}^n$, равномерно-непрерывна тогда и только тогда, когда для любого $\varepsilon > 0$ существует константа $L(\varepsilon) < \infty$ такая, что $|f(x) - f(y)| \leq L(\varepsilon)\|x - y\| + \varepsilon$ для любых $x, y \in D$.

Замечание. Очевидно, что если D кроме того компакт, то вместо равномерной непрерывности, достаточно потребовать непрерывности f на D.

Из работы [8], вообще говоря, не следует положительность константы $L(\varepsilon)$. Поэтому, для обеспечения указанной положительности примем следующее соглашение.

Для выбранного $\varepsilon > 0$ существует точки $x^*; y^* \in D$ такие, что:

$$|f(x^*) - f(y^*)| > \varepsilon. \quad (2)$$

В частности, если D – отрезок, то данные точки $x^*; y^*$ могут совпадать с его концами.

В работе [3] для каждого фиксированного $\varepsilon > 0$ введена величина:

$$l(\varepsilon) = \inf\{L(\varepsilon):\ L(\varepsilon) \geq 0\}. \quad (3)$$

Ясно, что эта величина существует и при этом $l(\varepsilon) > 0$.

Действительно, если $l(\varepsilon) = 0$, то для всех $x, y \in D$ имеет место:

$$|f(x) - f(y)| \leq \varepsilon,$$

что противоречит предположению (2).

В работе [3] также доказано, что величина $l(\varepsilon)$ достижима, т.е. существуют $x, y \in D$, такие, что (1) выполняется со знаком равенства:

$$|f(x) - f(y)| = l(\varepsilon)\|x - y\| + \varepsilon.$$

Предложение 1. *Для любого $\varepsilon > 0$, удовлетворяющего условию (2), существуют $x_\varepsilon; y_\varepsilon \in D$ такие, что:*

$$\frac{|f(x_\varepsilon) - f(y_\varepsilon)| - \varepsilon}{\|x_\varepsilon - y_\varepsilon\|} = l(\varepsilon).$$

Доказательство очевидно.

Замечание. Из предложения 1 следует, что

$$\max_{x,y \in D} \frac{|f(x) - f(y)| - \varepsilon}{\|x - y\|} = l(\varepsilon).$$

Таким образом, нашей задачей будет нахождение

$$\max_{x,y \in D} \frac{|f(x) - f(y)| - \varepsilon}{\|x - y\|}$$

для $\varepsilon > 0$, удовлетворяющего условию (2). Ясно, что эта задача может быть решена различными методами.

Здесь будет предложен алгоритм построения последовательности $(x_k; y_k)$, сходящейся к $(x_\varepsilon; y_\varepsilon)$ при $k \to \infty$ для случая функции одной переменной, непрерывной на отрезке $[a; b]$.

Алгоритм 1.

Пусть дана функция $f(x)$, непрерывная на $[a; b]$. Для простоты будем предполагать, что число $\varepsilon > 0$ удовлетворяет неравенству:

$|f(a) - f(b)| > \varepsilon$

Пусть дан набор точек $a = u_0 < u_1 < \cdots < u_n = b$ $(n \geq 1)$.

Опишем $n + 1$ −ный шаг алгоритма.

Введем следующие обозначения:

$I_n = \{0; 1; \ldots; i; \ldots; j; \ldots; n\}$,

$$L_n(\varepsilon) = \max_{\substack{i;j \in I_n \\ i \neq j}} \frac{|f(u_i) - f(u_j)| - \varepsilon}{|u_i - u_j|}.$$

Добавим к исходному набору точек $a = u_0 < u_1 < \cdots < u_n = b$ новую точку $a < \xi < b$, не совпадающую с точками предыдущего набора, и полученный набор точек упорядочим по возрастанию, произведя новую нумерацию и присвоив ξ соответствующий номер. Тем самым мы получим новое индексное множество $I_{n+1} = \{0; 1; \ldots; i; \ldots; j; \ldots; n + 1\}$. Полученные точки будем обозначать как и выше: $a = u_0 < u_1 < \cdots < u_{n+1} = b$. Построим $L_{n+1}(\varepsilon)$:

$$L_{n+1}(\varepsilon) = \max_{i \in I_n} \left\{ L_n(\varepsilon); \frac{|f(u_i) - f(\xi)| - \varepsilon}{|u_i - \xi|} \right\}.$$

Будем требовать, чтобы процесс выбора новых точек разбиения удовлетворял условию:

$$\max_{1 \leq i \leq n} |u_i - u_{i-1}| \to 0 \text{ при } n \to \infty. \qquad (4)$$

Предложение 2. *Последовательность $L_n(\varepsilon)$, построенная по алгоритму 1, сходится к величине $l(\varepsilon)$ при любом $\varepsilon > 0$, удовлетворяющем вышеуказанным условиям.*

Доказательство.

Заметим, что по построению последовательность $L_n(\varepsilon)$ является неубывающей.

Функция $f(x)$ является ε-липшицевой, так как для неё выполняются условия вышеприведенной теоремы из [8]. Тогда для $f(x)$ справедливо неравенство (1), из которого следует, что последовательность $L_n(\varepsilon)$ ограничена сверху. Значит, данная последовательность имеет предел $\lim_n L_n(\varepsilon) = \sup_n L_n(\varepsilon)$. Покажем, что

$$\sup_n L_n(\varepsilon) = l(\varepsilon).$$

Введем следующую функцию двух переменных, определенную на множестве $D = [a; b] \times [a; b]$:

$$F(x, y) = \frac{|f(x) - f(y)| - \varepsilon}{|x - y|} \qquad (5)$$

В силу предложения 1 существует $X_\varepsilon = (x_\varepsilon; y_\varepsilon) \in D$, для которого выполняется равенство:

$$\max_{x,y \in D} \frac{|f(x) - f(y)| - \varepsilon}{|x - y|} = \frac{|f(x_\varepsilon) - f(y_\varepsilon)| - \varepsilon}{|x_\varepsilon - y_\varepsilon|} = l(\varepsilon) \quad (6)$$

Ясно, что найдётся окрестность точки X_ε, в которой F непрерывна, а также что, по построению последовательности u_n, в любой достаточно малой окрестности точки X_ε найдутся $(u_{n_k}; u_{n_m})$ из построенной последовательности u_n. И теперь в силу непрерывности F:

$$F(u_{n_k}; u_{n_m}) \to F(x_\varepsilon; y_\varepsilon) \text{ при } (u_{n_k}; u_{n_m}) \to (x_\varepsilon; y_\varepsilon),$$

а следовательно:

$$\lim_n L_n(\varepsilon) = l(\varepsilon).$$

Предложение доказано.

Проведены численные эксперименты для функции:

$$f(x) = \begin{cases} \sqrt{x}, & 0 \le x < 1 \\ 1 + \sqrt{x - 1}, & 1 \le x \le 2 \end{cases}$$

с $\varepsilon = 0{,}1$ и $\varepsilon = 0{,}01$. Из статьи [8] следует, что $l(0{,}1) = 2{,}5$ и $l(0{,}01) = 25$. В результате вычислений был получен следующий результат: $l(0{,}1) \approx 2{,}45685$ и $l(0{,}01) \approx 24{,}97374$.

Аналогичный численный эксперимент был проведен для функции:

$$f(x) = \frac{1}{\ln(x)}, \qquad 0 \le x \le 0{,}1$$

с $\varepsilon = 0{,}2$ и $\varepsilon = 0{,}1$ ($l(0{,}2) = 2{,}84673$ и $l(0{,}1) = 90{,}64594$). Результат вычислений следующий: $l(0{,}1) \approx 2{,}84537$ и $l(0{,}01) \approx 90{,}58051$.

Таким образом видим удовлетворительную работу алгоритма.

Список литературы

1. *Дуллиев А.М.*, *Заботин В.И.* Итерационный алгоритм проектирования точки на невыпуклое многообразие в линейном нормированном пространстве // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2004. Т.44. № 5. С. 827-830.

2. *Заботин В.И.* Два алгоритма отыскания проекции точки на невыпуклое множество в нормированном пространстве / В.И. Заботин, Н.К. Арутюнова // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2013. Т.53. № 3. С. 344-349.

3. *Арутюнова Н.К.* Алгоритмы проектирования точки на поверхность уровня непрерывной на компакте функции / Н.К. Арутюнова, А.М. Дуллиев, В.И. Заботин // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2014. Т.54. № 9. С. 1448-1454.

4. *Черняев Ю.А.* Сходимость метода проекции градиента для одного класса невыпуклых задач математического программирования // Известия вузов. Математика. 2005. № 12. С. 76-79.

5. *Заботин В.И., Черняев Ю.А.* Сходимость итерационного метода решения задачи математического программирования с ограничением в виде выпуклой гладкой поверхности // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2004. Т.44. № 4. С. 609-612.

6. *Черняев Ю.А.* Обобщение метода проекции градиента и метода Ньютона на экстремальные задачи с ограничением в виде гладкой поверхности // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2015. Т.55. № 9. С. 1493-1502.

7. *Черняев Ю.А.* Численный алгоритм решения задачи математического программирования с ограничением в виде гладкой поверхности // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2016. Т.56. № 3. С. 387-393.

8. *Robert J. Vanderbei* Extension of Piyavskii's algorithm to continuous global optimization: Technical Report SOR 97-01. — Princeton University, 1997. — p. 1-9.

9. *Арутюнова Н.К.* Метод Евтушенко поиска глобального минимума ε-липшицевой функции и его приложения / Н.К. Арутюнова // Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева. 2013. № 2, вып. 2. С. 154-157.

AN ALGORITHM OF ESTIMATION OF THE LIPSCHITZ *ε*-CONSTANT OF THE CONTINUOUS FUNCTION ON A COMPACT INTERVAL

Chernyshevsky P.

Supervisor: V. Zabotin, doctor of technical sciences, professor

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In the report proposed and proved one algorithm of estimation of the Lipschitz ε-constant of the continuous function on a compact interval. Test cases are considered.

УДК 519.615

ПОЛУЧЕНИЕ УРАВНЕНИЙ СЛОЖНЫХ ФУНКЦИЙ МЕТОДОМ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПО MICROSOFT EXCEL И РАБОТА С НИМИ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

Черняховский В.А.
Научный руководитель: Р.Х. Гумерова, к.ф.-м.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В статье описан метод получения уравнений сложных функций методом полиномиальной аппроксимации в среде Microsoft Excel. Показан пример работы с полученным уравнением в среде MATLAB Simulink.

Не секрет, что при компьютерном моделировании объектов, явлений и физических процессов основной трудностью составляет получение уравнения интересующей исследователя величины от внешних (задающих) факторов. Зачастую интересующая величина имеет довольно сложный закон распределения. Довольно распространенным методом нахождения уравнений функций является метод полиномиальной аппроксимации.

Сущность метода полиномиальной аппроксимации функции заключается в формировании на заданном интервале распределения функции тренда (то есть, замене естественной функции приближенной) и в нахождении уравнения тренда.

Как правило, чем более простое уравнение используется для аппроксимации, тем с большей степенью достоверности оно приближено к исследуемой зависимости. Поэтому при выборе аппроксимации следует исходить из конкретной задачи исследования. На практике редко требуется нахождение уравнения выше третьего порядка.

Цель исследования заключается в построении математической модели в среде MATLAB Simulink, отражающей случайные изменения среднемесячных температур. Модель строится на ос-

нове данных о среднемесячных температурах с октября 2011 г. по октябрь 2016 г. [1].

Данные о среднемесячных температурах графически представлены на рисунке 1.

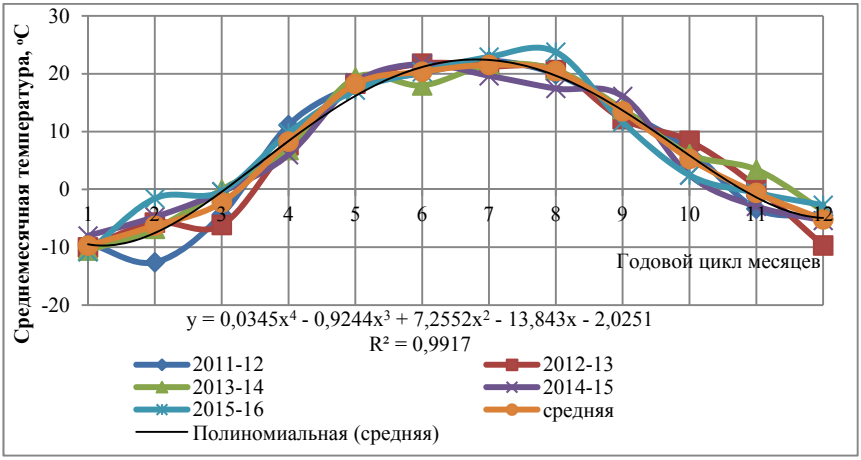


Рис. 1. График среднемесячных температурс октября 2011 г. по октябрь 2016 г.: оранжевая кривая соответствует средним значениям температур за 5 лет, черная тонкая кривая – полиномиальная аппроксимация оранжевой кривой. Уравнение, внизу рисунка, описывает полиномиальную кривую с высокой степенью достоверности аппроксимации R^2

Оранжевая кривая соответствует значениям среднемесячных температур за исследуемый период (таблица 1, крайняя правая колонка). Для получения аппроксимации кривой и полиномиального уравнения следует в Microsoft Excel нажать ПКМ на оранжевую кривую. Далее в выпадающем контекстном меню следует нажать «Добавить линию тренда». В открывшемся окне следует выбрать линию тренда полиномиального вида с соответствующей степенью (в нашем случае 4 степень), а также поставить галочки в пунктах «Показывать уравнение на диаграмме» и «Поместить на диаграмму величину достоверности аппроксимации (R^2)» (выделены в рамках на рисунке 2). Степень следует

выбрать такую, чтобы была наибольшая величина достоверности аппроксимации.

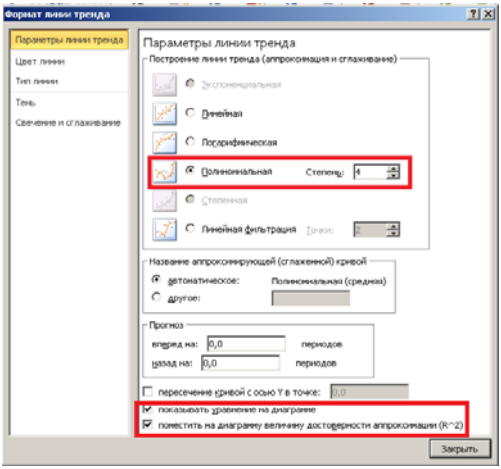


Рис. 2. Установки формирования полиномиальной линии тренда и её уравнения в ПО Microsoft Excel

Разработанная модель представлена на рисунке 3.

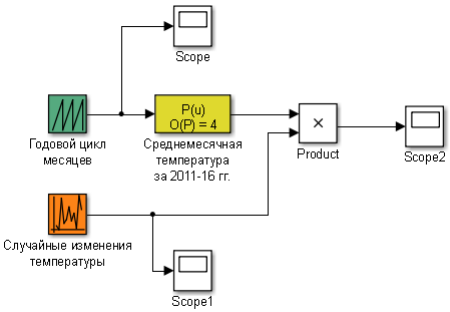


Рис. 3. Математическая модель прогнозирования случайных изменений среднемесячных температур на основе данных за 5 прошедших лет

Задающее воздействие сформировано блоками «Годовой цикл месяцев» и «Среднемесячная температура за 2011-16 гг.».

Первый блок носит название «Repeating Sequence». Второй блок носит название «Polynomial».

Для задания последовательно повторяющихся 12 месяцев при открытии блока «Годовой цикл месяцев» в полях «Time values» и «Output values» следует проставить значения [0 12]. На выходе образуется пилообразный сигнал, который регистрируется блоком «Scope». Для задания полиномиального уравнения из рисунка 1 в модель следует при открытии блока «Среднемесячная температура за 2011-16 гг.» проставить значения коэффициентов полиномиального уравнения [0.0345 -0.9244 7.2552 -13.843 -2.0251]. Таким образом на выходе блока «Среднемесячная температура за 2011-16 гг.» формируется повторяющийся сигнал, по профилю соответствующий линии тренда на рисунке 1.

Чтобы реализовать случайные изменения температуры нужно умножить полученный выше сигнал на случайно изменяющуюся величину. Эта величина формируется блоком «Случайные изменения температуры». Данный блок носит название «Uniform Random Number». При настройке данного блока в поле «Minimum» введено значение 0.75, а в поле «Maximum» введено значение 1.1. Поле «Seed» оставлено без изменений – в нем 0. В поле «Sample Time» введено значение 0.5. Это значит что диапазон случайных изменений температуры лежит в коридоре [0.75…1.1] от полиномиальной линии тренда и изменения происходят с частотой 2 Гц (в данном случае, 2 раза в месяц, при условии что 1 единица времени моделирования принята за 1 месяц). Выходной сигнал, сформированный блоком Случайные изменения температуры» регистрируется блоком «Scope1» и представлен на рисунке 4.

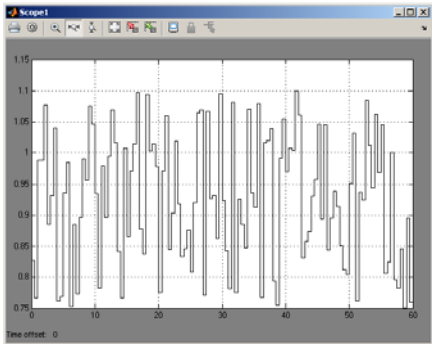


Рис. 4. Выходной сигнал блока «Случайные изменения температуры». По оси абсцисс отложено время моделирования (60 месяцев), по оси ординат – отклонение профиля среднемесячной температуры от линии тренда

Задающее воздействие системы и случайные изменения температуры умножаются стандартным блоком «Product» раздела «Math Operations» библиотеки «Simulink». Результат регистрируется блоком «Scope1» и представлен на рисунке 5.

Метод полиномиальной аппроксимации может быть полезен при нахождении уравнения сложной функции и построении математических моделей. Более подробный пример, построения математической модели приведен в сборнике №4 Евразийского научного объединения за 2016 г. [2].

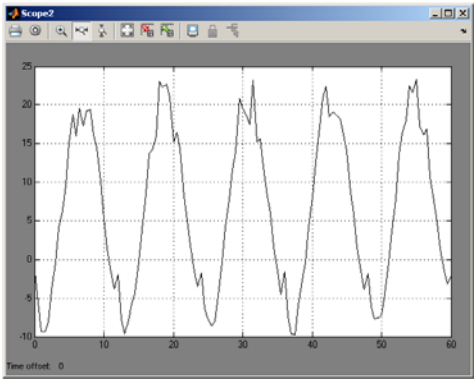


Рис.5. Выходной сигнал системы

Список литературы

1. [Электронный ресурс] GISmeteo. Дневник погоды в Шумерле за Октябрь 2011 г. Режим доступа: https://www.gismeteo.ru/diary/12891/2011/10/

2. *Гумерова Р.Х., Черняховский В.А.* Модель потребления двигателя насоса в среде MATLAB Simulink // Сборник научных трудов Евразийского Научного Объединения, Апрель 2016 , часть 1, С. 30-33.

OBTAINING OF EQUATIONS OF DIFFICULT FUNCTIONS THROUGH POLYNOMIAL APPROXIMATION MODE IN MICROSOFT EXCEL SOFTWARE AND APPLICATION IN MATLAB SIMULINK MEDIUM

Chernyakhovskiy V.

Supervisor: R. Gumerova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

Mode of obtaining of difficult equations through polynomial approximation in Microsoft Excel software described in this article. Example of working with resulting equation is shown in MATLAB Simulink medium.

УДК 681.3.06

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО РАСЧЁТУ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА ВЫСОКОГО УРОВНЯ

Шафигуллин И.Д.
Научный руководитель: М.В. Петровская
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Разработана демонстрационная программа по расчёту частотных характеристик цепей первого порядка с использованием языка высокого уровня. Программа позволяет на примере изучить базовые структуры и функции языка.

Курс прикладных информационных технологий состоит из трёх разделов, включающих в себя изучение основ программирования, применение пакетов прикладных программ для технических вычислений, а также схемотехническое моделирование и проектирование радиоэлектронных схем. В разделе, посвященном основам программирования студенты изучают основные этапы создания программ, использование переменных, операторов и функций, способы создания условий и циклов, объявление функций и работу с файлами на языке C/C++ [2]. Такие навыки и знания алгоритмов могут быть полезными в дальнейшей учёбе или профессиональной деятельности.

Знания языков программирования очень важны для современного специалиста и могут найти применение в различных областях, в том числе радиотехнике: при расчётах и обработке данных, моделировании, написании программ микроконтроллеров и пр. В связи с этим, не смотря на существующие лабораторные работы, было предложено разработать демонстрационную лабораторную работу, представляющую собой расчёт частотных характеристик фильтров нижних или верхних частот (ФНЧ или ФВЧ соответственно) [1] на языке C. В существующих лабораторных работах проводится либо моделирование и снятие харак-

теристик цепи, либо расчёты. Предлагаемая работа позволяет оценить возможности языка программирования при расчётах и моделировании, понять, как работают базовые операторы и функции, и как построить алгоритм решения поставленной задачи.

В целях структурирования демонстрационная программа была разбита на несколько подпрограмм. В начале кода были определены прототипы функций. Одна из подпрограмм выполняет функцию выбора типа и параметров исследуемого фильтра (RC, LR, CR либо RL). Также существуют отдельные функции для расчёта каждого типа фильтра, вызываемые в соответствующий момент исполнения кода.

Выбор типа фильтра реализуется с помощью оператора множественного выбора switch. Оператор выбора switch является очень удобной заменой множественного использования операторов if. Оператор switch сравнивает значение одной переменной с несколькими константами. Значение переменной, указанной в условии switch, сравнивается со значениями, которые следуют за ключевым словом case. Когда значение в переменной, соответствует значению в строке с оператором case, компьютер продолжит выполнение программы с этого места. В данном случае каждому типу фильтра соответствует определенное числовое значение.

Также в данной подпрограмме имеется возможность задать с клавиатуры параметры элементов исследуемой цепи, такие как сопротивление, емкость и индуктивность. Используются более привычные единицы измерения, такие как нанофарады и миллигенри, которые автоматически пересчитываются. Имеется возможность задать количество точек для расчёта характеристик. Частотный диапазон и значения частот в каждой точке рассчитываются автоматически, значения хранятся в массиве.

Подпрограммы, вызываемые после выбора типа фильтра, содержат расчёт постоянной времени и граничной частоты по следующим формулам:

$$\tau = R \cdot C\ ,\ f_{гр.} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \tau}\ ,$$

где τ – постоянная времени, R и C – параметры сопротивления и емкости цепи соответственно, $f_{гр.}$ – граничная частота.

Также существуют две подпрограммы для расчёта амплитудной и фазовой характеристик для ФНЧ по соответствующим формулам:

$$K_U = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(2\pi f \tau\right)^2}}\ ,\ \varphi_k(f) = -\arctan\left(\frac{f}{f_{гр.}}\right),$$

и для ФВЧ:

$$K_U = \frac{2\pi f \tau}{\sqrt{1 + \left(2\pi f \tau\right)^2}}\ ,\ \varphi_k(f) = \arctan\left(\frac{f}{f_{гр.}}\right),$$

где K_U и φ_k – АЧХ и ФЧХ соответственно, f – текущая частота.

Значения АЧХ и ФЧХ по частотам хранятся в соответствующих массивах. Результаты выводятся на экран, а также записываются на жесткий диск в файлы с расширением .csv.

В программе присутствует возможность повторного запуска выбора фильтра и расчётов, которая реализована с помощью оператора do while. Данный оператор реализует цикл с постусловием – цикл, в котором условие проверяется после выполнения тела цикла. Отсюда следует, что тело всегда выполняется хотя бы один раз. В данном случае вся программа выполняется однократно, а далее пользователю предоставляется выбор дальнейших действий: либо произвести повторный выбор фильтра и параметров и их расчёты, либо их завершение и при необходимости – чтение из файла предыдущих результатов и вывод их на экран.

В перспективе планируется освоение графических библиотек и добавление функции построения графиков по рассчитанным характеристикам.

Итак, демонстрационная программа затрагивает все темы, предлагаемые для изучения в данном разделе и позволяет на своём примере разрабатывать аналогичные проекты.

Список литературы

1. *Попов В.П.* Основы теории цепей: учебник для бакалавров. - 7-е изд., перераб. и доп. — Москва: Юрайт, 2013. - 697 с.

2. *Хохлов Д.Г.* Программирование на языке высокого уровня: учебник / Д. Г. Хохлов. - Казань : Мастер Лайн. Ч. 1 : Основы программирования. - 2009. - 263 с.

3. *Культин Н.Б.* C/C++ в задачах и примерах. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 288 с : ил.

LABORATORY WORK DEVELOPMENT ON THE CALCULATION OF FREQUENCY CHARACTERISTICS USING A HIGH-LEVEL LANGUAGE

Shafigullin I.
Supervisor: M. Petrovskaya
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

A demonstration program was developed for frequency characteristics calculation of first-order circuits using a high-level language. The program allows students to study the basic structures and functions of the language.

УДК532.517.2

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО СИГНАЛА ПЛАСТА

Щеглова Е.П.
Научный руководитель: А.И. Филиппов, доктор технических наук, профессор
(Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа)

Представлен анализ найденной асимптотическим методом средней по сечению скважины температуры при отборе для случая плоского профиля скорости течения.

Постановка простейшей задачи переноса тепла потоком жидкости в стволе скважины, представленной в виде галереи, в режиме отбора с учетом следующих соотношений для безразмерных величин:

$$x = x_{\mathrm{d}}/R\,,\ z = z_{\mathrm{d}}/R\,,\ \mathrm{Pe} = \mathrm{v}R/a\,,\mathrm{Fo} = \tau a/R^2\,,$$

$$T = \left(\theta - \theta_{01} + \Gamma z_{\mathrm{d}}\right)/\theta_0\,,\theta_0 = \Gamma R\,,$$

с формальным асимптотическим параметром ε имеет вид

$$\frac{\partial T}{\partial \mathrm{Fo}} + \mathrm{Pe}\frac{\partial T}{\partial z} - \frac{1}{\varepsilon}\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \mathrm{Pe}\,,\ x < 1\,,\ \mathrm{Fo} > 0\,,\ z > 0\,, \qquad (1)$$

$$\frac{1}{\varepsilon}\left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_{x=1} = -\frac{\alpha R}{\lambda}T\big|_{x=1}\,, \qquad (2)$$

$$\left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_{x=0} = 0\,,\ T\big|_{\mathrm{Fo}=0} = 0\,, \qquad (3)$$

$$T\big|_{z=0} = \frac{\theta_{10}(\tau) - \theta_{01} + \Gamma z_{\mathrm{d}}}{\theta_0} = T_0(\mathrm{Fo})\,, \qquad (4)$$

где Pe – аналог параметра Пекле, Fo – число Фурье, $T_0(\mathrm{Fo})$ –температура поступающей в скважину жидкости (или температурный сигнал пласта).

Решения задачи (1) – (4) отыскивается в виде асимптотического ряда по параметру ε

$$T = T^{(0)} + \varepsilon T^{(1)} + \varepsilon^2 T^{(2)} + \dots,$$

где верхние индексы у безразмерной температуры T относятся к порядковому номеру приближения.

Окончательная постановка задачи в нулевом приближении запишется как

$$\frac{\partial T^{(0)}}{\partial \mathrm{Fo}} + \mathrm{Pe}\frac{\partial T^{(0)}}{\partial z} + \frac{\alpha R}{\lambda}\frac{\partial T^{(0)}}{\partial \mathrm{Fo}} = \mathrm{Pe},\ x<1,\ \mathrm{Fo}>0,\ z>0, \qquad (5)$$

$$\left.\frac{\partial T^{(0)}}{\partial x}\right|_{x=0} = 0,\ \left.T^{(0)}\right|_{\mathrm{Fo}=0} = 0,\ \left.T^{(0)}\right|_{z=0} = T_0(\mathrm{Fo}). \qquad (6)$$

С помощью символьного преобразования Лапласа – Карсона $T^u = p\int_0^\infty \mathrm{e}^{-p\mathrm{Fo}} T(\mathrm{Fo})d\mathrm{Fo}$ задача (5) – (6) представлена в пространстве изображений как

$$pT^{(0)u} + \mathrm{Pe}\frac{\partial T^{(0)u}}{\partial z} + \frac{\alpha R}{\lambda}T^{(0)u} = \mathrm{Pe},\ x<1,\ z>0, \qquad (7)$$

$$\left.\frac{\partial T^{(0)u}}{\partial x}\right|_{x=0} = 0,\quad \left.T^{(0)u}\right|_{z=0} = T_0^u(p). \qquad (8)$$

Уравнение (7) для определения $T^{(0)u}$, как и в [1] - [4], представлено в виде

$$\frac{dT^{(0)u}}{dz} + \left(\frac{p+\alpha R/\lambda}{\mathrm{Pe}}\right)T^{(0)u} = 1,\ x<1,\ z>0. \qquad (9)$$

Решение уравнения (9) с учетом условия (8) с использованием [6] представится как

$$T^{(0)u} = T_0^u(p)\mathrm{e}^{-\beta z} + \int_0^z \mathrm{e}^{-\beta(z-\xi)}d\xi,\ x<1,\ z>0, \qquad (10)$$

где $\beta = (p + \alpha R/\lambda)/\mathrm{Pe}$.

Полученное выше выражение представляет точное решение задачив нулевом асимптотическом приближении. Оригинал выражения (10) при высокой простоте достаточно хорошо описывает реальные процессы, протекающие в скважине, и дает представления о временном и глубинном распределении температуры.

На рис. 1 представлены графические зависимости средней по сечению температурынефтяного потока в скважинеот безразмерного времени при дебите Q = 10 м^3/сут.

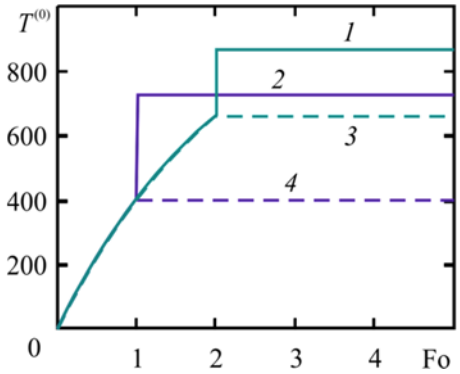
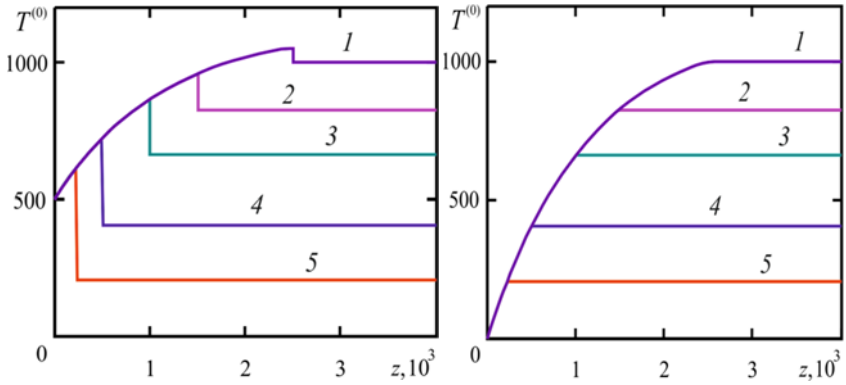


Рис. 1. Зависимость относительной температуры потока нефти в скважине от безразмерного времени в зоне влияния температурных сигналов для различных значений глубины z: 1, 3 – z = 1000; 2, 4 – z = 500. Штриховые кривые соответствуют нулевому температурному сигналу пласта (T_0 = 0), сплошные – T_0 = 500

Рисунок 2 демонстрирует зависимости температуры потока нефти в скважине от вертикальной координаты при разных значениях безразмерного времени Fo в зоне влияния температурных сигналов пласта.



а б

Рис. 2. Зависимость относительной температуры потока нефти в скважине от вертикальной координаты z в зоне влияния температурных сигналов пласта (а – $T_0 = 500$, б – $T_0 = 0$) при различных значениях безразмерного времени: 1 – Fo = 5; 2 – 3, 3 – 2, 4 –1, 5 –0,45

Полученные результаты хорошо согласуются с выводами, полученными в работах [7] - [9] для асимптотики больших и малых времен.

Список литературы

1. *Филиппов А.И., Ахметова О.В.* Температурное поле в пласте и скважине. – Уфа: АН РБ, Гилем, 2011. – 336 с.

2. *Щеглова Е.П., Карасев Е.М., Филиппов А.И.* Расчет полей температур в скважине на основе асимптотических формул // Известия Вузов. Нефть и газ, 2010. №3. С. 23-27.

3. *Филиппов А.И., Зеленова М.А., Щеглова Е.П.* Анализ температурных полей в скважине на основе численного обращения Изегера // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2015. Т. 1, № 3 (3). С. 6 – 13.

4. *Филиппов А.И., Щеглова Е.П.* Исследование температурных полей в скважине в процессе закачки жидкости на основе численной инверсии Изегера // Известия Вузов. Нефть и газ, 2017. № 2. С. 47 – 52.

5. *Филиппов К.А*. Квазистационарное температурное поле в стволе действующей скважине // ИФЖ, 2004. Т. 77, № 6. С. 13 – 19.

6. *Диткин В.А., Прудников А.П.* Операционное исчисление. – М.: Высшая школа, 1966. – 406 с.

7. *Филиппов А.И., Щеглова Е.П.* Анализ температурного поля нефтяного потока в стволе малодебитных скважин на основе численного обращения // Математическое моделирование процессов и систем: материалы V Всерос. науч.-практ. конф., приурочен. 110-летию со дня рождения академика А.Н. Тихонова, г. Стерлитамак, 17 – 19 ноября. 2016 г.: В 3-х ч. - Стерлитамак, 2016. - Ч. 3. - С. 201-207.

8. *Филиппов А.И., Ахметова О.В., Ремеева А.Н., Щеглова Е.П.* Задача о температурном поле в скважине с учетом зависимости теплопроводности от температуры // Современные проблемы математической физики и вычислительной математики: Тезисы докладов Международной конференции, приуроченной 110-летию со дня рождения академика А.Н. Тихонова. 31 октября – 3 ноября 2016 г. Москва – 2016. С. 249.

9. *Филиппов А.И., Щеглова Е.П.* Влияние темпа закачки жидкости на температурное поле в скважине // Нефтегазовое дело, 2017. Т. 15, № 2. С. 177-181.

TEMPERATURE PROFILE OF THE OPERATING WELL IN THE ZONE OF INFLUENCE OF THE TEMPERATURE SIGNAL OF LAYER

Shcheglova E.
Supervisor: A. Filippov, Doctor of Engineering Sciences, Professor
(*Ufa State Petroleum Technological University*)

The analysis of the average on section well of temperature, found an asymptotic method, for a case of a flat profile of flow rate is submitted.

УДК 51-004-04

РАЗРАБОТКА КОНТЕНТА ОБУЧАЮЩЕГО КУРСА ПО ТЕМЕ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В «ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ»

Якупов Р.Р.
Научный руководитель: И.Н. Урахчинский, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В докладе рассмотрены математические методы, используемые в «Интернет Вещей». Предлагается структура и состав контента обучающей системы по данной теме.

Появление в последнее время большой номенклатуры устройств («умных» вещей), оснащенных не только микропроцессорами, но и целыми наборами датчиков (сенсоров), позволяющих определять, как параметры их собственного состояния, так и параметры окружающей среды и передавать эти данные по сети, породило создание нового направления - «Internet of Things» (Интернет Вещей) или сокращенно IoT.

Суть идеи Интернета Вещей состоит в том, что большинство предметов в нашем окружении (бытовые приборы, утварь, одежда, промышленное оборудование, автомобили и др.) являются «умными» вещами, и при организации связи с этими устройствами можно не только находить эти объекты, их параметры размещения в пространстве и времени, но и управлять ими, а также использовать получаемую от них информацию для построения «умных» услуг и приложений [1]. Таким образом, Интернет Вещей можно символически представить в виде:

IoT = {Сенсоры, Данные, Сети, Услуги}

По прогнозам, к 2020 году таких подключенных к Интернету устройств будет примерно 50 млрд., при населении в 7.6 млрд. человек. То есть примерно, 6.58 устройств на душу населения.

На основе Интернета Вещей, уже сейчас начинают реализовать различные «умные» приложения во всевозможных сферах жизнедеятельности человека:

• «Умная планета» –своевременное реагироваие на экологические проблемы и рациональное распоряжение невозобновляемыми ресурсами.

• «Умный город» – городская инфраструктура и муниципальные услуги (образование, здравоохранение, ЖКХ, общественная безопасность) станут лучше взаимосвязаны и более эффективны [2].

• «Умный дом» – позволит распознавать различные ситуации, происходящие в доме, и реагировать на них соответствующим образом, что повысит безопасность и комфорт жильцов, а также будет способствовать сбережению ресурсов.

• «Умная энергетика» – обеспечение надежной и качественной передачи электричества от источника к потребителю в нужное время и в необходимом количестве.

• «Умный транспорт» – увеличение скорости перемещения пассажиров, повышение их безопасности.

• «Умная медицина» – возможность для врачей и пациентов получить удаленный доступ к дорогостоящему медицинскому оборудованию, к электронной истории болезни, реализация системы удаленного мониторинга здоровья, автоматизированная выдача препаратов больным и многое другое.

Источниками данных для этих приложений являются датчики, робототехника, люди. Поэтому при разработке таких приложений необходимо использовать:

- технологии хранения данных;
- технологии обработки данных;
- методы анализа данных;
- моделирование;
- визуализацию;
- методы принятия решений;
- технологии защиты данных.

Хранение структурированных данных, подготовка запросов и извлечение выборок осуществляется с помощью реляционных и

NoSQL баз данных, а их обработка с помощью статистических методов:

- параметрические и непараметрические процедуры;
- дисперсионный анализ;
- регрессионный анализ;
- кластерный анализ;
- дискриминантный анализ;
- факторный анализ;
- многомерное шкалирование;
- анализ временных рядов.

Обработка неструктурированных, распределенных, непрерывно прирастающих данных больших объёмов производится с использованием таких методов как:

- краудсорсинг;
- смешение и интеграция данных;
- прогнозная аналитика;
- имитационное моделирование;
- пространственный анализ;
- распознавание образов;
- визуализация аналитических данных;
- технологии работы с данными в распределенных файловых системах.

Для интеллектуального анализа данных, обнаружения ранее неизвестных и практически полезных знаний, необходимых для принятия решений применяются:

- ассоциация;
- последовательность;
- классификация;
- кластеризация;
- прогнозирование;
- искусственные нейронные сети;
- генетические алгоритмы;
- деревья решений;
- эволюционное программирование;
- ассоциативная память;

• нечёткая логика.

На основании вышесказанного, контент обучающей системы должен содержать учебный материал по изучению перечисленных методов и лабораторные работы для получения практических навыков их использования.

Обучающий контент реализован в среде обучающей системы Learning Space. В целях обеспечения мобильности [3] сама обучающая система установлена на виртуальной машине.

Список литературы

1. *А.Е. Кучерявый*, Интернет Вещей // Электросвязь.-2013.-№1. – С. 21-24.

2. *М.Ю. Самсонов*, Интернет вещей в умном городе // ИнформКурьер-Связь. - 2013. - № 10. – С. 58-61.

3. *С.В. Сотников, Урахчинский И.Н.,* Применение технологий виртуализации для построения операционной и сетевой среды обучающих систем. //Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2012. - V.15. - №4 - ISSN 1436-4522. URL: http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html.

CONTENT DEVELOMENT OF THE TRAINING COURSE IN THE SUBJECT MATHEMATICAL METHODS OF THE «INTERNET OF THINGS»

Yakupov R.

Supervisor: I. Urakhchinskiy,candidate of technical sciences, docent

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The report considers the mathematical methods that used in the "Internet of Things". The structure and composition of the content of a training system on the subject.

УДК 51 (075)

О ПРИБЛИЖЕННОМ РЕШЕНИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ ПРАВОЙ ЧАСТЬЮ

Яруллин А.А.
Научный руководитель: З.Я. Якупов, к. ф.-м. н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Предлагается способ нахождения приближенного решения дифференциального уравнения определённого вида. Метод основывается на поиске точного решения в виде степенного ряда.

Во многих областях естествознания возникает потребность решения дифференциальных уравнений. При построении математических моделей реальных объектов часто приходится сталкиваться с изучением достаточно сложных дифференциальных уравнений, аналитическое решение которых довольно затруднительно, а иногда даже и не возможно за приемлемое время. В таких случаях прибегают к приближенным методам решения дифференциальных уравнений. В данной работе предложен подход к численному решению дифференциальных уравнений некоторого типа, а именно: $e^x = \sum_{i=0}^{n} Y^{(i)}(x)$, где функция $Y(x)$ определена и бесконечно дифференцируема на интервале $(a;b)$. Покажем, что решение всегда можно найти в виде бесконечного ряда вида $\sum_{i=0}^{\infty} \frac{x^{ni+i}}{(ni+i)!}$, где n есть порядок дифференциального уравнения, а сам ряд равномерно сходится к функции $Y(x)$. Будем исходить из того,

что правая часть равенства $e^x = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{x^i}{i!}$ имеет представление в виде бесконечного ряда. Тогда, дифференцируя ряд $\sum_{i=0}^{\infty} \frac{x^{ni+i}}{(ni+i)!}$ n раз, получим n новых бесконечных рядов, соответствующих всем производным функции $Y(x)$, имеющимся в указанном дифференциальном уравнении. Если произвести суммирование указанных рядов, то суммарный ряд будет иметь вид $\sum_{i=0}^{\infty} \frac{x^i}{i!}$. Действительно, возьмём произвольный элемент из ряда $\sum_{i=0}^{\infty} \frac{x^{ni+i}}{(ni+i)!}$, сходящегося равномерно к $Y(x)$ на интервале $(a;b)$. Пусть этот элемент имеет вид $\frac{x^{ni+i}}{(ni+i)!}$. Тогда после дифференцирования $Y(x)$ $i-$ый элемент примет вид $\frac{x^{ni+i-1}}{(ni+i-1)!}$. Так как разница в показателях степеней у двух соседних элементов ряда функции $Y(x)$ равна n, то продолжая дифференцировать элементы исходного ряда n раз и суммируя их, мы получим ряд вида $\sum_{i=0}^{\infty} \frac{x^i}{i!}$. Тем самым мы показали, что ряд $\sum_{i=0}^{\infty} \frac{x^{ni+i}}{(ni+i)!}$ является решением дифференциального уравнения $e^x = \sum_{i=0}^{n} Y^{(i)}(x)$.

Данный результат можно использовать для приближенного

решения, беря только первые m элементов в ряде $\sum_{i=0}^{\infty}\frac{x^{ni+i}}{(ni+i)!}$, являющемся разложением функции $Y(x)$ в ряд Маклорена. В таком случае очевидно, что погрешность будет иметь порядок $O\left(b^{m+1}\right)$.

Рассмотрим применение данного подхода на простейшем примере.

Пусть дано

$$e^x = Y(x) + Y'(x) + Y''(x) + Y'''(x),$$

и $n = 3$.

Тогда решение будем искать в виде ряда

$$Y(x) = \sum_{i=0}^{\infty}\frac{x^{3i+i}}{(3i+i)!} = 1 + \frac{x^4}{4!} + \frac{x^8}{8!} + \frac{x^{12}}{12!} + \ldots.$$

Дифференцируем $Y(x)$ и получаем, что

$$Y'(x) = \sum_{i=1}^{\infty}\frac{x^{3i+i-1}}{(3i+i-1)!} = \frac{x^3}{3!} + \frac{x^7}{7!} + \frac{x^{11}}{11!} + \frac{x^{15}}{15!}\ldots.$$

Дифференцируем $Y'(x)$ и получаем, что

$$Y''(x) = \sum_{i=1}^{\infty}\frac{x^{3i+i-2}}{(3i+i-2)!} = \frac{x^2}{2!} + \frac{x^6}{6!} + \frac{x^{10}}{10!} + \frac{x^{14}}{14!}\ldots.$$

Дифференцируем $Y''(x)$ и получаем, что

$$Y'''(x) = \sum_{i=1}^{\infty}\frac{x^{3i+i-3}}{(3i+i-3)!} = \frac{x^1}{1!} + \frac{x^5}{5!} + \frac{x^9}{9!} + \frac{x^{13}}{13!}\ldots.$$

Очевидно, что, складывая функции

$$Y(x)+Y'(x)+Y''(x)+Y'''(x) = \sum_{i=0}^{\infty}\frac{x^{3i+i}}{(3i+i)!} + \sum_{i=1}^{\infty}\frac{x^{3i+i-1}}{(3i+i-1)!} + \sum_{i=1}^{\infty}\frac{x^{3i+i-2}}{(3i+i-2)!} + \sum_{i=1}^{\infty}\frac{x^{3i+i-3}}{(3i+i-3)!} = \sum_{i=0}^{\infty}\frac{x^i}{i!}$$

, получаем ряд, сходящийся к e^x.

Список литературы

1. *Якупов З.Я.* О генезисе адамаровых матриц // Аналитическая механика, устойчивость и управление: Труды X Международной Четаевской конференции. 12 – 16 июня 2012 г.Казань. – Том 1. Аналитическая механика. – Казань: Изд-во Казан.гос.тех.ун-та, 2012. – С. 539-543.

APPROXIMATE SOLUTION OF DIFFERENTIAL EQUATIONS

Yarullin A.
Supervisor: Z. Yakupov, phd
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

We propose a method for finding the approximate solution of the differential equation of a certain type. The method is based on finding exact solutions in the form of a power series.

ПОДСЕКЦИЯ 5.3

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИ

УДК 004.85

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В СФЕРЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ОБЩЕГО ИМУЩЕСТВА

Андриянова О.В.
Научный руководитель: Ф.И. Эминов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассмотрены методы интеллектуального анализа данных, которые могут быть использованы для планирования региональной программы капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах. Приведенные методы могут найти применение для прогнозирования очередности объекта капитального ремонта многоквартирных домов.

Для улучшения состояния зданий и сооружений, инженерных коммуникаций, оборудования, техники и проводится комплекс работ. Этот значительный перечень мероприятий включает в себя актуализированный список всех многоквартирных домов субъекта Российской Федерации, и утверждается Постановлением Регионального Правительства. Региональная программа капитального ремонта формируется на тридцать лет, в несколько этапов.

Для качественной реализации плана, утвержденного органами местного управления, необходимо использование информационной системы. Международные стандарты определяют информационную систему как систему обработки информации, работающую совместно с организационными ресурсами [1], такими как люди, технические средства, которые обеспечивают и распределяют информацию. В качестве инструмента реализации используются информационные системы, формирующие программы капитального ремонта и контроля их исполнения. Коллективный доступ сотрудников, реализующих региональную программу капитального ремонта, к общим для них данным обеспечивается на базе корпоративной сети [2].

Очередность исполнения работ при расчете региональной программы капитального ремонта автоматизированной системы задается с помощью значений критериев: «недоремонт» (износ конструктивного элемента), «год постройки многоквартирного дома», «год последнего капремонта» и многие другие. Причем, логика сортировки записей программы, по каждому критерию различна, например, чем больше значение показателя «Недоремонт», тем выше запись в очереди.

Значительный объем данных, большое количество критериев и различная логика сортировки, - всё это делает планирование программы для должностных лиц, ответственных за исполнение программы капитального ремонта, собственников общего имущества на будущие периоды неочевидным. Для удобного и прозрачного прогнозирования могут быть использованы методы интеллектуального анализа данных (data mining). Основные преимущества применения этих методов от классического статистического анализа данных заключается в следующем:

- методы интеллектуального анализа данных позволяют работать с разными типами данных, которые имеются в базе данных;
- алгоритмы прогнозирования методов интеллектуального анализа имеют большую точность.

Рассмотрим работу нескольких алгоритмов метода интеллектуального анализа, которые могут быть использованы в сфере капитального ремонта общего имущества.

- Простой для понимания, классификатор C4.5. При реализации алгоритм строит дерево решения и может предсказать по имеющимся атрибутам, попадет ли многоквартирный дом в программу капитального ремонта в заданный период.
- Легко реализуемый, метод k-means кластерного анализа сможет сформировать группы для анализа по заданным векторам характеристик многоквартирного дома.
- Точный наивный байесовский классификатор. Для реализации метода необходимо обозначить имеющиеся характеристики дома в виде классов. По эти классам определяется вероятность попадания дома в программу капитального ремонта.

Рассмотренные методы и алгоритмы интеллектуального ана-

лиза данных могут быть использованы при планировании региональной программы капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах. Они могут найти применение для составления планов очередности капитального ремонта для указанных объектов, что позволит рационально использовать средства, выделяемые на капитальный ремонт общего имущества в многоквартирных домах региона.

Список литературы

1. *Эминов Ф.И.* Информационные технологии управления предприятиями. Казань: Мастер Лайн, 2015. 144 с.

2. *Эминов Ф.И.* Сетевые технологии. Часть 2: Учебное пособие. Казань: ЗАО «Новое знание», 2006. 52 с.

APPLICATION OF METHODS OF DATA MINING IN THE SPHERE OF CAPITAL REPAIRS OF COMMON PROPERTY

Andriyanova O.
Supervisors: F. Eminov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this article, methods for the intellectual analysis of data that can be used to plan a regional program for the overhaul of common property in multi-unit buildings are considered. The methods can be used for prognostication of priority of object of capital repairs of apartment buildings.

УДК 004.93'12

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА КОНТУРНОГО АНАЛИЗА

Андриянова О.В.
Научный руководитель: В.В. Мокшин, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассмотрен метод контурного анализа и его решения для детектирования автомобильных номеров в видеопотоке для упрощения работы человеком, контролирующим пропускной пункт.

Данные системы видеонаблюдения значительно упрощают контроль над помещениями, дорогами. В большинстве случаев контроль осуществляется человеком – оператором, контролирующим ситуацию, наблюдая визуально во множество мониторов, но минусом такого наблюдения является человеческий фактор, так как внимание рассеивается.

В связи с этим встает проблема детектирования автомобильных номеров. При использовании алгоритмического комплекса детектирования автомобильного номера на пропускном пункте, первичное обнаружение осуществляется программно-аппаратным комплексом, но окончательное решение остается за оператором.

Системы определения транспортных средств могут быть проанализированы и промоделированы с помощью методов и моделей, описанных в работах [1, с.130; 2, с. 148; 3, с. 297; 4, с. 46; 5, с. 89; 6, с. 66; 7, с. 348; 8, с. 184; 9, с. 352; 10, с. 298].

Пусть имеется видеопоток с камеры видеонаблюдения, установленной возле пропускного объекта. Необходимо определить наличие автомобильного номера. Для этого требуется выделить движущиеся объекты. Существует большое множество методов выделения объектов. В данном случае применяется метод вычитания фона.

Список обозначений приведен в таблице 1.

Таблица 1

Обозначение	Наименование
V	Исходный видеопоток
B	Фон изображения (Усредненное значение нескольких кадров)
x	Координата x пикселя видеопотока
y	Координата y пикселя видеопотока
s(x,y)	Значение разности фона и текущего кадра
p	Пороговое значение

Получив значение разности фона и текущего кадра, необходимо найти все контуры на изображении. Найденные контуры характеризуют движущиеся объекты. При проведении контурного анализа полагается, что контур содержит достаточную информацию о форме объекта, внутренние точки объекта во внимание не принимаются.

Вышеприведённые положения, разумеется, накладывают существенные ограничения на область применения контурного анализа, которые, в основном, связаны с проблемами выделения контура на изображениях, из-за одинаковой яркости с фоном объект может не иметь чёткой границы, или может быть зашумлён помехами, что приводит к невозможности выделения контура, перекрытие объектов или их группировка приводит к тому, что контур выделяется неправильно и не соответствует границе объекта. Однако, переход к рассмотрению только контуров объектов позволяет уйти от пространства изображения – к пространству контуров, что существенно снижает сложность алгоритмов и вычислений.

В качестве признаков будут использоваться инвариантные моменты контура. Выбор данных признаков обусловлен тем, что они инвариантны к изменениям масштаба, вращению и перемещению.

$$hu[0] = \eta_{20} + \eta_{02}$$
$$hu[1] = (\eta_{20} + \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2$$
$$hu[2] = (\eta_{30} + 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} + \eta_{03})^2$$
$$hu[3] = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2$$

$$
\begin{aligned}
hu[4] = {} & (\eta_{30} + 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\
& + (3\eta_{21} - \eta_{03})(3\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 \\
& - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\
hu[5] = {} & (\eta_{20} + \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} \\
& + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\
hu[6] = {} & (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\
& - (\eta_{30} + 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 \\
& - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]
\end{aligned}
$$

где hu[0]-hu[6] – инвариантные моменты контура, η_{ij} – нормализованные центральные моменты.

$$\eta_{ij} = \frac{\mu_{ij}}{\mu_{00}^{(1+\frac{i+j}{2})}}, \qquad i,j = (0,3)$$

μ_{ij} – центральные моменты контура.

$$\mu_{pq} = \sum_{i=0}^{N}\sum_{j=0}^{M}(x - x_{avg})^p (y - y_{avg})^q I(x,y), \quad p,q = (0,3)$$

Здесь p – порядок x, q – порядок y, где порядок означает, так сказать, мощность, на которой соответствующий компонент взят в сумме с другими отображенными.

x_{avg}, y_{avg} – центры масс (центроиды).

$$x_{avg} = \frac{M_{10}}{M_{00}}; \qquad y_{avg} = \frac{M_{01}}{M_{00}}$$

M_{ij} – момент контура

$$M_{ij} = \sum_{i=0}^{N}\sum_{j=0}^{M} x^i y^j I(x,y)$$

где N,M – количество пикселей изображения по координатам X иY; x,y – координаты пикселей контура; I(x,y) – значения яркости пикселя с координатами x и y.

Инвариантные моменты контуров позволяют хорошо описать движущийся объект, но при детектировании автомобильных номеров требуется также отслеживать динамику движения в кадре. Для

этого введем еще несколько признаков – разность инвариантных моментов контура текущего и предыдущего кадров.

Формирование ограничений. Зададим область допустимых значений.

Расширение исходного видеопотока V 600 на 800 пикселей.

$$0 <= x <= 800 \quad (2.1)$$

$$0 <= y <= 600 \quad (2.2)$$

Целевая функция. Значение разности фона и текущего кадра:

$$S(x,y) = V(x,y)-B(x,y) \quad (2.3)$$

Окончательная формулировка задачи. Необходимо найти все инвариантные моменты контуров, а также разность инвариантных моментов контура текущего и предыдущего кадров, выделить в видеопотоке движущиеся объекты.

В качестве решения задачи использована библиотека opencv для java:

1) Используя методы вычитания фона получаем объект типа Mat sub;

2) Используя детектор границ Кенни находим границы движущегося объекта:

CVAPI(void) cvCanny (const CvArr* image, CvArr* edges, double threshold1, double threshold2, int aperture_size CV_DEFAULT(3));

image — одноканальное изображение для обработки (градации серого);

edges — одноканальное изображение для хранения границ, найденных функцией;

threshold1 — порог минимума;

threshold2 — порог максимума;

aperture_size — размер для оператора Собеля.

3) С помощью метода findContours находим контуры изображения:

void find Contours (Input Output Array image, Output Array Of Arrays contours, Output Array hierarchy, int mode, int method, Point offset=Point());

image — одноканальное изображение для обработки (градации серого);

contours – найденные контуры;

hierarchy – вектор, содержащий информацию об топологии изображения;

mode – режим поиска контуров;

method – метод аппроксимации контура.

4) С помощью метода moments находим центральные моменты контура:

Moments moments (Input Array array, bool binary Image=false);

Array – массив контуров, найденных на шаге 3;

binaryImage – параметр для изображения, в данном случае не используется и всегда будет равен false;

5) Находим инвариантные моменты контура с помощью метода Hu Moments:

void HuMoments (const Moments& m, Output Array hu);

m – центральные моменты контура;

hu – выходной массив рассчитанных инвариантных моментов контура.

6) Запоминая массив hu в отдельную переменную при следующей итерации (при новом кадре) рассчитывается разность инвариантных моментов контура.

$$huS = hu - hu2$$

Таким образом, все необходимые значения признаков будут содержаться в массивах hu, huS.

Результат реализованной программы:

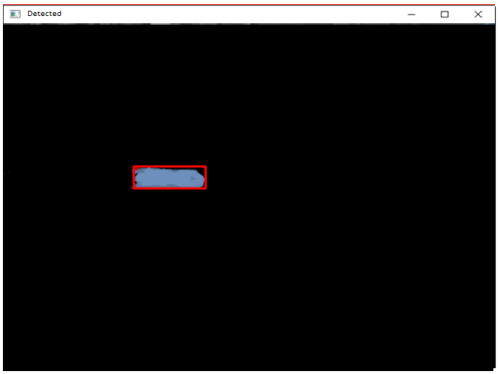


Рис. 1. Вычитание фона и отображение контуров движущихся объектов (Границы контуров выделены красным цветом)

Выводы: Приведенный метод контурного анализа может успешно использоваться для детектирования автомобильного номера в видеопотоке, а библиотека opencv для java – удобный инструмент для его реализации.

Список литературы

1. *Мокшин В.В., Сайфудинов И.Р., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М.* Распознавание транспортных средств на основе эвристических данных и машинного обучения // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 5. С. 130–137.

2. *Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Якимов И.М., Сайфудинов И.Р.* Определение транспортных средств на участках дорог классификатором Хаара и оператором LPB с применением Adaboost и отсечением по дорожной разметке / Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 18. С. 148–155.

3. *Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М.* Отслеживание объектов в видеопотоке по значимым признакам на основе фильтрации частиц / Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 18. С. 297–303.

4. *Мокшин В.В., Якимов И.М.* Метод формирования модели анализа сложной системы / Информационные технологии. 2011. № 5. С. 46–51.

5. *Мокшин В.В.* Параллельный генетический алгоритм отбора значимых факторов, влияющих на эволюцию сложной системы / Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. 2009. № 3. С. 89–93.

6. *Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В.* Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем / Нелинейный мир. 2009. Т. 7. № 1. С. 66–76.

7. *Сайфудинов И.Р., Мокшин В.В., Кирпичников А.П.* Многоклассовое обнаружение и отслеживание транспортных средств в видеопоследовательности / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 19. С. 348–355.

8. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Мухутдинов Т.А.* Обучение имитационному моделированию в пакете Simulink

системы MatLAb / Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 5. С. 184–188.

9. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В.* Моделирование сложных систем в имитационной среде AnyLogic / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 13. С. 352–357.

10. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В.* Моделирование сложных систем в среде имитационного моделирования GPSS W с расширенным редактором / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 4. С. 298–303.

DETECTING CAR NUMBERS BASED ON CONTOUR ANALYSIS

Andriyanova O.
Supervisor: V. Mokshin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this article, the method of contour analysis and its solutions for detecting car numbers in a video stream is considered to simplify the work of a person controlling a checkpoint.

УДК 004.932.2

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ СОРТИРОВКИ И ОТБОРА ВТОРИЧНЫХ ЛИСТОВ МЕТАЛЛА

Белозеров М.И.
Научный руководитель: С.А. Зарайский, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Предложен метод автоматической отбраковки обрезков листового металла.

Цель: повышение эффективности использования обрезков листового металла. Постановка задачи. По конвейеру движутся обрезки листового металла. Имеются образцы деталей, которые могут быть изготовлены из обрезков листового металла. Количество мелких деталей может на производстве исчисляться сотнями. Ручной процесс отбора достаточно трудоемкий и не может обеспечить эффективность сортировки.

Задача размещения множества плоских деталей на обрезках листового металла по минимуму остатков, не пригодных для дальнейшего использования - является чрезвычайно сложной. В данной работе предложен подход, основанный на следующей идее. Обрезки выпуклые многоугольники (материал режется гильотиной). Имеется множество различных обрезков, в которые можно вписать окружность максимального радиуса. Каждая деталь может быть представлена в виде многоугольника, около которого можно описать окружность. По радиусу окружности обрезка листового материала и радиусу детали определить, какая из деталей может получиться из обрезка металла.

Для реализации этого подхода необходимо решить следующие задачи:

- идентификации листов металла на конвейере;
- расчет габаритов листа металла;
- сортировка листов металла;

- оценка размещения деталей на обрезке металла.

Рассмотрим задачу идентификации листов металла.

На конвейер поступает лист металла, камера считывает изображение с конвейера. Затем датчики фиксирует положение листа относительно камеры, как только лист металла находиться прямо под камерой, в центре изображения, камера фиксирует кадр из видеопотока. Далее необходимо произвести фильтрацию изображения.

Выделим 3 подзадачи:

- фильтрация изображения для избавления от шумов на изображении;

- фильтрация изображения для получения границ изображения;

- определение формы и границ листа металла на основе отфильтрованного изображения.

Проблема идентификации обрезка осложняется тем, что обрезок может быть испачкан или деформирован и поэтому имеет блики.

При осуществлении фильтрации яркостные характеристики каждой точки исходного изображения, заменяются некоторым другим значением яркости, которое признается в наименьшей степени искаженным помехой. Исследовались фильтры сглаживающие и фильтры повышения резкости.

Принцип пространственной фильтрации основан на простом перемещении маски фильтра от точки к точке и выполнении некоторого преобразования. При осуществлении линейной фильтрации отклик маски задается суммой произведений пикселей в области покрытия фильтра. Фильтрация изображения f, имеющего размеры MxN, с помощью фильтра размерами mxn задается выражением общего вида:

$$g(x,y) = \sum_{s=-a}^{a} \sum_{t=-b}^{b} w(s,t) \cdot f(x+s, y+t)$$

где: $a=(m-1)/2$ и $b=(n-1)/2$ – коэффициенты, определяемые из размеров фильтра, а $x=0,1,2,..M-1$ и $y=0,1,2,..N-1$.

Принцип работы нелинейных пространственных фильтров имеет тот же характер, они обходят окрестность, причем способ

перемещения маски по изображению тот же. Операции, выполняемые нелинейным фильтром, зависят от значений элементов находящихся в анализируемой окрестности. Наилучшие результаты дал медианный фильтр. При медианной фильтрации значения пикселей представляют собой усредненное значение точек соответствующей окрестности. Часто при решении задач устранения шума медианный фильтр является более эффективным, чем обычное усреднение, так как приводит к меньшим искажениям границ выделяемых объектов. В качестве маски при медианной фильтрации используется двумерное окно с центральной симметрией, при этом его центр располагается в текущей точке фильтрации. Формулу двумерного медианного фильтра можно представить следующим образом:

$$E^*_{i,j} = med\left[E_{i+s,j+t}; (s,t) \in W\right]; i,j \in Z^2$$

где: $[W]$ – массив, являющийся апертурой для исходного изображения $[E]$.

Выделение границ проводилось детектором границ Кенни [2]. Шаги детектора:

- убрать шум и лишние детали из изображения;
- рассчитать градиент изображения;
- сделать края тонкими;
- связать края в контура.

Границы на изображении могут находиться в различных направлениях, поэтому алгоритм Кенни использует четыре фильтра для выявления горизонтальных, вертикальных и диагональных границ. Воспользовавшись оператором обнаружения границ (например, оператором Собеля [4]) получается значение для первой производной в горизонтальном направлении (Gy) и вертикальном направлении (Gx).

Оператор Собеля представляет собой более неточное приближение градиента изображения, но он достаточно качественен для практического применения во многих задачах. Точнее, оператор использует значения интенсивности только в окрестности 3×3 каждого пиксела для получения приближения соответствующего

градиента изображения, и использует только целочисленные значения весовых коэффициентов яркости для оценки градиента.

Формула оператора Собеля:

Gx и Gy — две матрицы, где каждая точка содержит приближенные производные по x и по y. Они вычисляются следующим образом путем умножения матрицы Gx и Gy и суммированием обоих матриц, в результате полученный результат записывается в текущие координаты x и y в новое изображение:

$$\mathbf{G} = \sqrt{\mathbf{G}_x^{\,2} + \mathbf{G}_y^{\,2}}$$

Матрицы Gy и Gx:

$$\mathbf{G}_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} * \mathbf{A} \quad \text{and} \quad \mathbf{G}_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * \mathbf{A}$$

Предложенный подход обеспечивает решение поставленной задачи.

Список литературы

1. *Фурман Я.А., Юрьев А.Н., Яншин В.В.* Цифровые методы обработки и распознавания бинарных изображений. – Красноярск: Издательство Краснояр. университета, 1992. - 246 с.

2. Open CV шаг за шагом. Обработка изображения - детектор границ Кенни (Canny) [Электронный ресурс]. URL: http://robocraft.ru/blog/computervision/484.html (Дата обращения: 18.05.2017).

3. Open CV шаг за шагом. Преобразование Хафа [Электронный ресурс]. URL: http://robocraft.ru/blog/ computervision/502.html (Дата обращения: 18.05.2017).

4. .Open CV шаг за шагом. Обработка изображения - операторы Собеля и Лапласа, [Электронный ресурс]. URL: http://robocraft.ru/blog/computervision/460.html (Дата обращения: 18.05.2017).

5. Формула площади Гаусса (формула определения площади простого многоугольника), [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Формула_площади_Гаусса

6. Медианная фильтрация, *[Электронный ресурс]. URL:* http://sernam.ru/book_kir.php?id=25 *(Дата обращения: 18.05.2017).*.

7. Площадь четырехугольника по сторонам, [Электронный ресурс]. URL: http://2mb.ru/matematika/geometriya/ploshhad-chetyrexugolnika/ (Дата обращения: 18.05.2017).

8. Вписанная в четырехугольник окружность, [Электронный ресурс]. URL:http://www.treugolniki.ru/vpisannaya-v-chetyrexugolnik-okruzhnost/ (Дата обращения: 18.05.2017).

9. Построение окружности по трем точкам, [Электронный ресурс]. URL: http://algolist.manual.ru/maths/geom/equation/circle.php (Дата обращения: 18.05.2017).

AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF SORTING AND SELECTING RECYCLED METAL SHEETS

Belozerov M.
Supervisors: S. Zaraiskiy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The proposed method of automatic culling scraps of sheet metal.

УДК 004.932

К ПРОБЛЕМЕ СЕГМЕНТАЦИИ В СИСТЕМАХ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПО РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКЕ ГЛАЗА

Валиуллин Д.Р.
Научный руководитель: М.П. Шлеймович, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Целью данной работы является исследование алгоритма сегментации в системах биометрической идентификации по радужной оболочке глаза. В работе рассмотрены методы сегментации радужной оболочки глаза на изображении, которая были разработаны и реализованы в среде Eclipse с использованием библиотеки Biomedical Imaging программы ImageJ.

Развитие органов зрения у зародыша человека начинается на четвёртом месяце и оканчивается на восьмом месяце беременности. Это значит, что даже у гомозиготных близнецов радужные оболочки различны. Рисунок текстуры радужки может поменяться в течение жизни только по причине заболеваний органов зрения, например, катаракты, но нередко даже глазах, на перенесших операцию, рисунок радужной оболочки меняется незначительно либо вовсе остается прежним [1].

Единственной функцией радужной оболочки глаза является определение количества светового, который попадает на сетчатку глаза через зрачок. Эта функция осуществляется сокращением мышц радужной оболочки.

Рисунок текстуры радужной является случайным в большой степени, причем чем больше степень случайности, тем выше вероятность уникальности конкретный рисунок. Математически случайность определяется степенью свободы. Некоторые научные исследования выявили, что рисунок текстуры радужки имеет степень свободы, равной 250, что во много раз больше степени свободы

таких биометрических показателей, как отпечатки пальцев (40) и изображения лиц (25) [2].

Из этого следует, что применение рисунка радужки в системах идентификации личности весьма оправданно и перспективно.

Методы биометрической идентификации по радужной оболочке глаза построены по алгоритму - выделение частотной информации о рисунке текстуры радужной оболочки из изображения и дальнейшее сохранение этой информации в виде кода (Даугман ввёл специальный термин – Iris Code (код радужки)). Можно хранить и сравнивать коды радужек людей в базе данных. Составление кода проводится в три этапа:

1. Выделение области радужки из общего изображения
2. Обработка полученного изображения – убирание шумов, улучшение изображения, к примеру, выравнивание гистограммы, убирание бликов. Многие методы «разворачивают» изображение, полученное при сегментации в прямоугольник — производится переход из полярной системы координат в декартову.
3. Составление кода радужной оболочки. На обработанное изображение накладывается фильтр, зависящий от конкретного метода. По результатам процесса фильтрации код радужной оболочки сравнивается с кодами других радужек.

Для кодов нужно выработать критерий сравнения. Нередко код записывается в виде последовательности битов и в качестве критерия сравнения применяется код Хэмминга. К примеру, код Хэмминга используется в системах Даугмана, Тиссе [3].

Для решения задачи сегментации будем использовать выделение краев (с помощью анализа первой производной) и дальнейшую аппроксимацию границ радужки окружностями. Перед выделением области окружности изображение обрабатывается оператором Собеля, который вычисляет значение градиента яркости изображения. В результате применения оператора Собеля в каждой точке изображения появляется вектор градиента яркости изображения этой точки. Сама окружность, которая разграничивает радужку и зрачок, а также внешняя граница радужной оболочки находится при помощи преобразования Ха-

фа. Суть методологии Хафа заключается в следующем. При выполнении задачи поиска окружностей радиуса r, считается, что имеется дело с семейством кривых вида

$$(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = r^2 \quad (1),$$

и выполняется поиск максимума функции-аккумулятора A(x,y) в пространстве параметров (x,y). Так как набор центров всех возможных окружностей радиуса R, которые проходят через заданную точку, образует окружность радиуса R вокруг этой точки, функция отклика в преобразовании Хафа для поиска окружностей известного размера представляет собой окружность такого же размера с центром в голосующей точке. Максимум аккумулятора соответствует центру окружности на изображении [4].

Процесс тестирования проводился на базе программного обеспечения с использованием плагина Bio-Medical Imaging для программы ImageJ, специально разработанного для сегментации радужки. В качестве исходных данных выборка из базы изображений CASIA [5], состоящей из 30 изображений глаз. В результате анализа изображений указанным методом сегментировалась радужная оболочка глаза.

Производительность метода находится в прямой зависимости от размера изображения, степени закрытости области радужной оболочки глаза веками и ресницами. Количество изображений с успешно сегментированной радужной оболочкой — 28. Среднее время обработки изображения разрешением 640x480 приблизительно равно 3 с. В результате система сегментации показала хороший результат, показав высокую точность выделения области радужки.

Список литературы

1. Bio Medical Engineering On Line // http://www.biomedical-engineering-online.com/

2. Resources Related to Biometrics and People with Disabilities // *The international Center for Disability Resources on the Internet*, http://www.icdri.org/biometrics/biometrics.htm

3. *Christel-loic Tisse, Lionel Martin, Lionel Torres, Michel Robert.* Person identification technique using human iris recognition // *Proc. of Vision Interface*, pp.294-299, 2002.

4. *Матвеев И.А.* Методы и алгоритмы автоматической обработки изображений радужной оболочки глаза // Москва, 2014.

5. Chinese Academy of Sciences // http://www.cbsr.ia.ac.cn.

TO THE PROBLEM OF SEGMENTATION IN SYSTEMS OF BIOMETRIC IDENTIFICATION BY THE IRIS OF THE EYE

Valiullin D.
Supervisor: M. Shleimovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The purpose of this work is to study the segmentation algorithm in biometric identification systems based on the iris of the eye. In the paper, methods for segmenting the iris of an image in an image that was developed and implemented in an Eclipse environment using the ImageJ Biomedical Imaging library are discussed.

УДК 004.9

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Вдовин П.С. Щукина О.О.
Научный руководитель: И.С. Ризаев, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассматриваются сферы применения рекомендательных систем. Описываются алгоритмы на которых базируются рекомендательные системы.

В середине нулевых годов американская компания NetFlix, занимающиеся прокатом видеокассет, объявила конкурс с призом 1 миллион долларов. Компания предоставила данные о 480 000 пользователей, 17 000 фильмах и более миллиона оценок, которые пользователи ставили фильмам. Участникам нужно было улучшить рекомендации фильмов пользователем на 10%. Этот момент можно считать отправной точкой в активном изучении и разработке рекомендательных систем.

С конкурса NetFlix прошло много времени и теперь мы встречаем рекомендации в интернете на каждом шагу. Это социальные сети, интернет-магазины, сервисы прослушивания музыки и просмотров фильмов. Рекомендации помогают пользователю решать задачи выбора товаров и услуг в интернете.

У рекомендательных систем есть еще одна важная функция – они выступают фильтром, персонализируя контент для пользователя.

Методы и алгоритмы рекомендательных систем

Рекомендательные системы – это перспективное направление интеллектуального анализа данных и машинного обучения. Рекомендациями активно занимаются компании: Facebook, Яндекс, Amazon и другие крупные компании.

Можно выделить два основных типа рекомендательных систем: Content-based и Коллаборативная фильтрация. Кратко рассмотрим эти методы:

Content-based:

- Рекомендации будут стоится на основе прошлых действий пользователя.
- На построение рекомендации сильно влияют признаки объекта.
- Привязка к предметной области может снижать качество рекомендаций.

Коллаборативная фильтрация

- Учитывается прошлая активность не конкретно одного пользователя, но и других.
- Благодаря универсальности метода качество рекомендаций выше.
- Проблема «холодного старта». Когда нет исходных данных, на основе которых можно что-то рекомендовать.

Сегодня на практике чаще встречается метод Коллаборативной фильтрации. Основная идея этого метода – одинаковым пользователям нравятся одинаковые вещи. Это бывает основано на оценках, которые ставят пользователи. Одинаковые оценки группы пользователей, например, фильму, позволят системе сделать вывод, что у них схожие вкусы. Важной задачей этого метода является кластеризация пользователей.

Для реализации этого метода нужно проделать следующие шаги:

Недостатки этого метода следующие:

- Нет рекомендаций для новых пользователей (если не предусмотрен сценарий, когда новый пользователей сам предоставляет информацию, отвечая на вопросы теста или выбирая интересующие объекты).
- Плохо учитывается индивидуальность. По большому счету строится набор «шаблонов» пользовательских групп. В реальной жизни это конечно не так.
- Если у объекта еще не было оценок, его будет сложно рекомендовать.

Рассмотрим, как применяется метод Коллаборативной фильтрации на практике в различных сферах.

Рекомендации в интернете

Рекомендации популярны в сервисах выбора фильмов и музыки. Помимо уже упомянутого NetFlix можно вспомнить сайты indb – сама крупная база фильмов в мире, его российский аналог – Кино Поиск и музыкальные сервисы Яндекс. Музыка и Apple Music. В основе этих сервисов лежит Коллаборативная фильтрация, рекомендации строятся на основе оценок пользователей. Если поставить оценки нескольким фильмам, то сервис сможет начать рекомендовать похожие. Чтобы решить проблему, когда пользователь только что зарегистрировался и еще не успел поставить никаких оценок, Apple Music предлагает в интерактивной форме выбрать любимые музыкальные жанры и артистов. Эти данные позволят сервису составит первые «шаблонные» рекомендации. Скорее всего они будут не совсем удачными, потому что данные слишком абстрактны, у пользователя нет истории просмотров и оценок, а музыкальная подборка не персонализирована. На хорошие рекомендации можно будет рассчитывать позже, когда пользователь сам подскажет, что ему нравится, слушая, оценивая и добавляя в избранное свою музыку.

На хорошие рекомендации можно будет рассчитывать позже, когда пользователь сам подскажет, что ему нравится, слушая, оценивая и добавляя в избранное свою музыку.

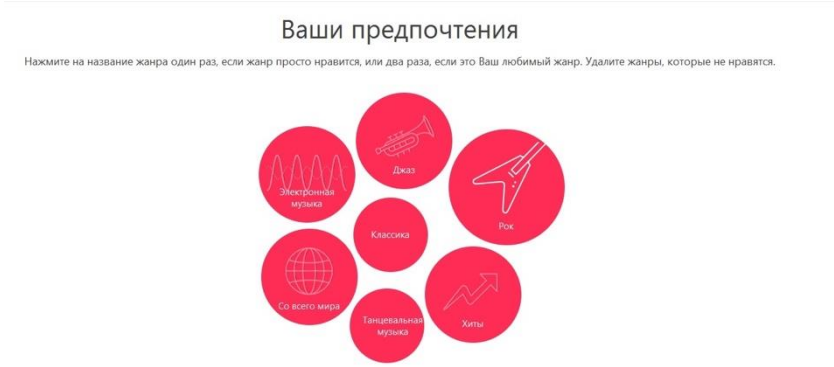


Рис. 1. Решение проблемы «холодного страта» в сервисе Apple Music

Продемонстрируем, как будут строится рекомендации. Есть множество пользователей $u \in U$, множество объектов $i \in I$ (фильмы, треки, товары и т.п.) и множество событий $(r_{ui}, u, i, ...) \in \mathcal{D}$ (действия, которые пользователи совершают с объектами). Каждое событие задается пользователем u, объектом i, своим результатом r_{ui} и, возможно, еще какими-то характеристиками.

Требуется:

- Предсказать предпочтение:

$\hat{r_{ui}} = \text{Predict}\,(u,i,...) \approx r_{ui}$.

- персональные рекомендации:

$u \longmapsto (i_1,...,i_K) = \text{Recommend}_K(u,...)$.

- похожие объекты:

$u \longmapsto (i_1,...,i_M) = \text{Similar}_M(i)$.

	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6
User 1	5	4	5			
User 2	4		5			
User 3		3	5		4	
User 4				3	4	
User 5			4	2	4	
User 6	3					5

Рис. 2. Таблица оценок пользователей

	Item 1	Item 2	Item 3	Item 4	Item 5	Item 6
User 1	5	4	5			
User 2	4	?	5			
User 3		3	5	?	4	
User 4			?	3	4	
User 5	?		4	2	4	?
User 6	3					5

Рис. 3. Нужно как можно лучше предсказать, какие оценки должны быть в ячейках со знаками вопроса

Рекомендации в онлайн-образовании

Рекомендательные системы позволяют воплотить в жизнь мечты многих студентов о персонализации и адаптивности обуче-

ния, чтобы у преподавателей была возможность учитывать уровень знаний и способности ученика, а сама программа выбора предметов был более гибкой. Для дистанционного обучения эти моменты можно воплотить в жизнь. Ресурсы онлайн-образования можно представить в виде рекомендательной системы, которая советует пользователю, какой урок ему стоит изучить следующим, в зависимости от его предыдущих действий.

Проблема такого подхода может заключатся в том, что пользователям рекомендуется большой курс, который может заинтересовать его, но внутри нет сценария изучения – только линейная модель от урок к уроку.

Таким образом на первое место в рекомендательных системах в онлайн-образовании выходит построение сценариев рекомендаций внутри курса. Это, например, могут быть рекомендации домашних заданий, чтобы увеличить процент их выполнения. Рекомендательная система должна реагировать на действия пользователя, подстраиваясь под его действия, помогая не терять интерес к обучению. Один из главных минусов онлайн-курсов – низкий процент завершения. По статистике из 100 пользователей 10 проходят курс до конца. Чтобы повысить процент завершения курса, необходимо локализовать задачи рекомендаций. Думать не какой курс подойдет определенному человеку, а что делать после того, как он начал учится.

Существует три основных подхода к рекомендациям в онлайн-образовании:

- **Дифференцированное обучение.** Самая простая линейная структура обучения. На начальном этапе создается несколько путей в зависимости от сложности. Ученик выбирает определенную траекторию и следует ей.

- **Персонализированное обучение.** Здесь уже учитываются результаты в процессе обучения. Но когда проводить тест или другую оценку знаний преподаватель задает изначально. В зависимости от успехов учеников их тем и путь меняется. Но пусть все равно задается преподаватель на начальном этапе, а приходят к финалу с разной скоростью и разными дрогами.

- **Адаптивное обучение.** Метод на который нужно ориентироваться. Путь ученика строится в реальном времени. Основными данными выступает успеваемость ученика, как именно он проходит курс, и как это делали до него. Пользователь дает обратную связь, если решил задачи в рамках урока, дать оценку уроку (простой/сложный, понравился/не понравился), добавить в избранное и т.д.

Заключение

Можно сделать вывод, что рекомендательные системы распространены повсеместно и спрос на них будет только расти. В работе были рассмотрены лишь две сферы применения рекомендательных систем, на самом деле их гораздо больше. Были рассмотрены основные методы, которые применяются в системах. Если проводить параллели между различными сферами, то можно сделать вывод, что лучшие результаты получаются на стыке разных методов.

Список литературы

1. *P. Melville, V. Sindhwani;* Recommender systems; Encyclopedia of Machine Learning, 2010

2. *X. Su, T.M. Khoshgoftaar;* A Survey of Collaborative Filtering Techniques; Advances in Artificial Intelligence, 2009

3. *К.В. Воронцов;* Методы коллаборативной фильтрации и тематического моделирования; 2011; [PDF] http://www.machinelearning.ru/wiki/images/9/95/VoronML-CF.pdf

4. *А.Г. Гомзин;* Collaborative filtering (Коллаборативная фильтрация); 2011; [PDF] http://modis.ispras.ru/seminar/wp-content/uploads/2011/11/CFFinal.pdf

THE SCOPE OF RECOMMENDER SYSTEMS

Vdovin P., Shchukina O.
Supervisor: I. Rizaev, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical

University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This article discusses the scope of application of Recommender systems. The algorithms which are based Recommender systems.

УДК 004.7

ПОВЫШЕНИЕ ОПЕРАТИВНОСТИ ОБРАБОТКОЙ БАНКОВСКИХ СООБЩЕНИЙ

Вишняков А.В.
Научный руководитель: Ф.И. Эминов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Выполнен анализ существующих технологий, использующихся в системах взаимодействия для кредитных организаций. Рассмотрена возможность использования технологии межведомственного электронного взаимодействия для повышения эффективности обработки поступающих запросов.

Деятельность банков сопряжена с огромным количеством бумажных и электронных документов, которые предоставляют клиенты, другие банки, вышестоящие и контролирующие организации, кроме тех, что создаются внутри кредитной организации. Обработку данных обеспечивают информационные системы [1], доступ к информационным ресурсам для клиентов и сотрудников обеспечивается информационной сетью кредитной организации [2].

Кредитные организации на территории Российской Федерации, осуществляют банковские операции, в соответствии с федеральным законом «О банках и банковской деятельности». К банковским операциям относятся [3]:

1) привлечение денежных средств физических и юридических лиц во вклады (до востребования и на определенный срок);

2) размещение привлеченных средств от своего имени и за свой счет;

3) открытие и ведение банковских счетов физических и юридических лиц;

4) осуществление переводов денежных средств по поручению физических и юридических лиц, в том числе банков-

корреспондентов, по их банковским счетам;

5) инкассация денежных средств, векселей, платежных и расчетных документов и кассовое обслуживание физических и юридических лиц;

6) обмен иностранной валюты в наличной и безналичной формах;

7) привлечение во вклады и размещение драгоценных металлов;

8) выдача банковских гарантий;

9) осуществление переводов денежных средств без открытия банковских счетов, в том числе электронных денежных средств (за исключением почтовых переводов).

На основании требований Федерального закона № 210-ФЗ организации, выполняющие операции с денежными средствами или иным имуществом должны предоставить по межведомственному запросу необходимые документы и информацию [4].

Все эти операции требуют эффективной банковской системы, обеспечивающей своевременную обработку данных, в частности, требуется автоматизация системы документооборота в электронном виде, обрабатывать документы на бумажном носителе и в электронном виде в соответствии с правилами бухгалтерского учета и требованиями Центрального банка, налоговой службы и других министерств и ведомств.

Для этих целей запущена система межведомственного электронного взаимодействия (СМЭВ), которая позволяет в электронном виде обмениваться информацией между органами власти для оказания государственных и муниципальных услуг и выполнения государственных и муниципальных функций в электронной форме.

СМЭВ включает в себя информационные базы данных, содержащие сведения о применяемых программных и технических средствах для государственных органов и организаций, которые дают возможность доступа через систему взаимодействия к их информационным системам и электронным сервисам, а также сведения об истории движения в системе взаимодействия

электронных сообщений при осуществлении государственных и муниципальных услуг и выполнении государственных и муниципальных функций в электронной форме. Также, СМЭВ включает в себя программные и технические средства, позволяющие осуществить взаимодействие информационных систем органов и организаций.

Физически СМЭВ состоит из восьмидесяти четырёх шин (узлов) Oracle, которые располагаются в семи центрах обработки данных «Ростелекома», находящихся в разных частях России. Один узел СМЭВ выделен для использования федеральным органам власти, оставшиеся распределены по одному на регион. К каждому региональному узлу подключены местные информационные системы (медицинские, статистические и др.), порталы государственных услуг, единая система идентификации и аутентификации, удостоверяющий центр, система нормативно-справочной информации и иные компоненты.

В работе проведен анализ применения технологии межведомственного электронного взаимодействия, используемой для обеспечения выполнения государственных и муниципальных функций в электронной форме; выполнения информационного взаимодействия в электронной форме при предоставлении государственных и муниципальных услуг и исполнении государственных и муниципальных функций. Проведенный анализ является основой для выполнения начального этапа по подготовке к внедрению системы межведомственного взаимодействия, в которой могут быть реализованы различные услуги в рамках единой сети.

Список литературы

1. *Эминов Ф.И.* Информационные технологии управления предприятиями. Казань: Мастер Лайн, 2015. 144 с.

2. *Эминов Ф.И.* Сетевые технологии. Часть 2: Учебное пособие. Казань: ЗАО “Новое знание”, 2006. 52 с.

3. Федеральный закон от 02.12.1990 N 395-1 (ред. от 01.05.2017) «О банках и банковской деятельности». [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/document/

cons_doc_LAW_5842/

4. Федеральный закон от 27.07.2010 N 210-ФЗ (ред. от 28.12.2016) «Об организации предоставления государственных и муниципальных услуг». [Электронный ресурс] URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=201538&fld=134&dst=100024,0&rnd=0.9550467367490123#0

IMPROVING OPERATIONALITY BY PROCESSING BANKING MESSAGES

Vishnyakov A.
Supervisors: F. Eminov, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical
University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

An analysis of existing technologies used in the systems of interaction for budget organizations is carried out. The possibility of using the technology of inter-agency electronic interaction is considered, in order to improve the efficiency of processing incoming requests.

УДК 621.384.3

СПОСОБ РАСПОЗНАВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ НА ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ С СУБПИКСЕЛЬНОЙ ТОЧНОСТЬЮ

Габдуллин И.М.[1,2], Агафонова Р.Р.[1,2], Мингалев А.В.[2]
Научный руководитель: М.В. Медведев, к.т.н., доцент
(1- Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань,
2-АО «Научно-производственное объединение «Государственный институт прикладной оптики», г. Казань)

Представлен способ распознавания и определения координат тест-объектов типа «Перекрестие» на тепловизионных изображениях с субпиксельной точностью.

При автоматизации технологических процессов настройки и проверки таких параметров тепловизионных приборов, как: автоматическая температурная калибровка оптического тракта тепловизионного прибора, автоматическое вычисление функции передачи модуляции, разность температур, эквивалентная шуму, автоматическое измерение размеров угловых полей зрения, основными вопросами являются решение задач обнаружения, распознавания и вычисления координат тест-объектов на тепловизионном изображении без участия оператора [1].

Для выполнения автоматизированного измерения размеров угловых полей зрения используется тест-объект типа «Перекрестие» (далее тест-объект), представленный на рисунке 1. В процессе автоматизированного измерения размеров угловых полей зрения необходимо распознать тест-объект и вычислить его координаты в кадре с субпиксельной точностью для обеспечения контроля положения тест-объекта [2].



Рис. 1. Изображение тест-объекта для измерения размеров угловых полей зрения

Алгоритм представленного способа распознавания и определения координат тест-объектов типа «Перекрестие» на тепловизионных изображениях с субпиксельной точностью выглядит следующим образом.

На вход алгоритма поступает тепловизионное изображение, в котором с помощью корреляционно-экстремального сопоставления вычисляются координаты области местоположения тест-объекта в кадре с точностью в несколько пикселей. В данной области выделяются строки, после чего они интерполируются (рисунок 2) и далее вычисляется первая производная яркости (рисунок 3).



Рис. 2. Интерполированная строка



Рис. 3. Первая производная яркости

Далее находятся номера столбцов, которые пересекают ось абсцисс и находятся между максимальным и минимальным значениями первой производной яркости. Таким образом находятся все точки линии тест-объекта по горизонтали и вертикали. Затем по найденным точкам строятся уравнения двух прямых и находится точка их пересечения, которая является центром перекрестия [3].

На рисунке 4 представлена блок-схема работы алгоритма.

В результате автоматизации распознавания и определения координат тест-объектов типа «Перекрестие» на тепловизионных изображениях с субпиксельной точностью при измерении угловых полей зрения тепловизионного прибора была решена проблема отслеживания ухода тест-объекта за край изображения без участия оператора. Представленный алгоритм программно реализован и опробован в АО «НПО ГИПО» при серийном производстве тепловизионных каналов.

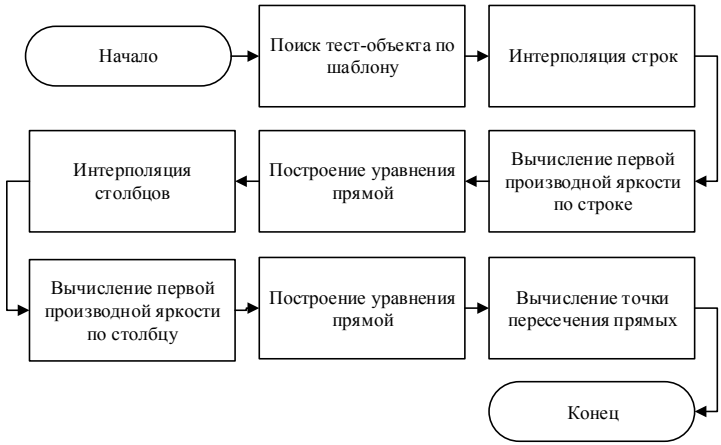


Рис. 4. Блок-схема алгоритма поиска перекрестия тест-объекта

Список литературы

1. *Иванов В.П., Курт В.И., Овсянников В.А.* Моделирование и оценка современных тепловизионных приборов. // Образовательная литература. 2006. 594с.

2. *Шульман М.Я.* Измерение передаточных функций оптических систем // Машиностроение. 1980. 208 с.

3. *Гонсалес Р.* Обработка цифровых изображений // Техносфера. 2005. 114 с.

A METHOD TO RECOGNIZE AND IDENTIFY THE COORDINATION OF TEST-OBJECTS ON THERMAL IMAGES HAVING SUBPIXEL ACCURACY

Gabdullin I.[1,2] Agafonova R.[1,2], Mingalev A.[2]
Supervisor: M. Medvedev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(1- Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan, 2-JSC "Scientific and Production Association "State Institute of Applied Optics", Kazan)

The paper presents a method to recognize and identify the coordination of “Aligned targets” test-objects on thermal images having subpixel accuracy.

УДК 535.399

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СЧИТЫВАНИЯ УГЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ РЕФРАКТОМЕТРА

Гаврилов А.Б.
Научный руководитель: Ю.К. Евдокимов, профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В работе приведена разработка модернизированной системы считывания угловой информации в рефрактометре. Техническим результатом является автоматизация измерений, расчетов и снижение требований к контролю температуры. Представленная система позволяет автоматизировать измерения и расчеты, а также обеспечить автоматическую температурную компенсацию.

При выполнении работы были изучены аналоги рефрактометров. Были выявлены характерные особенности, типовые значения показателей быстродействия и точности.

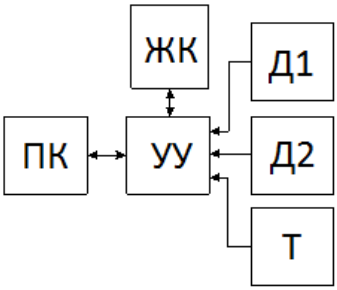


Рис. 1. Структурная схема считывания угловой информации
ЖК – жидкокристаллический дисплей; ПК – персональный компьютер;
УУ – устройство управления; Д1 и Д2 – датчики положения вала;
Т – термодатчик

Определены основные недостатки. Сделаны выводы, которые были учтены в последующей разработке системы считывания ин-

формации.

Из поставленной задачи нам требуется посредством двух датчиков осуществлять определение положения двух валов, с последующим выводом данных на ЖК-дисплей и ПК. Так же сопоставить значение отклонения с измеряемыми конечными системами координат. Используя температурный датчик осуществлять термокомпенсацию. Преимуществом схемы является единое устройство управления и вывода данных.

В соответствии с предложенной структурной схемой получена функциональная схема Рис.2.

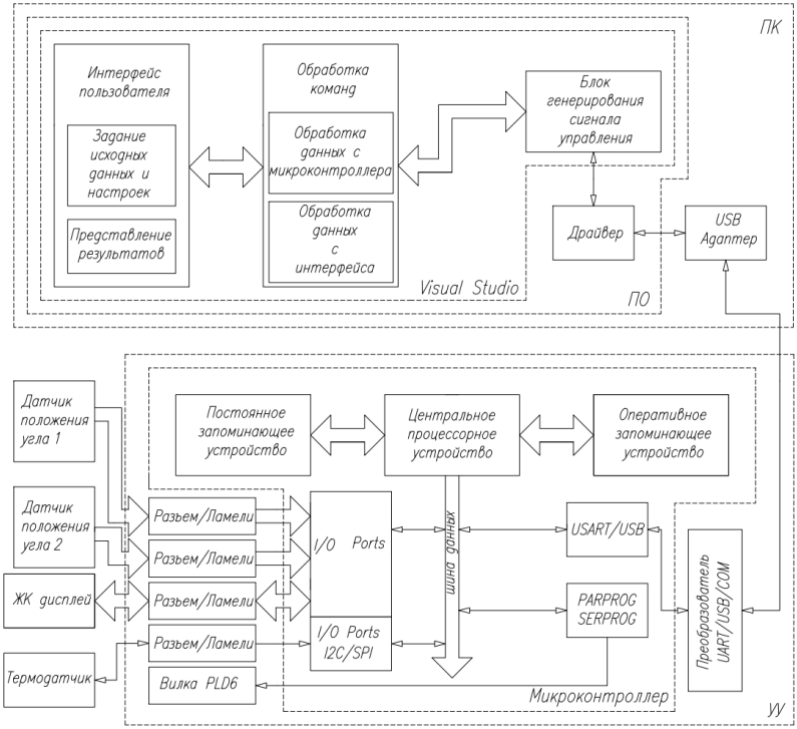


Рис. 2. Функциональная схема. ПК – персональный компьютер, ПО – программное обеспечение, УУ – устройство управления

Предложен алгоритм работы, состоящий из следующих шагов:

1. Подключение прибора.
2. Установка начального положения энкодеров.
3. Передача данных с датчиков на дисплей и на ПК. Отображение коэффициента nD (коэффициент преломления), значения Z (показания компенсатора Амичи), значения температуры Т.
4. Готовность к работе. Выполнение подсчета импульсов энкодера и отправка данных с МК.

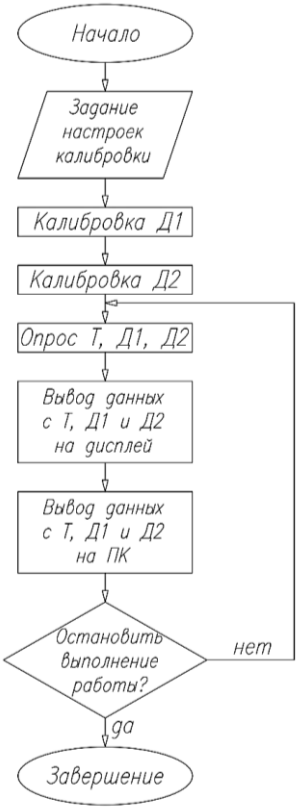


Рис. 3. Блок-схема алгоритма работы МК

MODERNIZATION OF THE SYSTEM FOR READING THE ANGULAR INFORMATION OF THE REFRACTOMETER

Gavrilov A.
Supervisor: Yu. Evdokimov, Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The publication shows the development of the upgraded system read the angular information in the Refractometer. A Refractometer is a device intended for measurement of refractive index and average dispersion of solid and liquid non-aggressive environments. The technical result is to automate the measurements, calculations, and reduce the requirements for temperature control.

УДК 535.399

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ ДИСПЕРСИИ РЕФРАКТОМЕТРА

Гаврилов А.Б.
Научный руководитель: Ю.К. Евдокимов, профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В работе приведены алгоритм и порядок расчета средней дисперсии рефрактометра. Рефрактометр является прибором, предназначенным для измерения показателя преломления и средней дисперсии неагрессивных твердых и жидких сред. Полученным результатом является автоматизация измерений.

Алгоритм работы (Рис.2):

1. Чтение поступающих данных. Вывод данных на лицевую часть интерфейса. На экране (Рис. 1) отображается коэффициент nD, BRIX, значение Z, значение температуры.
2. Ввод значений nD, Brix и температуры в окне пользователя.

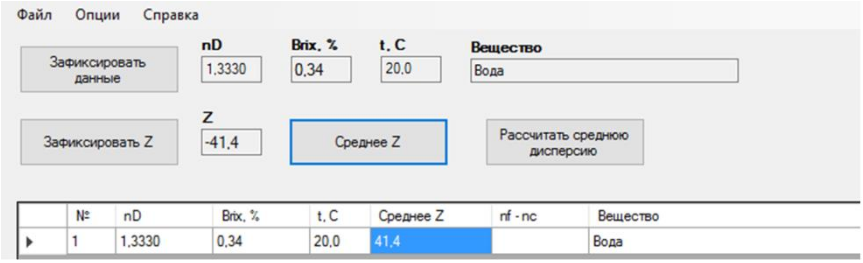


Рис. 1 Лицевая часть программы. Пример для воды

3. Сохранение значений Z.
4. Расчет среднего арифметического значения Z.
5. Расчет средней дисперсии и сохранение значения.
6. Сохранение показаний в виде конечного файла, с возможностью последующего открытия.

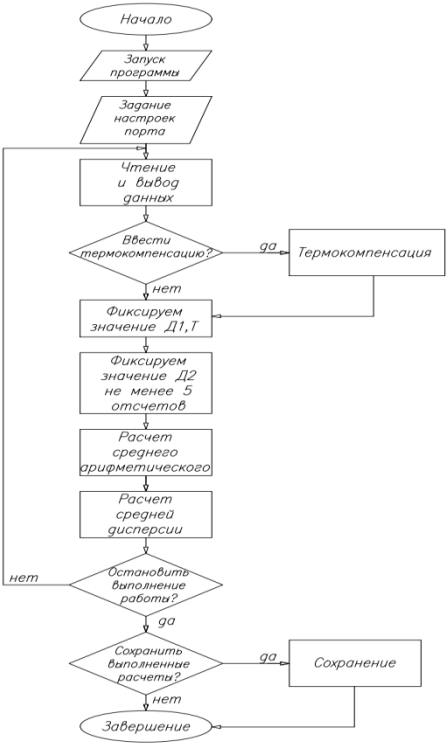


Рис. 2. Блок-схема алгоритма работы программы

Рассмотрим пример определения средней дисперсии для дистиллированной воды. Для воды угол преломления nD=1,3330 при температуре 20˚С. Введем значения Z (по шкалы компенсатора Амичи).

Таблица 1

Значения Z

	№	Величина Z с одной стороны	Величина Z с другой стороны
▶	1	41,4	41,4
	2	41,4	41,3
	3	41,4	41,3
	4	41,5	41,5
	5	41,3	41,5

Находим среднее арифметическое значений Z таблицы 1. Z=41,4. Находим среднюю дисперсию nF – nC

nF–nC=A+Bσ=0,023715–0,03165•0,562=0,00593 (1),

где A и B - табличные значения для угла преломления nD = 1,3330, σ - табличные значения для среднего арифметического значения Z.

Вычисления производится автоматически программой по мере заполнения входных данных.

AUTOMATION OF THE CALCULATION OF THE AVERAGE DISPERSION OF THE REFRACTOMETER

Gavrilov A.
Supervisor: Yu. Evdokimov, Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The report shows the development of average dispersion of the Refractometer. A Refractometer is a device intended for measurement of refractive index and average dispersion of solid and liquid non-aggressive environments. The technical result is to automate calculations and reduce user actions.

УДК 004.93'12

НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ПОРОКОВ СЕРДЦА

Ганиева Г.А.
Научный руководитель: В.А. Суздальцев
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Рассматриваются нечеткие модели и правила принятия решений при диагностике. Решается задача построения и определения степени истинности правил диагностики.

Болезни сердца и сосудов являются основными в 21 веке. Лидирующую позицию занимают пороки сердца. Пороки сердца бывают врожденными (ВСП) и приобретенными (ППС). Одной из самых серьезных патологий являются врожденные пороки сердца. Мировая статистика показывает, что частота рождения детей с врожденными пороками составляет 0,8-1,2 % от всех новорожденных. Социальная значимость проблемы пороков сердца обусловлена не только общераспространенностью данной патологии. Но тем, что почти все дети с диагнозом ВПС без своевременной неотложной терапии и хирургической помощи умирают: около 50 % ВПС считаются критическими пороками развития периода новорожденности, 15 % детей остаются инвалидами.

Данная статистика по исследуемой патологии повышает актуальность диагностирования пороков сердца на ранней стадии для своевременного выявления и обеспечения качественного лечения.

Рассмотрим нечеткую модель принятия решений при диагностике пороков сердца новорожденных. Оценка степени истинности высказывания о присутствии пороков сердца основанная на множестве нечетких правил [1, 2] сводит к вычислению следующего выражения:

$$y = \frac{\sum_{l=1}^{L} \rho_{l1} \left(\prod_{j=1}^{n} \left(\exp\left[- \left(\frac{p_j - \overline{p}_{lj}}{\sigma_{lj}} \right)^2 \right] \right) \right)}{\sum_{l=1}^{L} \sum_{s=0}^{m_0} \rho_{ls} \left(\prod_{j=1}^{n} \left(\exp\left[- \left(\frac{p_j - \overline{p}_{lj}}{\sigma_{lj}} \right)^2 \right] \right) \right)},$$

где ρ_{ls} – степень истинности правила, p_j – частота наступления нештатной ситуации при известном значении признака j, $j = 1,n$, $\overline{p}_{lj}$ и σ_{lj} - соответственно «центр» и «ширина» функции принадлежности нечеткого множества определяющего значение j-ой ЛП в высказывании l - ой посылки.

После введенных обозначений выражение (1) принимает вид:

$$y = \frac{\sum_{l=1}^{L} \rho_{l1} v_l}{b}, \text{ где } b = \sum_{l=1}^{L} \sum_{s=0}^{m_0} \rho_{ls} \left(\prod_{j=1}^{n} \left(\exp\left[- \left(\frac{p_j - p_{lj}}{\sigma_{lj}} \right)^2 \right] \right) \right),$$

$$v_l = \prod_{j=1}^{n} u_{lj}, \quad u_{lj} = \exp\left[- \left(\frac{p_j - \overline{p}_{lj}}{\sigma_{lj}} \right)^2 \right].$$

Рассмотрим задачу определения параметров $\rho_{ls} (l = 1, L, s = \{0,1\}, \rho_{ls} \in \boldsymbol{P})$ функции (1).

Пусть известна обучающая выборка:

$$W = \left\{ \left(x_q, y_q \right) / \, q = 1,Q \right\},$$

где $x_q = (x_{q1}, x_{q2}, \ldots, x_{qn},)$ – значения признаков присутствующих в элементе выборки q $(q = 1,Q)$, а y_q – признак нештатной ситуации, принимающий значение единица при наступлении нештатной ситуации и значение ноль при ее отсутствии.

Считается известным множество отображений: h_j: $X_j \to P$, каждое из которых определяет значение частоты наступления нештатной ситуации при известном значении j-ого признака, $j = 1,n$.

Задача определения параметров $\rho =< \rho_{11}, \rho_{21}, \dots, \rho_{L1}, \dots, \rho_{L0} >$ функции (1) сводится к нахождению такого вектора ρ, который обеспечивает минимальное значение (2) на обучающей выборке $V = \{(p_q , y_q)/ q = 1,Q\}$, где $p_q = (p_{q1}, p_{q2}, \dots, p_{q\,n})$ – вектор частот наступления нештатной ситуации при известных значениях признаков x_q ($p_{qj} = h_j(x_{qj})$, $j = 1,n$), $q = 1,Q$:

$$e = \sum_{q=1}^{Q} (y_q - f(\rho, p_q))^2 \to min, \tag{2}$$

где $f(\rho, p_q)$ значение функции (1) при известных значениях частот q-ого элемента выборки v_q, $q = 1,Q$,.

Для определения параметров $\rho_{ls} (l = 1, L, s = \{0,1\}, \rho_{ls} \in \boldsymbol{P})$ используется градиентный метод.

В начале обучения, на нулевом шаге ($t = 0$), значениям ρ_{ls} присваивается значение равное 0,5 $(\rho_{ls}(0)=0,5)$. На следующих шагах ($t + 1$) при анализе q-ого элемента ($q = 1,Q$) выборки определяется «новое» значение $\rho_{ls}(t+1)$ на основе «старого» значения $p_{ls}(t)$:

$$\rho_{ls}(t+1)=\rho_{ls}(t)+\eta(y_q - f_q(\rho, p_q))\rho_{ls}(t)v_l(t),$$

где ρ_{ls} – степень истинности правила, параметр η – определяет скорость обучения и задается на интервале от нуля до единицы, y_q – признак нештатной ситуации эталона, $f_q (\rho,\rho_q)$ – оценка признака нештатной ситуации эталона, $v_l (t)$ – степень истинности посылки. Алгоритм градиентного метода изображен на рис.1.

Рассмотрим этапы подготовки правил диагностики. Схема диагностирующей системы представлена на рис. 2.

1. Выбор признаков.
2. Подготовка выборки эталонов.

3. Повышение качества выборки: удаление признаков с неизвестными и постоянными значениями, устранение ошибок, восстановление пропущенных значений.

4. Проведение корреляционного анализа и выбор наиболее информационных признаков (7-10 признаков).

5. Переход в вероятностное пространство.

6. Разбиение выборки на обучающую и контролирующую.

7. Определение множества правил (заключения, посылки, правила).

8. Обучение и определение степени истинности правил.

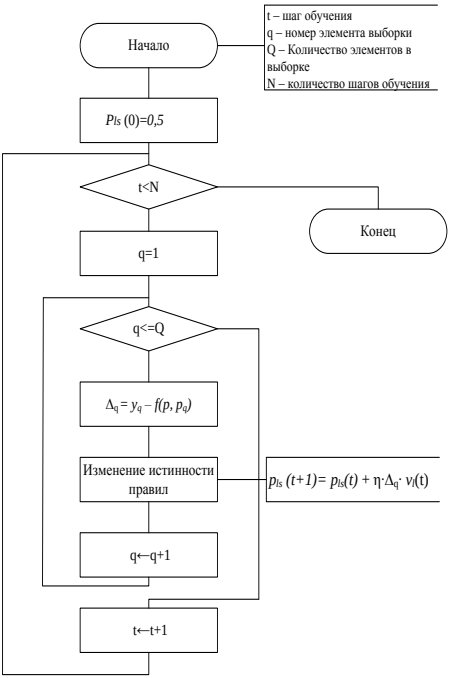


Рис. 1.

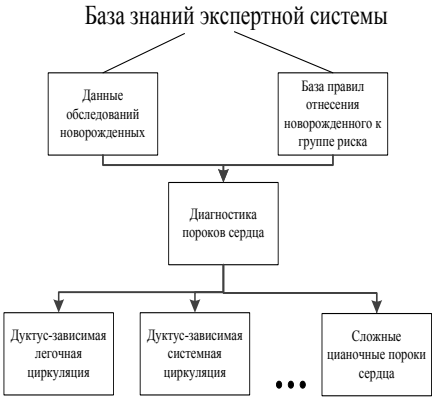


Рис. 2.

В ходе исследования были получены оценки условной вероятности выявления порока сердца при данных значениях признака. Таблица признаков порока сердца изображена в таблице 1.

Таблица 1

Начало. Признаки пороков сердца

№	Название признака НС	m_j	Значение	Оценка условной вероятности $P(НС/x_j)$
1	Характеристика периферического пульса (Качественный признак)	3	Удовлетворительного наполнения	0
			Снижен на бедренной артерии	0,33
			Симметрично снижен на конечностях	0,67
2	Цвет кожных покровов (Качественный признак)	5	Физиологическая	0
			Акроцианоз или цианоз НГТ	0,5
			Мраморность с серовато-тым колоритом	0,5
			Тотальный цианоз	0,5
			Другой цвет кожных покровов	0
3	Диурез (Качественный признак)	3	Нормальный	0
			Стимулируется мочегонными	0,52
			Олигурия, переходящая в анурию	1
4	Проба с дыханием 100% кислородом (Качественный признак)	2	Положительная	0
			Отрицательная	1
5	Артериальное давление на руках и ногах (Качественный признак)	2	Равное	0
			Постоянный градиент более 30 мм рт.ст.	1
6	Сатурация кислородом Количественный признак)	4	95-100 %	0
			90-95 %	0,33
			80-90 %	0,67

			< 80 %	1
7	Кислотно щелочное состояние pO2 (Качественный признак)	3	Норма	0
			Умеренно снижено	0,5
			2) Менее 30 мм рт ст	1
8	Дуктус-зависимая системная циркуляция (Качественный признак)	2	Да	0
			Нет	1

Оценка результатов обучения осуществлялось на контролирующей выборке (таблица 2): решение о дуктус-зависимой легочной циркуляции принималось при прогнозируемой частоте превышающей g:

Таблица 2

Оценка результатов обучения

Порог принятия решения (g)	0.2
Ошибки первого рода (ложная цель)	8%
Ошибки второго рода (пропуск цели)	3%

Список литературы

1. *Аляутдинова Ф.Р., Суздальцев В.А.* Формирование обучающих выборок для машинного обучения в задачах распознавания образов//Юность и Знания -Гарантия Успеха – 2015. Сборник научных трудов. Курск, 2015. С. 246-248.

2. *Суздальцев В.А., Суздальцев И.В., Чермошенцев С.Ф., Богула Н.Ю.* Формирование объяснения решений экспертной системой при классификации объектов //Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM 16): сб. докл. Межд. конф. – СПб, 2016. Т. 2. с. 7- 9.

3. *З.И. Аскарова, В.А. Суздальцев В.А., И.Х. Сабиров, А.А. Хасанов,* «Прогнозирование группы риска беременных женщин по развитию аномалий сократительной деятельности матки».

«Информационные технологии в науке, образовании и производстве: Материалы Всероссийской научной конференции. 30-31 мая 2007 года. Казань: Из-во Казан. Гос. Техн. Ун-та, 2007.»

4. *D. Rutkowska, M. Pilinski, L. Rutkowska.* Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa Lodz, 1999.

FUZZY DECISION MODELS FOR THE DIAGNOSIS OF HEART DEFECTS

Ganieva G.
Supervisor: V. Suzdaltsev
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In the article Fuzzy models and methods for obtaining rules are considered. The problem of determining the degree of truth of the diagnostic rules is being solved.

УДК 004.67

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ МЕТОДОМ АНАЛИЗА АССОЦИАТИВНЫХ ПРАВИЛ

Гараева А.Р.
Научный руководитель: И.В. Аникин, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Одной из наиболее распространенных Data Mining задач является задача обнаружения пространственных шаблонов совместного размещения объектов (англ. Co-location Pattern). Главная цель данной работы разработать программный комплекс для выявления шаблонов совместного размещения в больших пространственных данных методом анализа ассоциативных правил.

Введение

В век информационных технологий, огромное количество цифровых устройств производят огромное количество пространственно-временных данных. Пространственные данные относятся к категории больших данных, которые требует эффективных технологий хранения, обработки и анализа. Тем не менее, стек современных технологий, который был разработан для обработки и хранения больших данных, например Apache Hadoop [1] и Apache Spark[2], не поддерживает функции для анализа пространственных данных. Тем не менее, интеллектуальный анализ пространственных данных требует технологий распределенной обработки и хранения. Интеллектуальный анализ пространственных данных (англ. Spatial Data Mining)[3] – совокупность Data Mining технологий, которые используются для извлечения потенциально полезных знаний из геоинформационных источников, примером таких задач может выступать проблема выявления интересных закономерностей между пространственными объектами. Данные закономерности называются шаблонами совместного размещения пространственных объектов (англ. Co-location Pattern), которые отражают закономерность появление некоторых пространственных объек-

тов в географической близости, относительно других пространственных объектов. Примером шаблона совместного размещения может служить следующий пример из биологии, симбиотические отношения Нильского крокодила) и птиц вида «Египетский Бегунок» {1}.

$$Nile\ Crocodile => Egyptian\ Plover\ (94\ \%) \qquad \{1\}$$

Методы анализа ассоциативных правил для обнаружения пространственных шаблонов совместного размещения объектов

Анализ ассоциативных правил[3] основан на выявлении часто встречающихся шаблонов (англ. Frequent Pattern Mining) в транзакционных базах данных с применением Априори-подобных (англ. Apriori-like) алгоритмов. Впервые, анализ ассоциативных правил был использован для анализа потребительской корзины в магазинах. В отличие от проблемы анализа потребительской корзины, в пространственных данных транзакции явным образом не определены, так как пространственные объекты заключены в непрерывное географическое пространство. Таким образом, для идентификации транзакций в пространственных данных были предложены следующие подходы [3]:

Метод опорного свойства (англ. reference feature approach) применим для решения задач нахождения шаблонов совместного размещения пространственных объектов, где необходимо выявить пространственные отношения между объектами с определенными свойствами и другими объектами. Данный подход основан на вычислении расстояний между объектами с опорными свойствами и другими объектами, путем вычисления расстояния между ними. Таким образом, полученные наборы свойств пространственных объектов, найденные вокруг объектов с искомым свойством.

Метод пространственного деления (англ. window centric mode, spatial partitioning approach) [3] – подход для выявления транзакций в пространственных данных, который используется для нахождения отношений между пространственными объектами путем разделения пространства на непересекающиеся регионы. Таким образом, после того как пространственная область была разделена, все объекты, которые оказались заключены в пределах этих разделенных участках, именуются как транзакции. Пространствен-

ная область интереса делится на равные, непересекающиеся прямоугольные области, так называемое пространственное деление на основе сетки (англ. spatial grid-based partitioning). После того как набор транзакций определен, применяется *Apriori-like* алгоритм для выявления ассоциативных правил [3].

Программный комплекс обнаружения пространственных шаблонов

В качестве основой платформы для разработки программного комплекса был выбран Apache Spark[2]. Кроме того, Spark MLlib имеет в своем составе алгоритм FP-Frowth[5] для анализа ассоциативных правил. Первый этап анализа пространственных шаблонов – процесс идентификации транзакций в пространственных данных, второй – применение Apriori-like алгоритма для выявления пространственных шаблонов. В рамках данной работы для реализации рассматриваются два метода для получения набора транзакций. Библиотека GeoSpark[6] выбрана в качестве внешней библиотеки для обработки пространственных данных. Диаграммы решения задач по выявлению пространственных шаблонов совместного размещения объектов представлены на рисунках 3 и 4.

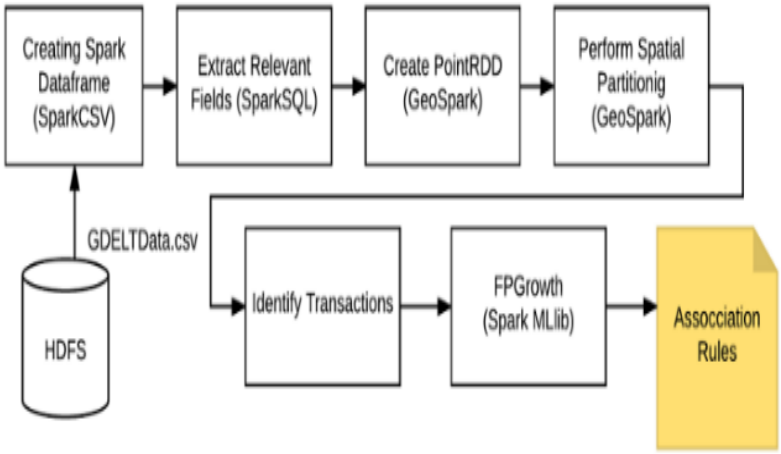


Рис. 3. Диаграмма выявления пространственных шаблонов - window centric approach

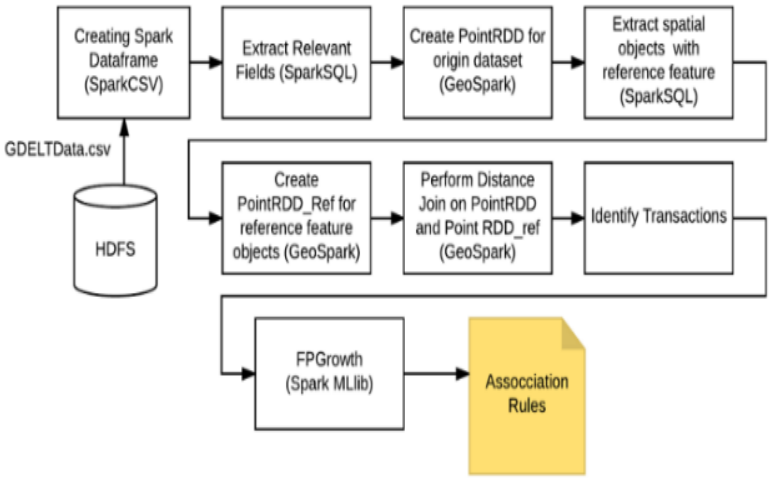


Рис. 4. Диаграмма выявления пространственных шаблонов – reference feature approach

Оценка производительности и эксперименты

В качестве входных пространственных данных были выбраны GDELT – данные[7]. GDELT– большой набор пространственных данных, который в основном содержит информацию о социальных и геополитических событиях со всего мира. В рамках данной работы тип события используется как ключевое свойство для анализа пространственных шаблонов. Таким образом, пространственные шаблоны имеют следующий вид:

$$[EventType_1,\ldots,EventType_s]\rightarrow[EventType_p]$$

Для проведения экспериментов использовался Spark кластер, который состоит из пять узлов со следующими характеристиками: CPU каждой машины: CPU per worker: 2x6 cores (2x HyperThreading) Intel Xeon CPU E5- 2640, @2.50 GHz; 2) Память каждой машины (RAM): 128 GB RAM. Была произведена оценка производительности этапа формирования транзакций и этапа выявления ассоциативных правил (Рис.5,6).

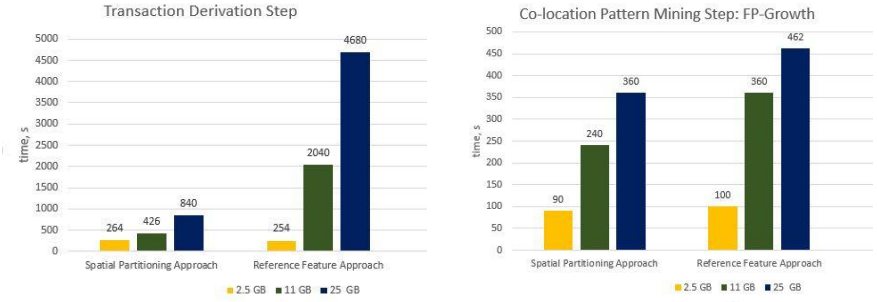


Рис. 5-6. Оценка производительности для этапа нахождения транзакций и этапа получения ассоциативных правил

Результаты экспериментов показывают, что соответствующие пространственные объекты, которые были найдены для правил совместного размещения, расположены в географической близости, как и ожидалось (Рис.7).

[173,020,010]=>[043], 0.93793
[Arrest, detain, or charge with legal action, Appeal, not specified below, Make statement, not specified below]=>
[Host a visit], 0.93793



Рис.7. Пример полученного пространственного шаблона

Заключение

В рамках данной работы был реализован программный комплекс для выявления шаблонов совместного размещения объектов в больших пространственно-временных данных, основанный на анализе ассоциативных правил с применением алгоритма FP-Growth. Данный программный комплекс [7] имеет возможность обрабатывать большие данные в распределенной среде.

Список литературы

1. *J.F. Roddick, M. Spiliopoulou*, "A Bibliography of Temporal, Spatial and Saptio-Temporal Data Mining Research.," *In Proc. of SIGKDD Explorations 1*, 1999.
2. "Apache Hadoop," [Online]. Available: http://hadoop.apache.org.
3. "Apache Spark," [Online]. Available: http://spark.apache.org.
4. *R. Agarwal and R. Srikant*, Fast Algorithms for Mining Association Rules, In Proc. of the 20th Int'l Conference on Very Large DataBases, 1994.
5. *J. Yu, J. Wu, and M. Sarwat. 5*, "Geospark: A cluster computing framework for processing large-scale spatial data.," In SIGSPATIAL GIS, 2015.
6. "Global Database of Events, Language, and Tone (GDELT)," [Online]. Available: http://gdeltproject.org.
7. "Framework for co-location pattern mining.," [Online]. Available: https://github.com/crazyalin92

FRAMEWORK FOR CO-LOCATION PATTERNS MINING IN BIG SPATIAL DATA USING ASSOCIATION RULE BASED APPROACH

Garaeva A.
Supervisor: I. Anikin, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

Spatial data mining is a subclass of data mining, which mainly focuses on obtaining explicit knowledge, spatial relations and interesting patterns from spatial data. This work is mainly focused on development of a framework for co-location patterns mining in big spatio-temporal data.

УДК 004.932

РАСПОЗНАВАНИЕ ЛЮДЕЙ В ВИДЕОПОТОКЕ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОСЕТИ

Герасимов Н.В., Медведев М.В.
Научный руководитель*:* М.В. Медведев, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В работе рассматривается реализация системы распознавания людей в видеопотоке при помощи нейросети прямого распространения. В качестве входных данных для нейросети используются инвариантные моменты контура движущегося объекта.

Распознавание людей является одной из самых бурно развивающихся областей компьютерного зрения. Во многом это связано с тем, что данная область имеет большое количество применений на практике: в охранных системах, для рекламы и пр. Данные системы значительно упрощают контроль над большим количеством помещений, территорий, прилежащих к зданиям, и других объектов, за которыми требуется контроль.

Целью создания предлагаемой системы автоматического распознавания людей в видеопотоке является повышение эффективности распознавания людей на изображениях и видеопоследовательностях.

В качестве признаков используются инвариантные моменты контура. Для получения контуров используется метод Собеля. Выбор данных признаков обусловлен тем, что они инвариантны к изменениям масштаба, вращению и перемещению. Также инвариантные моменты представляют собой численную характеристику контура объекта, тем самым позволяя использовать их в виде входных данных для нейросети. Вычисление контуров происходит по следующим формулам:

$$hu[0] = \eta_{20} + \eta_{02}$$
$$hu[1] = (\eta_{20} + \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2$$
$$hu[2] = (\eta_{30} + 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} + \eta_{03})^2$$

$$hu[3] = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2$$

$$hu[4] = (\eta_{30} + 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (3\eta_{21} - \eta_{03})(3\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]$$

$$hu[5] = (\eta_{20} + \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})$$

$$hu[6] = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] - (\eta_{30} + 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2],$$

где *hu*[0]-*hu*[6] – инвариантные моменты контура.

Нормализованные центральные моменты η_{ij} получены по формуле

$$\eta_{ij} = \frac{\mu_{ij}}{\mu_{00}^{(1+\frac{i+j}{2})}},\ i,j = (0,3).$$

Центральные моменты контура μ_{ij} получены по формуле

$$\mu_{pq} = \sum_{i=0}^{N}\sum_{j=0}^{M}\left(x - x_{avg}\right)^p\left(y - y_{avg}\right)^q I(x,y),\quad p,q = (0,3),$$

где p – порядок x, q – порядок y. Порядок означает мощность, на которой соответствующий компонент взят в сумме с другими отображенными.

Центры масс (центроиды) x_{avg}, y_{avg} и момент контура M_{ij} находятся по формулам:

$$x_{avg} = \frac{M_{10}}{M_{00}};\qquad y_{avg} = \frac{M_{01}}{M_{00}}$$

$$M_{ij} = \sum_{i=0}^{N}\sum_{j=0}^{M} x^i y^j I(x,y)$$

где *N*,*M* – количество пикселей изображения по координатам *X* и *Y*, *x*, *y* – координаты пикселей контура, *I*(*x*,*y*) – значения яркости пикселя с координатами *x* и *y* [1].

Результат распознавания человека при помощи инвариантных моментов его контура представлен на рис. 1.



А Б

Рис. 1. Распознавание человека в видеопотоке:
а – исходное изображение, *б* – распознанный человек

В качестве математического аппарата распознавания образов используется нейронная сеть. Применение нейронных сетей позволяет в кратчайшее время решать самые разнообразные задачи, возникающие при анализе изображений: распознавание, классификация, подавление шумов, аппроксимация и т.п. Важнейшим свойством нейросетей является способность к обобщению: научившись на нескольких примерах решать задачи какого-либо класса, она становится способной давать разумные решения для всех задач из того же класса.

Для обучения нейросети была использована тестовая выборка, которая включала в себя 30 векторов входных данных, представляющих собой инвариантные моменты контуров различных людей. Каждый вектор содержит в себе численные значения 7 инвариантных моментов, 7 значений разности инвариантных моментов текущего кадра и предыдущего, а также площадь контура. Было произведено нормирование выборки, в результате чего значения факторов в выборке были сведены к диапазону от 0 до 1, а также произведен корреляционный анализ тестовой выборки, вследствие этого были выбраны 12 признаков, существенно влияющих на результат распознавания человека в кадре.

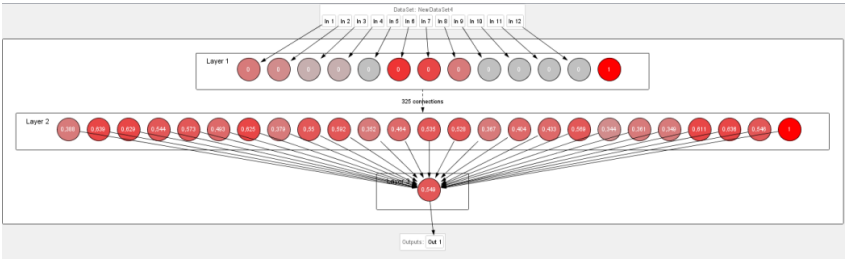


Рис. 2. Структура нейросети

На рис. 2. изображена структура нейросети прямого распространения ошибки (многослойный персептрон). Она включает в себя 3 слоя: 1 слой включает 12 нейронов, на которые передаются входные данные, и 1 дополнительный нейрон, необходимый для смещения, на который всегда будет подаваться единичный сигнал. Второй слой состоит из 24 нейронов и 1 дополнительного нейрона, третий слой состоит из одного выходного нейрона. Четкого алгоритма для выбора количества слоев, а также количества нейронов во внутренних слоях нет. Структура нейросети, используемая в данной работе, подобрана эмпирическим способом.

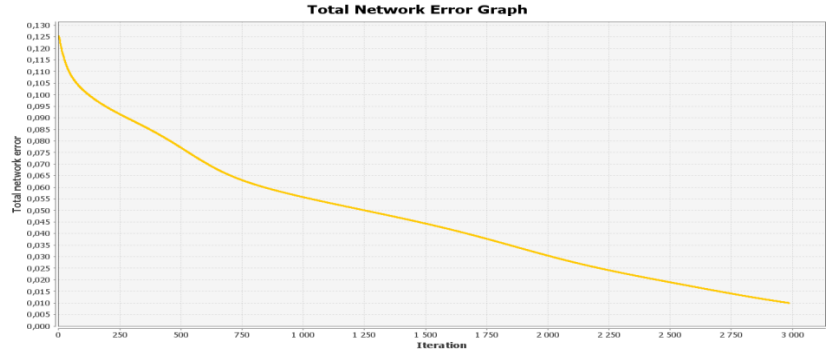


Рис. 3. Кривая зависимости среднеквадратичной ошибки от количества итераций при обучении нейросети

Обучение нейросети происходило до тех пор, пока среднеквадратичная ошибка не была равна 0,01. (рис. 3) Для этого понадобилось провести более 3000 итераций.

Для тестирования была отобрана выборка размерностью в 25 векторов. Общая среднеквадратичная ошибка составляет 0,02821. Ошибка получилась небольшая, что в целом говорит о хорошем качестве распознавания.

Полученная система распознавания людей в видеопотоке позволяет с большой точностью определять наличие людей в видеопоследовательностях.

Список литературы

1. *Гонсалес, Р.* Цифровая обработка изображений [Текст]:/ Р. Гонсалесс, Р. Вудс, Москва: Техносфера, 2005. – 1072 с.

2. *Лукьяница, А.А.* Цифровая обработка видеоизображений [Текст]:/ А.А. Лукьяница, А.Г. Шишкин, Москва: Ай-Эс-Эс Пресс, 2009. – 518с.

RECOGNITION OF PEOPLE IN VIDEO BY NEURO NETWORK

Gerasimov N., Medvedev M.
Supervisor: M. Medvedev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this paper we consider the implementation of the system for recognizing people in a video stream using a direct distribution neural network. As input data for the neural network the invariant moments of the contour of the moving object are used.

УДК 004.67

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОРОД В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЕ DEDUCTOR

Гибадуллин А.Р.
Научный руководитель: И.С. Ризаев, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассматривается методы кластеризации и классификации минеральных пород по каналам спутника дистанционного зондирования Земли Landsat – 8.

В рамках данной работы разрабатывается интеллектуальная система для поддержки принятия решения. Предметной областью данной интеллектуальной системы является задача классификации.

В качестве входных данных будут использоваться данные спектральной яркости минеральных пород. Поиск минеральных пород будет осуществляться на снимках, полученных со спутника дистанционного зондирования Земли: Landsat – 8.

Спутник Landsat 8 получает данных, применяя два комплекта инструментов: Operational Land Imager (OLI) и Thermal InfraRed Sensor (TIRS). 1-ый комплект получает изображения в 9 диапазонах видимого света и ближнего инфракрасного излучения (ИК), 2-ой комплект - в 2 диапазонах дальнего (теплового) ИК (рис. 1).

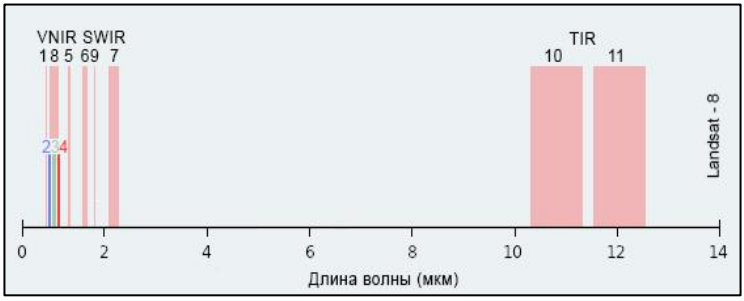


Рис. 1. Характеристика спектральных диапазонов спутника Landsat 8

В данной работе мы рассмотрим метод построения решающих деревьев с использованием средств, входящих в состав системы Deductor.

Deductor Studio — программа, для реализации механизмов получения информации из случайного источника данных с полным циклом обработки (очистка, трансформация данных, построение моделей), отображения результатов наиболее удобным образом (OLAP, диаграммы, деревья и т. д.) и экспорта полученных результатов.

Мастер импорта. Выборка исходных данных для data mining будет содержать следующие параметры: «X», «Гранит», «Базальт», «Гранодиорит», «Антозонит», «Диорит», «Известняк», «Известняк (доломитовый)», «Известняк (оолитовый)».

На рис. 2 представлены значения коэффициентов спектральной яркости для различных объектов — кривой спектральной яркости.

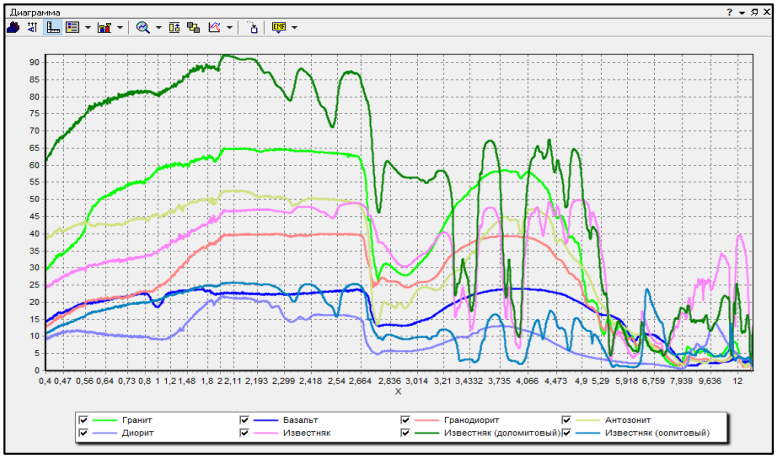


Рис. 2. Значение кривой спектральной яркости объектов

Горизонтальная ось соответствует длине волны выбранных объектов (мкм), а вертикальная ось значениям отражательной способности объектов в процентах (%).

Алгоритм фильтрации. Обработчик «фильтрация» предназначен для исключения из набора данных записей, не удовлетворяющих условиям фильтрации.

Рассмотрим процесс программной реализации алгоритма фильтрации данных согласно диапазонам каналов спутника Landsat – 8, представленной на рис. 1.

Согласно разработанному алгоритму поиска минеральных пород при дистанционном зондировании Земли с использованием данных, полученных со спутника Landsat – 8, нет необходимости в использовании всех снимков прилагаемые с архивом. Для решения поставленной задачи необходимо использовать снимки в диапазонах съемки, соответствующие 5, 6, 7, 10 и 11 каналам (таблица 1).

На рис. 3 представлено окно фильтрации входных данных.

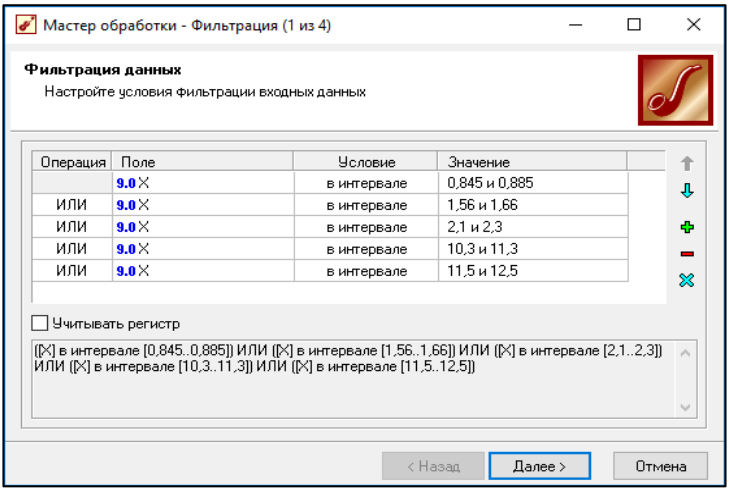
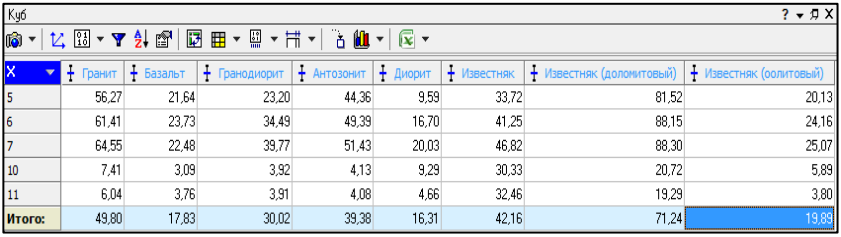


Рис. 3. Окно фильтрации входных данных

Алгоритм квантования. После осуществления алгоритма фильтрации данных необходимо произвести алгоритм квантования. Данный алгоритм позволит разделить полученные данные после фильтрации на интервалы и определить среднее значение на каждом выбранном интервале по каждой минеральной породе.

Деление на интервалы осуществляется по столбу «X». Диапазон интервалов задается согласно диапазонам 5, 6, 7, 10 и 11 каналам съемки. В качестве способа отображения исходных данных также выберем куб (рис. 4).



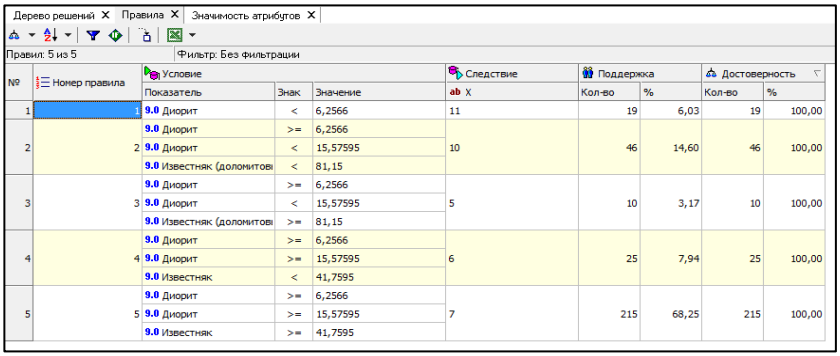
Куб

X	Гранит	Базальт	Гранодиорит	Антозонит	Диорит	Известняк	Известняк (доломитовый)	Известняк (оолитовый)
5	56,27	21,64	23,20	44,36	9,59	33,72	81,52	20,13
6	61,41	23,73	34,49	49,39	16,70	41,25	88,15	24,16
7	64,55	22,48	39,77	51,43	20,03	46,82	88,30	25,07
10	7,41	3,09	3,92	4,13	9,29	30,33	20,72	5,89
11	6,04	3,76	3,91	4,08	4,66	32,46	19,29	3,80
Итого:	49,80	17,83	30,02	39,38	16,31	42,16	71,24	19,83

Рис. 4. Представление данных алгоритма кластеризации в виде куба

Построение дерева решений. Дерево принятия решений — средство, использующееся в статистике и анализе данных для прогнозных моделей [2].

Путем анализа полученных данных можем сделать вывод, что по представленной выборке исходных данных выбранных полезных ископаемых было сформировано 5 правил, согласно которым диорит является самым значимым (имеет отличительные значения) на выбранных каналах. На рис. 5 представлен результат обработки «дерева решений» со способом отображения в виде «правила».



Дерево решений | Правила | Значимость атрибутов

Правил: 5 из 5 | Фильтр: Без фильтрации

№	Номер правила	Условие			Следствие	Поддержка		Достоверность	
		Показатель	Знак	Значение	X	Кол-во	%	Кол-во	%
1	1	Диорит	<	6,2566	11	19	6,03	19	100,00
2	2	Диорит	>=	6,2566	10	46	14,60	46	100,00
		Диорит	<	15,57595					
		Известняк (доломитов	<	81,15					
3	3	Диорит	>=	6,2566	5	10	3,17	10	100,00
		Диорит	<	15,57595					
		Известняк (доломитов	>=	81,15					
4	4	Диорит	>=	6,2566	6	25	7,94	25	100,00
		Диорит	>=	15,57595					
		Известняк	<	41,7595					
5	5	Диорит	>=	6,2566	7	215	68,25	215	100,00
		Диорит	>=	15,57595					
		Известняк	>=	41,7595					

Рис. 5. Результат классификации минеральных пород

Заключение

По результатам выполнения работы можно отметить, что кластеризация и классификация минеральных пород для каналов спутника Landsat – 8 позволяет выделить минеральные породы с определенными значениями, что способствует значительной оптимизации поиска минеральных пород при дистанционном зондировании Земли.

Был изучен метод классификации на основе решающих деревьев, составлена таблица, содержащая исходную выборку данных для data mining, изучена и освоена программа Deductor Studio, позволяющая получать анализируемые данные в удобной для восприятия форме, проведена фильтрация, кластеризация и классификация исходных данных методом решающих деревьев, проведен анализ полученных результатов.

Список литературы

1. *Ризаев И.С., Шарнин Л.М., Яхина З.Т.* Поиск закономерностей между взаимосвязанными событиями на основе ассоциативных правил. Вестник КГТУ им. А.Н. Туполева, №4, 2014, 314 – 317 стр.

2. *Ризаев И.С., Осипова А.Л.* Компьютерные технологии при решении задач классификации. Аналитическая механика, устойчивость и управление: Труды X Международной Четаевской конференции. Т.4. Секция 4. Компьютерные технологии в образовании, управлении производством и тренажеры. Казань, 2012, Изд-во КГТУ с. 243 - 249.

CLASSIFICATION OF MINERAL ROCKS IN THE DEDUCTOR ANALYTICAL PLATFORM

Gibadullin A.
Supervisor: I. Rizaev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This article discusses methods for clustering and classification of the mineral rocks through the channels of a satellite remote sensing Landsat – 8.

УДК 338.2

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ

Гиниятова З.Ф.
Научные руководители: В.В. Мокшин, к.т.н., доцент,
Т.А. Суетина, к.э.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Каждый день в мире вырастают много-много новых предприятий, успех на рынке труда добиваются только 10% из них, остальные обанкрочиваются. В данной статье рассмотрены причины такого явления и методы сохранения конкурентоспособности.

В настоящее время в условиях острого недостатка времени и не столь правильного расставления приоритетов в бизнесе наблюдается неконкурентоспособность предприятий, фирм на рынке труда. Появляется необходимость внедрения новых идей для сохранения бизнеса, поддержания конкурентоспособности, и выхода на новые горизонты для получения прибыли. Одним из эффективных современных инструментов повышения конкурентоспособности предприятий по праву считается концепция бережливого производства, методы которой без существенных затрат позволяют устранить непроизводительные расходы, ускорить функционирование бизнес-процессов и улучшить качество конечной продукции [1].

«Бережливое производство» становится важнейшим фактором повышения конкурентоспособности предприятия, так как это позволяет предприятию найти выход из кризиса эффективно, надежно и при этом не затрачивая большого капиталовложения. С помощью методов бережливого производства становится возможным без капитальных затрат улучшение качества продукции или услуг, сокращения издержек, а также можно сократить время производственного цикла.

Бережливое производство всегда будет актуальным двигателем рабочего процесса. Ведь основная задача каждого предприятия

не только существовать на рынке труда, но и продолжать развиваться. Для этого необходимо повышать эффективность предприятия [7] по всем направлениям деятельности. В первую очередь, это будет происходить за счет оптимизации затрат, повышения производительности имеющихся ресурсов, а также улучшения качества выпускаемой продукции.

Сущность и содержание концепции бережливого производства

Тема «бережливое производство» в настоящее время очень актуальна в связи текущими условиями рыночной экономики. Деятельность любого предприятия не может происходить без четких внутрипроизводственных механизмов.

Понятие «Бережливое производство» впервые появилось в менеджменте в 50-х годах 20 века. Если рассмотреть дословный перевод с японского языка, то это словосочетание переводится как «Производство без жира». В России принято использовать перевод как «бережливое», но иногда в литературе встречаются и другие переводы, например, «Щадящее производство».

Джим Вумек и Дэниел Джонс в книге «Бережливое производство: Как избавиться от потерь и добиться процветания вашей компании» [2] излагают суть бережливого производства в виде пяти принципов:

1. Определение ценности конкретного продукта.
2. Определение потока создания ценности для этого продукта.
3. Обеспечение непрерывного течения потока создания ценности продукта.
4. Дозволение потребителю вытягивать продукт.
5. Стремление к совершенству.

Для того чтобы освоить концепции «бережливого производства» нет необходимости требовать капитальные затраты. Освоение данной концепции также возможно путем снижения потребности в инвестициях за счет более полного использования уже имеющихся ресурсов и капитала[3].

Одним из важнейших условий построения системы бережливого производства – есть вовлечение всего персонала в процесс улучшений работы в предприятии за счет того, что работник дол-

жен понять о необходимости перемен и чтобы он осуществлял эти навыки на деле.

Целью бережливого производства является быстро и дешево изготавливать по заказу множество разнообразных изделий.

Для применения и внедрения данной концепции в предприятие, необходимо представить все процессы в производстве[8] с помощью имитационного моделирования или в виде каких-нибудь карт. Имитационное моделирование очень подробно расписывает каждый процесс, сколько времени уходит на определенное время работы, порядок выполнения работ[4]. А картирование поможет минимизировать потери или полностью их устранить. В следующей глава рассмотрено картирование потока создания ценности.

Для чего нужно картирование потока создания ценности?

Под составлением карты потока ценности(VSM) понимается отслеживание структуры производства изделия от заказчика до поставщика и тщательное составление визуального отображения каждого процесса в потоке материалов и информации.

Картирование потока создания ценности **(**КПСЦ**)** – наиболее распространённый и точный метод выявления потерь при изготовлении определённой продукции [6]. Это обязательная процедура при выстраивании потока, направленная на минимизацию потерь и улучшение работы. Данная техника была создана в компании Toyota, на заводах которой она более известна как «карта потока материалов и информации». Несмотря на то, что инструмент создан и использовался на промышленных предприятиях компании, его можно расширить и на сферу услуг.

Это важный инструмент, позволяющий:

- видеть не только отдельное действие (например, сварку, сборку или покраску), но весь поток изготовления какого-либо продукта целиком;
- обнаруживать не только потери, но и их источники в потоке ценности;
- делать решения, связанные с потоком, понятными и доступными для обсуждения, в противном случае решения и действия в цехах будут выполняться так же, как и раньше, то есть никак или кое-как;

• показать связь между информационными и материальными потоками (никакой иной инструмент этого сделать не в состоянии) [9].

Являясь фактически чертежом, основой для внедрения бережливого производства, карта помогает спланировать движение всего потока – именно этот факт очень часто упускается из виду, обрекая на неудачу попытки внедрения Lean Production. Карта гораздо полезнее, чем многие количественные инструменты и схемы, которые просто подсчитывают шаги, не добавляющие ценности, время выполнения заказа, расстояние перемещения продукта, объемы запасов и т. д. – это качественный инструмент, с помощью которого детально описывается, как необходимо организовать работу цеха и отдельного участка, чтобы появился непрерывный поток [5].

По карте потоков создания ценности можно наблюдать узкие места процесса и исправить это (ликвидировать или усовершенствовать, сократить) выявить ненужную работу. По статистике такие работы (потери) занимают 90% времени процесса. Не все потери можно устранить, так как это естественно для компании факторы отрасли. Например, в банках клиенты должны подписать и хранить бланки договоров, риск-мониторинг должны проводиться обязательно, независимо от того, хотят клиенты за эти услуги платить или нет. Такие «обязательные» потери составляют порядка 15% в работах, не добавляющих ценности.

При использовании карты потока создания ценности появится возможность определить в какое место направить решение по оптимизации. Более четко и ясно проясняются места потерь. Данный инструмент дает понятие о взаимодействии отдельных элементов системы. Также стоит отметить – этот инструмент позволяет накапливать информацию.

Заключение

Карта потока создания ценности фиксирует процессы, потоки материалов и информации, присущи определенному семейству продукции, и помогает выявить потери в системе.

В заключении хотелось бы подчеркнуть плюсы данного метода:

• карта помогает видеть весь поток, а только не отдельный

производственный процесс;

• карта помогает видеть потери и их источники;

• карта делает многие решения, связанные с потоком, ясными, понятными и простыми для обсуждения;

• с помощью карты можно спланировать движение всего потока;

• карта показывает связь между материальными и информационными потоками;

• карта помогает описать будущее состояние процесса и сформировать план действий по переводу процесса из текущего в будущее состояние с целью сокращения потерь;

• карта позволяет накапливать информацию и обеспечивает преемственность процесса совершенствования.

Уровень детализации картирования потока направлен на выявление проблемных мест. Каждая проблемная область, определенная на укрупненной карте потока создания ценности, может быть подробно изучена путем составления новой детальной карты потока создания ценности.

Список литературы

1. *Суетина Т.А., Родионов В.В., Семенов П.К.* Концептуальная модель автоматизированной системы управления картированием потока создания ценности // Автоматизация. Современные технологии.2015. №4. С.20-25.

2. *Womack James P., Jones Daniel. Lean Thinking*: Banish waste and create wealth in your corporation. MUST READ. 2012.

3. *Womack James P., Jones Daniel. Lean Lexicon*: A graphic glossary for thinking mice. Brooklyn, Massachusetts: Lean Manufacturing Institute, 2003

4. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В.* Моделирование сложных систем в имитационной среде AnyLogic / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 13. С. 352-357.

5. *Комаров Е.Н.* Бережливое производство как инструмент повышения эффективности работы предприятия // Промышленная политика в Российской Федерации. 2007. № 12. С.31–38.

6. *Мокшин В.В., Якимов И.М.* Метод формирования модели анализа сложной системы / Информационные технологии. 2011. № 5. С. 46-51

7. *Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В.* Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем / Нелинейный мир. 2009. Т. 7. № 1. С. 66-76.

8. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Матвеева С.В., Мокшин В.В., Фролова К.А.* Имитационное моделирование сложных систем средствами ARIS TOOLSET 6 / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 15. С. 338-343.

9. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Аляутдинова Г.Р., Пайгина Л.Р.* Имитационное моделирование бизнес-процессов в системе Bigazi Modeler / Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 9. С. 236-239.

AUTOMATED SYSTEM FOR CONSTRUCTION OF CARD OF FLOW OF CREATION OF VALUE

Giniyatova Z.
Supervisor: V. Mokshin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
T. Suetina, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

Every day, many new enterprises grow in the world, only 10% of them succeed in the labor market, the rest go bankrupt. In this article, the reasons for this phenomenon and methods for maintaining competitiveness are considered.

УДК 004.896

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА АВТОМОБИЛЕЙ, ПРОЕЗЖАЮЩИХ ЧЕРЕЗ ОЖИВЛЕННЫЙ ПЕРЕКРЕСТОК

Глазов А.В.
Научный руководитель: И.С. Ризаев, к.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассматривается прогнозирование количества автомобилей, проезжающих через оживленный перекресток с применением нейронных сетей и использованием аналитической платформы «Deductor».

В рамках данной работы рассматривается прогнозирование количества автомобилей, проезжающих через оживленный перекресток с применением нейронных сетей и использованием аналитической платформы «Deductor».

В рамках данной работы разрабатывается интеллектуальная система для поддержки принятия решения. Предметной областью данной интеллектуальной системы является задача прогнозирования.

В качестве входных данных будут использоваться данные, о количестве автомобилей, проехавших через перекресток за 2015-2016 года. В качестве алгоритма обучения нейронной сети будет использоваться – «Resilient Propagation» (RPROP).

Построение нейронной сети

Рассмотрим процесс программной реализации системы прогнозирования количества автомобилей, проезжающих через перекресток. Выборка исходных данных для data mining будет содержать следующие параметры: «Дата», «Количество машин».

Исходные данные в виде диаграммы представлены на рис. 1.

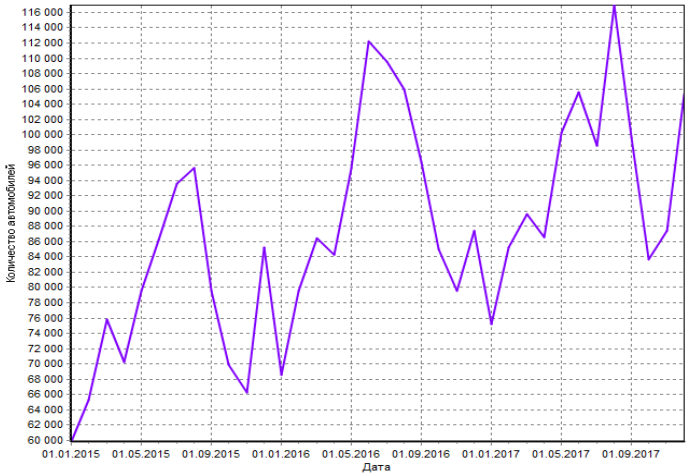


Рис. 1. Исходные данные в виде диаграммы

Поскольку исходные данные, которые представлены на рисунке 1, имеют аномалии и шумы, то необходимо перед прогнозированием произвести сглаживание данных. Сглаживание будет производиться при помощи «Спектральной обработки».

Результаты сглаживания приведены на рисунке 2 в виде диаграммы.

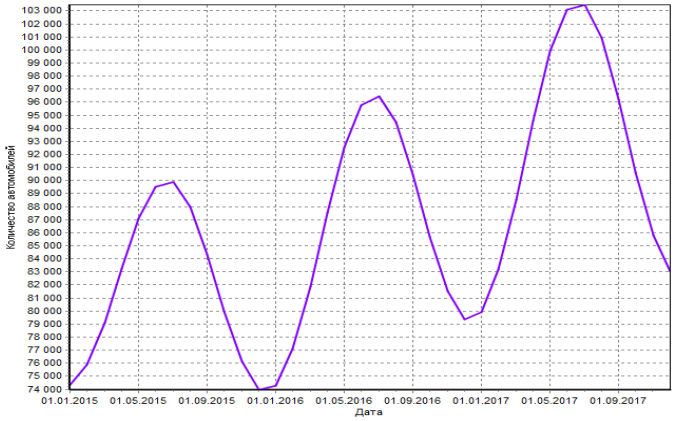


Рис. 2. Результат сглаживания в виде диаграммы

Начнем построение и обучение нейронной сети, чтобы на основе нее произвести прогнозирование.

В качестве исходных данных будут использоваться данные, которые были получены методом трансформации данных «Скользящее окно».

Далее указывается разбиение множества на обучающее и тестовое, что в процентном соотношении в данной работе составляется 95% и 5% соответственно. Структура нейронной сети включает в себя входной, выходной слои и два скрытых слоя.

Тип активационной функции – сигмоида. В общем виде сигмоидальная активационная функция описывается зависимостью:

$$\varphi(s) = \frac{1}{1 + e^{-as^2}},$$

где a – параметр, определяющий наклон функции. [2]

Алгоритм обучения нейронной сети – «Resilient Propagation» (RPROP). Данный алгоритм использует только знаки частных производных для подстройки весовых коэффициентов.

Результаты построения нейронной сети представлены в виде графа нейронной сети (рис. 3), диаграммы результатов обучения нейронной сети (рис. 4).

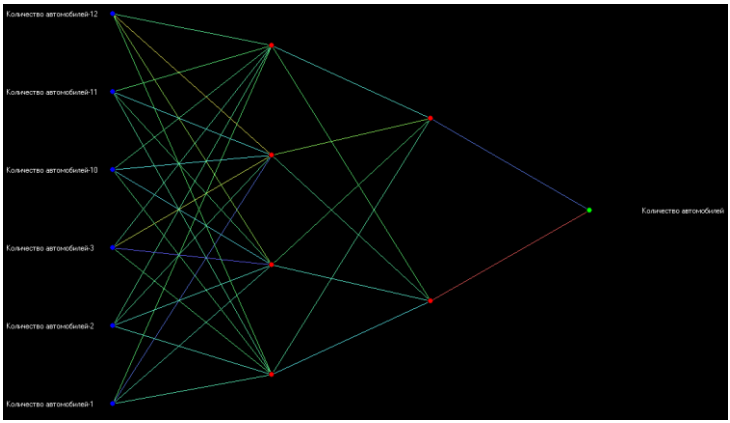


Рис. 3. Граф нейронной сети.

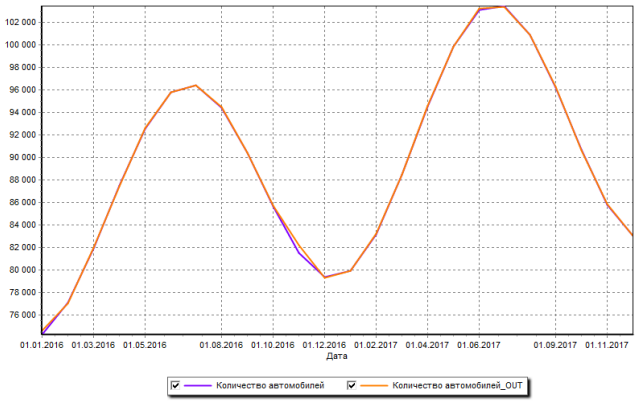


Рис. 4. Диаграмма результатов обучения нейронной сети

На диаграмме, на рис. 4, видно, что результаты о количестве автомобилей, проезжающих через перекресток, полученные нейронной сетью имеет незначительное отличие в период с 1.10.2016 по 1.12.2016, что говорит о хорошем результате построения сети.

Прогнозирование

После обучения нейронной сети произведем прогнозирование. Горизонт прогноза будет составлять 6 месяцев.

Результаты прогноза представлены на рисунке 5 в виде диаграммы прогноза.

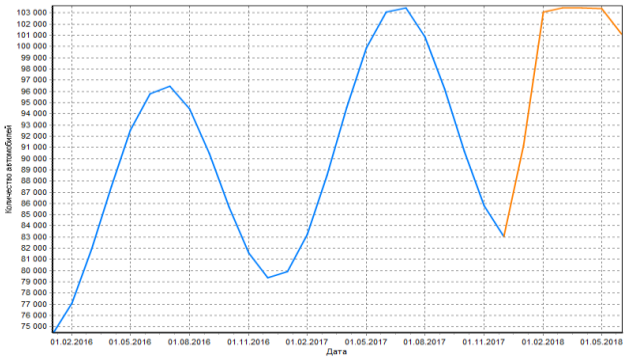


Рис. 5. Диаграмма прогноза

Путем обучения нейронной сети и построения прогноза на основе обученной сети было получено количество автомобилей, которые проедут через перекресток, за первые 6 месяцев будущего года.

Заключение

Результаты данной работы позволяют сделать вывод об увеличении количества автомобилей с первого по 6 месяц по сравнению с предыдущим годом, что позволит внести корректировки в светофорный цикл для большего количества автомобилей.

Был изучен метод прогнозирования на основе обученной нейронной сети, получены граф нейронной сети, диаграмма обучения нейронной сети, результаты прогноза на 6 месяцев в виде диаграммы прогноза, и был произведен анализ полученных результатов.

Список литературы

1. *Усков А.А., Кузьмин А.В.* Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика, 2004 г, 143 стр.

2. *Каллан Р.* Основные концепции нейронных сетей 2002 г, 287 стр.

3. *Минаев Ю.Н., Филимонова О.Ю., Бенамеур Л.* Методы и алгоритмы решения задач идентификации и прогнозирования в условиях неопределенности в нейросетевом логическом базисе, 2003 г, 205 стр.

FORECASTING THE QUANTITY OF VEHICLES THROUGH THE ANIMATED CROSSROADS

Glazov A.

Supervisor: I. Rizaev, Candidate of Technical Sciences, Professor

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This article considers the forecasting of the number of cars passing through a busy intersection with the use of neural networks and the use of the analytic platform "Deductor".

УДК 004.05

СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «АВИАКОМПАНИЯ»

Григорьева И.А.
Научный руководитель: Е.В. Мусина
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данном докладе будут рассматриваться вопросы создания технического задания на разработку информационной системы для заказа билета на самолет.

Актуальность данной работы заключается в том, что в дальнейшем я планирую внедрить данную программу с дополнением функций. Например, сканера отпечатков пальцев.

Функциональное назначение системы

АИС «Авиакомпания» предназначена для автоматизации работы предприятия, продающего билеты на самолет.

Эксплуатационное назначение системы

Система должна эксплуатироваться сотрудниками организации.

*Цель создания системы: с*истема снижает экономические затраты на время за счет заказа билетов на дому.

АИС «Авиакомпания» включает следующие подсистемы:

- Принятие заказа;
- Хранения данных;
- Формирования отчетности.

Подсистема «Принятие заказа» предназначена для регистрации заказа, разработки и согласования маршрута с заказчиком, а также время в пути и вылета. Таким образом, заказ сначала регистрируется менеджером, затем выясняется предполагаемое время, согласует его с заказчиком и, при необходимости вносит коррективы.

Подсистема «Подсистема хранения данных» обеспечивает хранение всех данных о пассажирах и информации заказанных би-

летов. Кроме того содержаться данные о всех ранее заказанных билетах этого клиента.

Подсистема «Формирования отчетности» предназначена для создания и формирования отчетов в виде удобном для вывода на печатающие устройства на основе данных АИС «Авиакомпания», проектирования и разработки форм регламентированной отчетности, настройки планового формирования и доставки регламентированных отчетов, формирования и предоставления по запросам пользователей аналитических и статистических отчетов в различных форматах (включая графические), отображения регламентированных отчетов с помощью веб-интерфейса, вывода подготовленных отчетных форм на печать.

Информационный обмен осуществляется посредством локальной сети.

CREATION OF THE AUTOMATED INFORMATION SYSTEM "AIRLINE"

Grigorieva I.
Supervisor: E. Musina
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this report questions of creation of the specification on development of an information system for the order of the plane ticket will be considered.

УДК 681.518(075.8)

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МАСТЕРСКОЙ ПО РЕМОНТУ КОМПЬЮТЕРОВ

Демкин Д.В.
Научный руководитель: С.А. Зарайский, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассматривается задача эффективного назначения мастеров на обслуживание вызовов с учетом специализации мастеров по видам ремонта, с учетом времени на дорогу и равномерной загрузки мастеров.

Для ИС мастерской по ремонту IT- оборудования необходимо решить следующие задачи:

1. Расчет ресурсов на заявку по ремонту (закупка ЗИП и ремонт);
2. Учет загрузки и квалификации персонала;
3. Закупка ЗИП;
4. Назначение мастеров на работы по ремонту заявки (юридические лица и частные лица);
5. Формирование отчетов.

В частности, возникла интересная задача эффективного назначения мастера на обслуживание вызова с учетом специализации мастера по видам экспертизы, с учетом времени на дорогу и равномерной загрузки мастеров.

Если число заявок велико, то необходимо отсортировать заявки с учетом специализации мастеров, среди каждого класса заявок выбрать самые важные (по сложности, по важности клиента) и назначить эти заявки на мастеров, которые специализируются на этом виде обслуживания (сервера, коммуникационное оборудование, принтера лазерные, принтера струйные). На одну заявку направляется один специалист. Заявки группируются по одному району (время на переезд от клиента к клиенту в одном районе задается 30 минут). Причем, надо максимально загрузить мастеров заявками, но, чтобы время их

занятости обслуживанием IT – оборудования с учетом времени в пути не превышало допустимое нормативное время (например, 6 часов в день). Не вошедшие в план этого дня заявки переносятся на следующий день (срочность заявок увеличивается на единицу).

Заявки ранжируются по срочности и важности клиентов от 0 (самый низкий приоритет) до 5 (самый высокий приоритет). Далее проводится нормирование заявок по важности λ_i (т.е. $\Sigma\lambda_i = 1$).

Введем обозначения:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если вызов i заявка выполняется } j\text{ - мастером,} \\ 0\text{ - в противном случае.} \end{cases}$$

Одна i-заявка назначается на одного j-исполнителя:

$$\sum_{i=1}^{i=n} x_{ij} = 1,\ j = 1,2,3,\dots,J$$

Все назначенные заявки с учетом нормативного времени ремонта по ***i***-й заявке и времени на дорогу не должны превышать нормативное рабочее время сотрудника, т.е. вводим ограничение:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{J} x_{ij} * (t_i + t_{доп}) \le T_н$$

Целевая функция (отражает максимальное количество выполненных заявок с учетом важности заявок во время выезда исполнителей):

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{J} \lambda i\ x_{ij} \to max$$

Окончательная формулировка задачи: «Необходимо найти такие значения переменных x_{ij}={1,0}, удовлетворяющие неравенствам, при которых линейная функция этих переменных обращалась в максимум».

Таким образом, математическая модель задачи имеет вид:

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{J} \boldsymbol{\lambda i\ x_{ij} \to max}$$

Поставленная задача представляет собой задачу целочисленного линейного программирования большой размерности. Целесо-

образно решать эвристическим методом. Алгоритм выбора исполнителя представлен на рис.1.

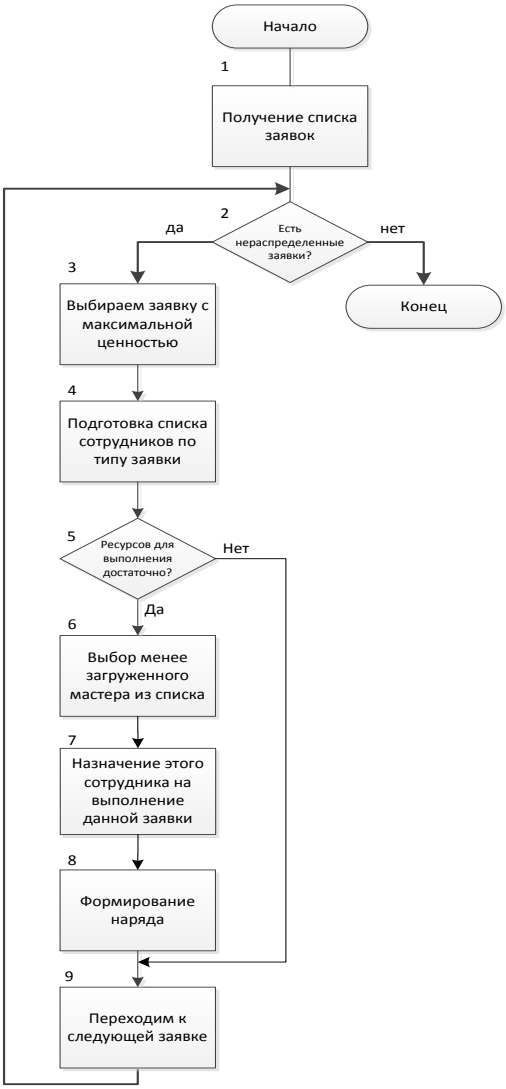


Рис.1. Выбор исполнителя

Список литературы

1. *Меньков А.В., Острейковский А.В.* Теоретические основы автоматизированного управления – Учебник для вузов.- М.: Издательство Оникс, 2005.-640 с.: ил.

2. *Эминов Ф.И.* Проектирование корпоративных информационных сетей: Методическое руководство – Казань: ЗАО «Новое знание», 2006. – 24 с.

3. *Зарайский С.А., Осипова А.Л., Суздальцев В.А.* Основы проектирования автоматизированных систем: учебное пособие /С.А. Зарайский, А.Л. Осипова, В.А. Суздальцев. – Альметьевск: АФ КНИТУ-КАИ, 2013.- 106 с.

4. *Суздальцев В.А., Зарайский С.А., Шлеймович М.П.,* Основы информационных технологий и систем. Учебное пособие. – Альметьевск: АФ КНИТУ-КАИ, 2015. – 119 с.

INFORMATION SYSTEM OF WORKSHOP ON REPAIR OF COMPUTERS

Demkin D.
Supervisor: S. Zaraisky, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This article discusses how to effectively call service to destination, taking into account the specialization masters by types of repairs, taking into account the time on the road and uniform load masters.

УДК 004.4

РАСПОЗНАВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ

Егоров А.И.
Научный руководитель: М.П. Шлеймович, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Целью данной работы является исследование алгоритма распознавания автомобильных номеров. В работе рассмотрены методы распознавания автомобильных номеров, которые были разработаны и реализованы в среде MS Visual Studio с использованием библиотеки EmguCV.

В настоящее время компьютерные технологии развиваются очень быстрыми темпами и стали неотъемлемой частью нашей жизни. При помощи компьютеров автоматизируется очень много процессов, которые раньше приходилось выполнять человеку. Автоматизация происходит повсюду: в быту, в машиностроении, в транспорте и т.д. Программисты постоянно разрабатывают новые и совершенствуют старые алгоритмы автоматизации, которые существенно облегчают жизнь человеку.

В последнее время широкое внимание уделяется развитию систем распознавания автомобильных номеров. Решение данной проблемы позволяет не только распознавать и подсчитывать транспортные средства, а также идентифицировать транспортное средство с помощью считывания уникального регистрационного автомобильного номера. Благодаря этому нет необходимости устанавливать дополнительные устройства и датчики для его идентификации.

Развитие систем автоматического распознавания номеров берет свое начало в 90 годах XX века, и по сей день находят свое широкое применение:

- На контрольно-пропускных пунктах,
- При контроле скорости движения на дорогах,
- На автозаправочных станциях,
- При поиске угнанных автомобилей,

- На автоматических парковках.

Конечно же, это не полный перечень сфер, в которых применяется данная система[1,2].

В настоящее время разработано очень много систем распознавания автомобильных номеров. Однако не все системы могут похвастаться точностью и быстродействием распознавания автомобильных номеров. Но те системы, которые обладают хорошей точностью и быстродействием, как правило, очень дороги. Поэтому массовое внедрение таких систем становится очень дорогим.

Процесс распознавания автомобильного номера подразделяется на несколько этапов: локализация номерной пластины, нормализация, распознавание символов. Каждый из этих этапов требует затрат большого количества ресурсов, что в сумме дает большое количество вычислений, а значит и большие затраты по времени. Такая система должна хороша работать на всех этапах ее реализации, т.к. этапы зависимы друг от друга, например, в зависимости качества от локализации номера будет зависеть качество распознавания номера.

Целью данной работы является повышение точности распознавания автомобильных номеров. Для того чтобы была повышена точность распознавания номеров необходимо следующие задачи:

1. Получение кадров видеоданных;
2. Локализация номерной пластины;
3. Обработка номерной пластины;
4. Сегментация;
5. Распознавание символов;
6. Регистрация информации о распознанных символах.

Первым шагом распознавания объекта является получение кадра из видеопотока.

После получения изображения происходит локализация номера.

Не всегда получается точно обнаружить номер, поэтому требуется дальнейшее уточнение его положения и улучшения качества снимка. Чаще всего требуется поворот и обрезка краев.

Далее происходит разделение номерной пластины, на области отдельных символов.

Затем происходит распознавание номера и регистрируется информация о нем.

При работе с методами контурного анализа нельзя наверняка сказать, какой из них будет работать лучше на определенной выборке изображений, однако в силу наличия детектора границ Кенни в библиотеке EmguCV, а также на основании популярности в научном мире, было решено рассмотреть именно этот алгоритм поиска контуров на изображении. Метод Кенни можно представить в виде последовательности шагов:

1. **Сглаживание**

Кадры, которые подаются на вход детектору в общем случае имеют множество шумов. Шумы мешают детектору найти истинные границы объектов, поэтому изначально следует сгладить изображение. В детекторе границ Канни используется фильтр Гаусса с ядром N*N. Фильтр Гаусса представляет из себя матрицу свертки, заполненную по закону нормального распределения.

2. **Поиск градиентов**

Метод основан на перепадах яркостей изображения, для поиска векторов направлений (градиентов) смены яркостей используется оператор Собеля. Изображение сворачивается в вертикальном и горизонтальном направлениях при помощи двух сепарабельных фильтров ядра 3 × 3. Суть этих свёрток заключается в поиске приближенных значений производных в соответствующих направлениях. Имеется исходное изображение A, *Gx* и *Gy* — результирующие изображения, где каждая точка содержит приближенные производные по горизонтальному и вертикальному направлениям соответственно. Они вычисляются следующим образом:

$$\boldsymbol{G_y} = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix} * A, \boldsymbol{G_x} = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{vmatrix} * A$$

При этом приближенное значение градиента можно вычислить по формуле:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

а направление градиента по формуле:

$$\theta = \text{arctg}\left(\frac{Gy}{Gx}\right)$$

Потенциальными границами назначаются те точки изображения, в которых градиент принимает наибольшее значение.

3. **Подавление «немаксимумов»**

После того как определены все значения градиентов и их направления, находятся те пиксели, в которых достигается локальный максимум. Хорошей иллюстрацией этого процесса является рис. 1.

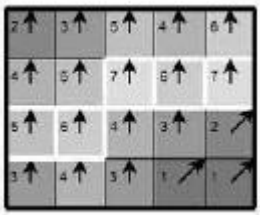


Рис. 1. Подавление немаксимумов

4. **Двойная пороговая фильтрация**

Оператор использует так называемые пороги для определения существования границы в данном пикселе изображения. Их значения лежат в промежутке от 0 до 255. Чем меньше задается порог, тем больше будет находится границ, но в то же время результат станет более восприимчив к шуму, выделяя лишнее. Если же задается высокий порог, то это может привести к тому, что будут проигнорированы слабые края.

Алгоритм выделения границ Канни использует два порога фильтрации: если значение пикселя выше верхней границы — он принимает максимальное значение (граница считается достоверной), если ниже — пиксель подавляется, точки со значением, попадающим в диапазон между порогов, принимают фиксированное среднее значение (они будут уточнены на следующем этапе).

5. **Трассировка области неоднозначности**

На данном этапе анализируются группы пикселей, попавших в среднюю область. Точки, лежащие по соседству с границей, присоединяются к ней, остальные — отбрасываются[3].

Для поиска символов автомобильного номера мы используем стандартные методы библиотеки Emgu Cv. В начале нам необходимо обработать изображение для того чтобы убрать помеховую составляющую, размытие. Данные процедуры обработки изображений повышают вероятность правильной сегментации номера. На следующем шаге мы воспользуемся детектором границ Кенни. Алгоритм заключается в следующем:

1. Необходимо убрать шум и лишние детали изображения;
2. Утончение краев;
3. Связывание краев в контуры.

После выделения границ необходимо найти связанные области с помощью стандартной функции. На заключительном этапе проверяем количество выделенных областей.

Распознавание является заключительным этапом работы. Для распознавания символов было принято решение использовать готовый продукт Tesseract OCR. Данная библиотека для распознавания символов использует уже обученную нейронную сеть.

При данной работы были изучены методы локализации, сегментации, распознавания автомобильных номеров. Среди них были выявлены наиболее точные и быстродействующие. Для локализации номерной пластины одним из самых перспективных алгоритмов является метод Кенни или основанные на нем алгоритмы. Для распознавания символов стоит использовать нейронную сеть или какие-либо готовые библиотеки OCR. Хорошо себя зарекомендовала библиотека распознавания Tesseract OCR. Также при выполнении данной работы была изучена библиотека Emgu CV, предназначенная для проектирования систем компьютерного зрения и обработки изображений.

Список литературы

1. *Лукьяница А.А., Шишкин А.Г.* Цифровая обработка видеоизображений: Ай-Эс-Эс Пресс, 2009. - 518 с. - ISBN: 978-5-9901899-1-1.

2. *Форсайт Д., Понс Ж.* Компьютерное зрение. Современный подход М.: Вильямс, 2004-928с.- ISBN: 5-8459-0542-7.

3. *Canny J.F.* A computational approach to edge detection // Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on. 1986. №6. P. 679698

CAR LICENSE RECOGNITION

Egorov A.
Supervisor: M. Shleimovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The purpose of this paper is to study the algorithm for recognizing car numbers. In work methods of recognition of automobile numbers which have been developed and realized in environment MS Visual Studio with use of library Emgu CV are considered.

УДК 004.4

КОНТЕКСТНЫЙ ПОИСК ИЗОБРАЖЕНИЙ

Емельянов С.А.
Научный руководитель: М.П. Шлеймович
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Эта Работа посвящена выделению особенностей контекстного поиска изображений, основанного на сравнении характеристик отдельных групп пикселей (кластеров, регионов). Показаны результаты экспериментов по оценке точности содержательного поиска визуальной информации.

Введение

На сегодняшний день компьютер превратился из вычислительной машины в универсальное устройство, которое способно с равным успехом может служить профессиональным инструментом техника, спортсмена, учителя, врача или средством изучения, повседневного развлечения, общения. Для того чтобы компьютер мог решать перечисленных выше задачи нужно чтобы соответствующее программное обеспечение, во главе которого разные методы обработки информации. Из за того что постоянно копятся электронные данных от разработчиков требуют программного обеспечения и научных исследователей создания эффективных методов поиска в архивах информации. Поиск визуальной информации (изображений) усложняется отсутствием текстового описания, по которому можно бы было узнать, какое изображение представлено. Таким образом, до сих пор решение задачи контекстного поиска изображений является актуальным.

Анализ существующих методов контекстного поиска изображений

Запросы людей к сборникам изображений обычно классифицируют по трем уровням: примитивный уровень (найти по примитивам: форме, текстуре, цвету - поиск изображения, похожих на заданное изображение), логический уровень (распознавание представленных объектов например если нужно найти изображения

Статуи Свободы), абстрактный уровень (учёт важности изображённых сцен - найти визуальную информацию, отражающие определенные настроения).

Почти все методы поиска изображений в сборниках изображений осуществляют удовлетворение запросов примитивного уровня. Рассмотрим базовые группы методов.

Группа методов цветовых гистограмм. Идея метода цветовых гистограмм для распознавания и сравнения изображений сводится к тому что, все цвета на изображении которое мы анализируем разбивается на набор непересекающихся, его подмножества покрываются полностью. Формируется гистограмма для этого изображения, цвета в цветовой гамме этого изображения отражает долю каждого подмножества. Для сравнения гистограмм вводится понятие расстояния между ними.

Группа методов поиска по «цветовой планировке». Отличием этого метода является, что сначала происходит разбиение изображений на блоки в заданном количестве и заданного размера. Это позволяет узнать местоположение того или иного цвета за счет того что мы можем сравнения между собой отдельные блоки, а не всего изображения целиком, это делает метод поиска по «цветовой планировке» более совершенными по сравнению с группой методов цветовых гистограмм.

Группа методов, основанных на кластеризации изображений. При поиске изображений методом основанном на кластеризации изображений, сравнение визуальных примитивов осуществляется на уровне отдельных объектов, отдельных регионов, и отдельных областей изображений, которые автоматически выделяются в процессе кластеризации изображения на основе подобия значений визуальных характеристик внутри одной области.

Нужно отметить, что самое точное удовлетворение запросов возможно только при использовании методов из третьей группы в виду следующих недостатков методов других групп:

- при использовании методов цветовых гистограмм возможно распознавание изображений только по цветовым характеристикам, при использовании методов по «цветовой планировке» - по цветовым характеристикам и характеристикам местоположения, а в

случае применения методов третьей группы основанных на кластеризации изображений возможно выделение большего количества характеристик: текстуры цветовых, формы, и местоположения объектов изображений;

- «чувствительность» к масштабированию, повороту объектов внутри изображений в случае использования первой группы методов, и к масштабированию - в случае использования второй группы методов поиска;

Зависимость результатов поиска от вариации цвета и освещенности объектов на изображениях (в результате таких модификаций происходит изменение цветовых гистограмм анализируемых изображений).

Методы, в основе которых выделение регионов изображений, позволяют проводить контекстный поиск изображений и на логическом уровне абстракции, так как в их основе - выделение отдельных объектов изображений.

Общая схема содержательного поиска изображений в электронных коллекциях приведена на рис. 1. Блок, выделенный пунктирной линией, присутствует только при поиске, основанном на выделении регионов изображений.

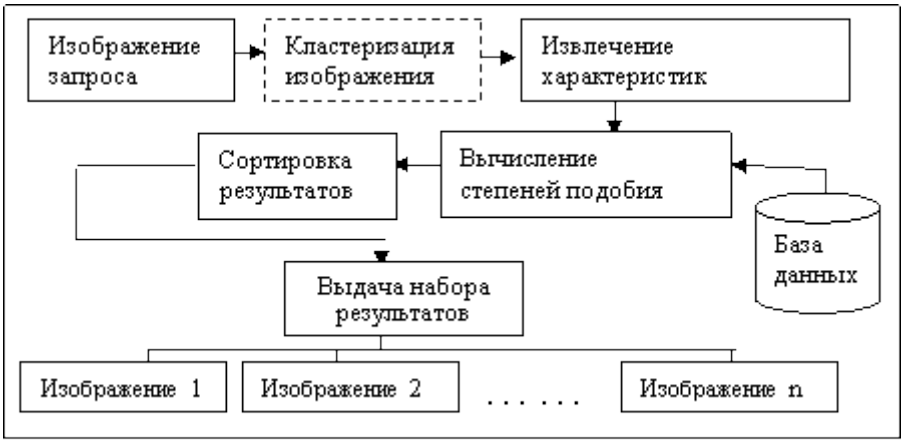


Рис. 1. Общая схема контекстного поиска изображений в базах данных на примитивном уровне абстракции

Экспериментальная оценка характеристики точности контекстного поиска кластеризированных изображений построим экспериментальную программную систему, в которой:

- в качестве метода кластеризации использовался статистический иерархический агломеративный метод,
- в качестве цветовых характеристик - усредненные для кластера показатели для трех цветовых компонент пространства RGB,
- в качестве характеристик формы - первый момент инвариации,
- в качестве характеристик местоположения - векторы долей регионов в каждой из четырех основных частей изображений.

Числовые значения коэффициентов приоритетов предлагается рассчитывать как:

$$a1 = \begin{cases} 0, \textit{если} \text{ свойства формы учитываются без цветовых;} \\ 0{,}5, \textit{если} \text{ свойства формы учитываются как основные;} \\ 1, \textit{в противном случае} \end{cases}$$

$$a2 = \begin{cases} 0, \textit{если} \text{ свойства формы не учитываются;} \\ 0{,}5, \textit{если} \text{ свойства формы учитываются как второстепенные;} \\ 1, \textit{в противном случае} \end{cases}$$

$$a3 = \begin{cases} 0, \textit{если} \text{ свойства местоположения не учитываются;} \\ 1, \textit{в противном случае.} \end{cases}$$

Результаты экспериментов по оценке характеристике точности контекстного поиска изображений приведены на рис. 2. В качестве тестового набора использовалась коллекция состоящая из 1000 24-битных изображений в формате JPEG, разделенная условно на 10 семантических групп: люди, динозавры, слоны, лошади, цветы и т.д.

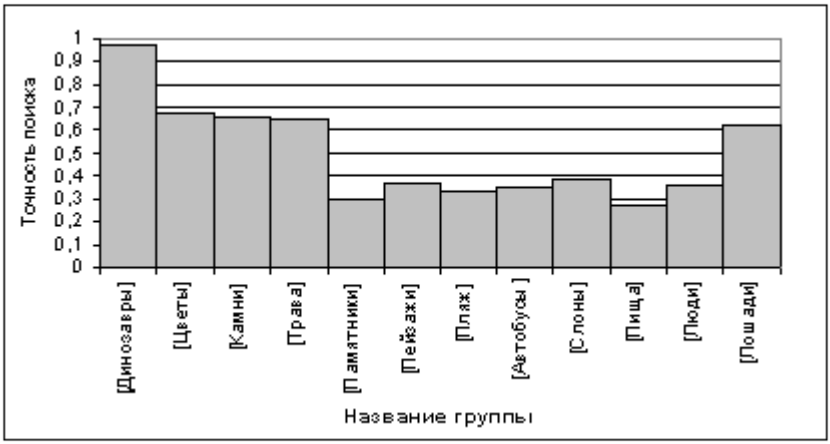


Рис.2. Результаты экспериментов по оценке точности контекстного поиска кластеризированных изображений

Заключение

В работе рассматриваются вопросы построения эффективных механизмов контекстного поиска в базах данных изображений. Проведен теоретический анализ основных существующих групп методов содержательного поиска изображений. В качестве наиболее перспективных предлагаются методы контекстного поиска изображений, основанные на сравнении характеристик отдельных групп пикселей. разработана экспериментальная программная система, с помощью которой проведана оценка характеристики точности контекстного поиска изображений.

Список литературы

1. *Eakins J.P., Graham M.E.* A report to the JISC Technology Applications Programme. - NewCastle: Institute for Image Data Research, 1999. - 54 p.

2. *Wang J. Z., Li J. Wiederhold G.* SIMPLIcity: Semantics-Sensitive Integrated Matching for Picture Libraries // IEEE Transactions on Pat-tern Analysis and Machine Intelligence. - 2001. - vol. 23, №9. - P. 947-963.

3. *Aslandogan Y.A, Yu C.T.*. Automatic Feedback for Content Based Im-age Retrieval on the Web // IEEE ICME'02. - 2002. - vol.1. - P. 221 - 224.

4. *Li J., Wang J.Z., Wiederhold G.*. Classification of Textured and Non-Textured Images using Region Segmentation // Proc. IEEE International Conference on Image Processing (ICIP). - Vancouver, Canada. - vol. 3. - 2000. - P. 754 -757.

5. *Barnard K., Forsyth D.* Learning the Semantics of Words and Pictures// International Conference on Computer Vision. - 2001. - P. 408-415.

6. *Башков Е.А., Вовк О.Л.* Оценка эффективности нового статистического иерархического агломеративного алгоритма кластеризации для распознавания регионов изображений - с. 117-130.

CONTEXTUAL IMAGE SEARCH

Emelyanov S.
Supervisor: M. Shleymovich
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This paper focuses on the selection of the features of the contextual search of images based on a comparison of the characteristics of individual groups of pixels (clusters, regions). Shows the results of experiments to assess accuracy in a meaningful search of visual information.

004.932.2

РАЗРАБОТКА УЛУЧШЕННОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОИСКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО БАЗЕ ДАННЫХ

Жукова К.С.
Научный руководитель: М.П. Шлеймович, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Рассматриваемый мной в данной работе проект связан с разработкой подхода поиска информации о фильме на основе изображения, полученного с фотокамеры. Будет выявлен оптимальный набор методов и техник, которые будут использованы для создания общедоступного приложения, позволяющему быстро найти название фильма и информацию по нему по изображению любого качества.

Цель работы - это разработка оптимального подхода поиска информации по фильму, который храниться в базе данных в виде кадров, по изображению с фотокамеры любого качества. Задачами является аналитический обзор предметной области, а именно:

- Обзор методов сегментации видеопотока, благодаря которым можно сжать базу и увеличить скорость поиска изображений;
- Обзор методов обработки изображений для улучшения качества изображения, полученного с фотокамеры, для дальнейшего более оптимального его использования;
- Обзор методов поиска идентичных изображений.

Перед тем, как осуществлять поиск по базе фильмов, необходимо обработать каждое видео, а именно сегментировать. Сегментирование позволяет разбить видео наборы кадров (См. Рис. 1).

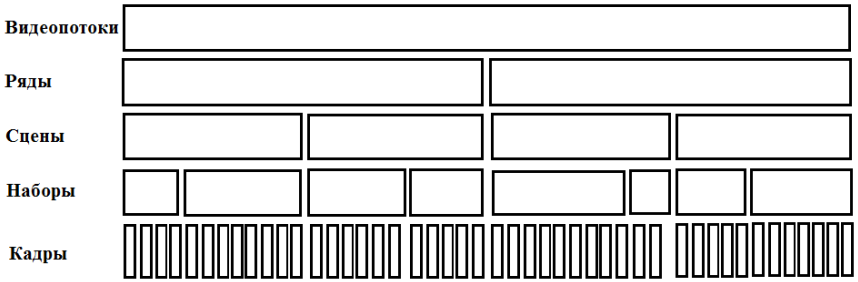


Рис. 1. Иерархия модели видеопотока, используемая при его сегментации

Набор из видео можно описать при помощи признаков, по которому в дальнейшим организовывается поиск нужного видео. Самой сложной частью этого метода является нахождение границ кадров. Нужно разработать такой алгоритм, который эффективно находит такие кадры, которые значительно отличаются от предыдущих. Если «расстояние» между изображениями выше порогового значения, создается новая граница набора кадров.

Для того, чтобы вычислить «расстояние» между изображениями, используются разные методы, например, [2]:

• Пиксельные методы. Кадры сравниваются попиксельно. Способ требует большого числа арифметических действий и весьма чувствителен к внешним шумам.

• Гистограммные методы. Вычисляется расстояние между гистограммами интенсивностей. Метод устойчив к небольшому смещению камеры, так как не содержит информации о пространственном распределении интенсивности.

• Блочные методы. Изображения разбиваются на блоки, которые затем сравниваются между собой методами, описанными выше. Благодаря учету пространственной структуры изображения, повышается релевантность проводимой сегментации.

• Методы, основанные на выделении характерных признаков. Выделяются из изображения более совершенных характерных признаков (инвариантные моменты, краевые точки, и др.).

• Комбинирование методов. Извлекаются частотные характеристики, определяются разности в значениях интенсивности и стоится гистограмма полутоновых изображений

При наличии подготовленной базы данных, необходимо обработать поступившее в систему изображение для улучшения качества и избавления от различных искажений.

Для улучшения качества изображения используется методы подавления яркостных помех. Яркостные помехи - это точечные и линейные искажения случайного характера. Для этого может использоваться масштабирование. При этом удаляются небольшие помехи, но остается форма и размеры изображения больших объектов. Метод просто реализовать, при этом получаются неплохие результаты при наличии статичной сцены и времени для обработки. Из линейных пространственных фильтров широко используются усредняющий фильтр и гауссиан [1]. Алгоритмы просты, но подавляется высокочастотная часть функции яркости изображения, содержащую полезную информацию о контуре.

Также используют нелинейный пространственный фильтр - медианный фильтр. Сравнение с аналогичными методами показывает, что он единственный, кто подавляет импульсные помехи [1]. Но есть и недостаток – вершины контура сглаживаются. Избежать можно при переходе к крестообразной маске 3х3 или 5х5 пикселей, при этом удаляются диагональные элементы. Однако основная сложность заключается в том, что одновременно с «затягиванием» разрыва минимального фильтра увеличивается толщина линии контура, так что последующее применение максимального фильтра для ее уменьшения требует постоянного контроля сохранения связности соседних точек контура.

Для улучшения качества изображений используются методы выделения контура, самый популярный – вычисление по координатам частных производных от функции яркости. Яркость не должна равняться нулю у пикселей, не содержащихся в контурные линии. Но из-за присутствия шумовых помех много пикселей после обработки фильтром имеют не нулевую яркость.

При обработке изображения используются контрастность и резкость. Часто увеличение контрастности зависит от яркости только соответствующего пикселя, благодаря чему формируется массив соответствия яркостей. Это позволяет сократить время обработки. Резкость – это производная функции яркости. Чем больше

размыта граница перехода между фрагментами, тем меньше резкость. Увеличить резкость фрагментов без изменения контрастности можно подчеркивая границы контурной линии.

После сегментации используют индексирование информации, которая содержится в наборах кадров. Необходимо описать набор, чтобы он был индексом во время поиска по базе данных. При этом чаще всего используются метод выделения ключевых кадров.

Для поиска изображений часто рассматриваются локальные и глобальные признаки изображения, по которым строятся вектора признаков, которые можно будет в дальнейшем сравнивать. Глобальные признаки описывают изображение целиком по каждому пикселю. Рассматривается средняя яркость, среднее значение по красному каналу, основные цвета, текстуры и т.д. Локальные описывают только какой-то фрагмент (сегмент изображения).

Глобальные признаки не работают, когда у изображений разный масштаб, разный фокус, освещение или когда есть перекрывающие изображения предметы. Тогда используются локальные признаки [3]. Здесь перебираются все возможные варианты. Но он вычислительно очень сложен, потому что нужно определить, как правильно выбрать фрагмент. При методе полного перебора работа идет медленно, так как получается много сопоставимых пар. При выборочном сравнении фрагментов могут быть найдены не все пары. В данном методе также является сложность найти «Ключевые» точки, по которым будут, строятся непересекающиеся пары. Было определено, что для более приемлемого результата количество фрагментов должно быть небольшим, фрагменты должны быть содержать максимум информации, быть уникальными, сопоставляемыми и локальными. Основные шаги при сравнении при использовании локальных признаков:

1. Локализуются «особые» точки;
2. Определяются окрестности ключевых точек;
3. Строятся вектора признаков для полученных фрагментов;
4. Сопоставляются наборов признаков для изображений.

Одни из самых известных локальных признаков - это Scale Invariant Feature Transform, Speeded Up Robust Features, PCA – Prin-

cipal Component Analysis.

SIFT [4] обнаруживает локальные особенности изображения. Признаки неизменны при масштабировании и повороте, инвариантны к различным шумам, изменению в освещении. Но их очень много и имеют высокую размерность.

PCA-SIFT [5] тип SIFT, при котором уменьшается размерность признаков при использовании главных компонент.

SURF [6] работает быстрее, чем SIFT, уменьшена чувствительность к шуму и повороту, но высока чувствительность к изменению освещении. Для того, чтобы ускорить поиск точек интереса применяются интегральные изображения [7].

Сходства (близость) векторов признаков двух объектов может быть описано с помощью эвклидова расстояния между векторами. Оно позволяет сформировать практически полезную классифицирующую функцию. [8]

На основе проведенного анализа предметной области можно сделать следующие выводы. Методов по различной обработке изображений очень много. Каждая проблема может решаться разными путями. В результате, создается огромная цепочка методов, где каждый метод следует из проблемы предыдущего метода, наиболее высокого по иерархии.

Основываясь на специфику приложения, на изученную литературу, реализуемость алгоритмов, на плюсы и минусы методов, были определены фавориты. Для реализации можно использовать уменьшение яркостных помех путем медианного фильтра, так как это проблема при фотографировании экрана. Также можно использовать сегментирование путем блочного метода и затем построить вектора признаков через локальные дескрипторы SURF для дальнейшего сравнения через эвклидово расстояние.

Список литературы

1. *Ерош И.Л., Сергеев М.Б., Соловьев Н.В.* Обработка и распознавание изображений в системах превентивной безопасности: Учебное пособие. // СПб.: ГУАП. 2006.

2. *Лукьяница А.А., Шишкин А.Г.* Цифровая обработка видеоизображений // Ай-Эс-Эс Пресс, 2009.

3. *Н. Васильевой.* Построение признаков и сравнение изображений: локальные признаки. Лекции от Яндекса // URL: https://habrahabr.ru/company/yandex/blog/255985. 2015.

4. *L. David.* Object recognition from local scale-invariant features. 2006.

5. *Y. Ke, R. Sukthankar*, PCA-SIFT: A More Distinctive Representation for Local Image Descriptors // Computer Vision and Pattern Recognition, 2004.

6. *H. Bay, T. Tuytelaars, L. V. Gool*, SURF: Speeded Up Robust Features // H. Bay, T. Tuytelaars, L. V. Gool, SURF: Speeded Up Robust Features. 2008

7. Wikipedia: Summed area table // URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Integral_image. 2017.

8. *Л. Шапиро, Дж. Стокман*. Компьютерное зрение. // пер. с англ. 2-е изд. (эл.). М.: БИНОМ. 2006.

DEVELOPMENT OF AN IMPROVED APPROACH TO SEARCH FOR IMAGES ON THE DATABASE

Zhukova K.

Supervisor: M. Shleymovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The project I'm considering in this paper is concerned with developing an approach to finding information about a film based on an image taken from a camera. An optimal set of methods and techniques will be identified, which will be used to create a public application, allowing you to quickly find the name of the film and information on it on the image of any quality.

УДК 004.62

РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-ПРИЛОЖЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО МАРКЕТИНГА НА ОСНОВЕ ОТКРЫТЫХ ДАННЫХ

Жукова С.А., Пинаев А.Ю.
(Чайковский технологический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова, г. Чайковский)

Открытое правительство, открытые данные – это популярное направление, целью которого является создание условий доступности информации и услуг для населения. В статье рассматривается программный комплекс оценки качества жизни региона на примере Пермского края на основе данных, опубликованных на портале Правительства Пермского края http://opendata.permkrai.ru/opendata.

В настоящее время органы исполнительной власти всех уровней публикуют данные по множеству порталов. У каждого министерства, федерального ведомства, а также регионального и муниципального образования имеется специальный раздел на порталах для публикации открытых данных. Основной целью формирования открытых данных является упростить доступ к информации, в которой нуждается современное общество [1]. Открытые данные (OpenData) — это концепция, заключающаяся в том, что данные должны быть свободно доступны для всех пользователей и пригодны для повторного использования без каких-либо ограничений и контроля со стороны публикатора данных. Развитие данной концепции поддерживается нормативными документами [2,3].

Одним из важнейших требований в работе с открытыми данными — это публикация их в машиночитаемых форматах, к которым относятся:

1. Формат PDF (Portable Document Format). Позволяет представлять полиграфическую продукцию в электронном виде.

2. Формат XML (eXtensible Markup Language), который пригоден для машинной обработки и удобен для обмена данными, а также документами в интернете.

3. Формат CSV. Табличный формат данных.

4. Формат JSON (JavaScript Object Notation). Текстовый формат обмена данными, который высоко пригоден для машинной обработки.

Вместе с тем, публикация данных в открытых машиночитаемых форматах является недостаточным для упрощения процедуры получения информации. Необходима разработка и развитие информационных сервисов и программных средств, направленных на упрощение получение информации гражданами по определенной тематике или проблеме.

Авторами разработано интернет-приложение, которое предоставляет пользователю в удобной для чтения и понимания форме информацию о качестве жизни Пермского края, его городов и районов: состояние жилья, преступности или экологии и прочее. В качестве источника данных используются опубликованные на сайте http://opendata.permkrai.ru/ данные обо всех этих сторонах жизни Пермского края. Каждый показатель располагается в отдельном XML-файле, что облегчает машинную обработку. Приложение рассчитано для всех людей, проживающих в Пермском крае или интересующихся Пермским краем и желающих получить информацию о качестве жизни по определенным показателям, доступным в открытом формате.

Для расчета показателей качества жизни использована методика, предложенные в [4]. Исходными данными для расчета являются следующие показатели Пермского края [5]:

1. Экология

- выбросы загрязняющих веществ в атмосферу в тоннах;
- количество предприятий, имеющих выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

2. Инфраструктура

- число спортивных сооружений;
- общая площадь ветхих жилых помещений;
- общая площадь аварийных жилых помещений.

3. Экономическое развитие

– наличие собственных легковых автомобилей на 1000 населения на конец года.

4. Социальная сфера

– число дошкольных образовательных учреждений;

– обеспеченность местами детей, находящихся в дошкольных образовательных учреждениях на 1000 детей дошкольного возраста;

– охват дошкольными образовательными учреждениями детей в возрасте 1-6 лет (скорректированный на численность детей в возрасте 5, 6 лет, обучающихся в школе), процент;

– число дневных государственных общеобразовательных учреждений.

5. Безопасность.

– число зарегистрированных преступлений.

Программный комплекс включает следующий функционал:

1) Построение модели целевых показателей и критериев оценки качества жизни.

2) Создание комбинации показателей с возможностью сравнения.

3) Возможность выбрать из предлагаемого списка регионы и города, по которым следует выводить информацию.

4) Возможность указать период, за который следует выводить информацию.

5) Вывод запрошенной информации в виде таблиц и графиков.

6) Сравнительный анализ показателей за указанный период.

На рисунке 1 представлена общая схема работы программного комплекса. Подключение к порталу открытых данных осуществляется посредством сети Интернет. При успешном подключении, пользователем выбирается перечень показателей и населенных пунктов Пермского края. На основании запроса осуществляется передача отобранных XML-файлов, содержащих показатели. XML-файлы обрабатываются, т.е. осуществляется их разбор (парсинг), извлечение данных и затем вычисление показателей качества жиз-

ни. Результаты отображаются в наглядной форме: график, таблица или текст.

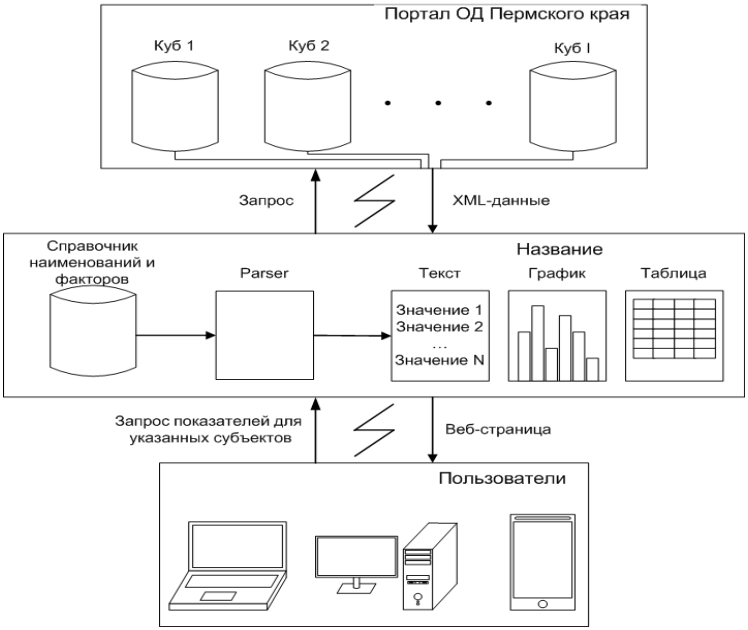


Рис. 1. Общая схема работы программного комплекса

Следует выделить ключевые особенности приложения, которые соответствуют современным тенденциям развития информационных технологий:

1) обеспечение информационной совместимости за счет возможности загрузки в формате XML, JSON.

2) обеспечение расширяемости за возможности добавления номенклатуры показателей и составление различных комбинаций с учетом информационной потребности пользователя.

Приложение вычисляет индексы качества жизни, разделенные на группы (рисунок 2):

- Общий индекс качества жизни
- Общий индекс по группе Социальная среда
- Общий индекс по группе Уровень жизни

– Общий индекс по группе Экология

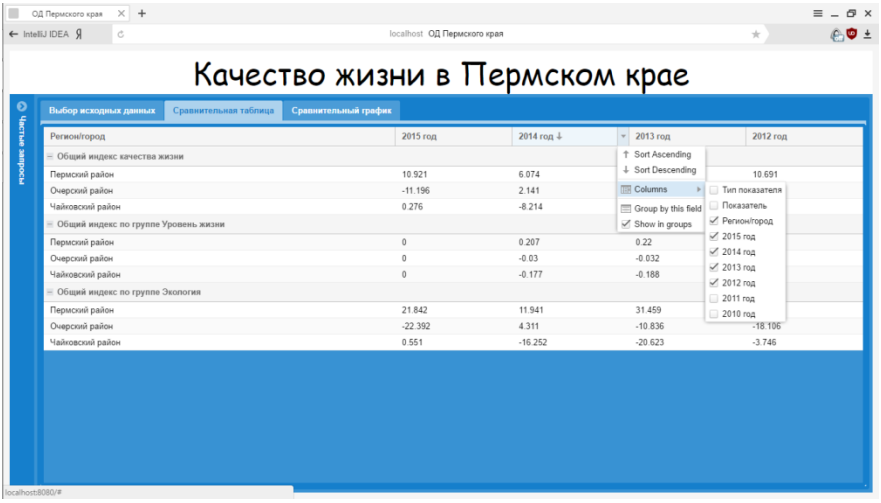


Рис. 2. Пример работы приложения

Таким образом, приложение в значительной мере упростит пользователям провести территориальный маркетинг на основе актуальных и достоверных опубликованных данных: позволит просто и наглядно получать информацию, а так же проводить сравнения городов и районов территории между собой по различным критериям, как за текущий год, так и в динамике. Приложение может быть адаптировано для любого региона РФ, имеющего портал открытых данных.

Список литературы

1. Сайт открытых данных http://opendata.open.gov.ru/.
2. Постановление Правительства РФ от 10.07.2013 № 583 «Об обеспечении доступа к общедоступной информации о деятельности государственных органов и органов местного самоуправления в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в форме открытых данных».
3. Распоряжение Правительства РФ от 10 июля 2013 г. № 1187-р «О Перечнях информации о деятельности

государственных органов, органов местного самоуправления, размещаемой в сети «Интернет» в форме открытых данных».

4. *Л.А. Беляева* «Уровень и качество жизни. Проблемы измерения и интерпретации» / Социологические исследования, №1 2009, С. 33-42.

5. Портал открытых данных Пермского края http://opendata.permkrai.ru/opendata/.

EVALUATION OF THE QUALITY OF LIFE OF THE PERM REGION, BASED ON OPEN DATA

Zhukova S., Pinaev A.
(Tchaikovsky Technological Institute (branch) of the Izhevsk State Technical University, Tchaikovsky)

Open Government, Open Education – a popular trend is aimed at creating conditions for the availability of information and services for the population. The article discusses the project for assessing the quality of life of the region on an example of the Perm region, based on open data.

УДК 519 П764

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Заляева А.Р.
Научный руководитель: Э.Г. Тахавова, к.э.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В статье рассматривается применение возможностей сетей Петри в задачах моделирования. Представлен вариант использования сети Петри на примере задачи моделирования транспортного потока, описана схема сети с использованием возможностей современного приложения TimeNET в реализации модели.

Методы моделирования являются необходимым этапом проектирования разнообразных систем в автомобилестроении, авиастроении, медицине, логистике и других областях [1]. Одним из инструментов, широко используемых для построения моделей различных систем и процессов, являются сети Петри. Сети Петри впервые описана Карлом Петри в 1962 году как инструмент для моделирования динамических систем [2]. Теория сетей Петри делает возможным построение модели системы в виде сети Петри, анализ которой помогает получить важную информацию о структуре и динамическом поведении моделируемой системы. Манипулируя моделью системы, можно получить новые знания о ней, избегая опасности, дороговизны или неудобства анализа реальной системы. Моделирование с помощью сетей Петри осуществляется на событийном уровне. Поведение системы определяется через обозначение того, какие действия происходят в системе, какие состояния предшествовали этим действиям, а также в какое состояние придет система после выполнения какого-либо действия. Анализ результатов может сказать о том, в каких состояниях побывала система, какие состояния не были достигнуты, а какие из них в принципе недостижимы [2].

Рассмотрим следующую задачу. Пусть необходимо описать

модель эксплуатирования автомобильного и пассажирского парома между Стокгольмом и Санкт-Петербургом. Для упрощения задачи рассмотрены только те транспортные средства, которые направляются в Санкт-Петербург. Основные параметры, характеризующие систему, имеют следующие значения.

- В среднем поступает 3 машины в час (экспоненциально распределенное время между прибытиями) в причал в г. Стокгольм для ожидания парома в Санкт-Петербург.
- Если паром не прибыл в гавань или уже заполнен, автомобили ожидают следующий.
- Вместимость парома – 300 автомобилей.
- Существует убирающийся мост для въезда и выезда с парома, по которому может проехать только один автомобиль. Время перехода по мосту составляет 30 секунд на машину (экспоненциальное распределение). Автомобили могут быть на мосту только тогда, когда паром пришвартован к порту.
- В то время, как паром пришвартован в Стокгольме, автомобили имеют в расположении на въезд один час. Если паром заполнен, он может покинуть гавань до этого времени, иначе он отплывет через один час.
- Время в пути между двумя портами составляет 36 часов.
- Все автомобили покидают паром в Санкт-Петербурге по прибытии. Когда паром пуст, он покидает гавань по направлению в Стокгольм.

В соответствии с изложенными условиями, разработана модель для описанного поведения системы на основе сети Петри. Модель позволяет указать задержки срабатывания всех переходов в единой единице времени. Схема содержит все необходимые для построения модели подробности. Значение переходов и позиций понятно из их названий. Не должно быть взаимоблокировок или других проблем с поведением модели.

Достоинством сети Петри является сочетание графического и математического инструментов моделирования. Модель состоит из позиций, переходов и дуг, которые соединяют их. Позиции могут содержать маркеры. Текущее состояние моделируемой системы определяется числом маркеров в каждой позиции. Переходы

являются активными компонентами. Они моделируют действия, которые могут произойти (срабатывание переходов), таким образом изменяя состояние системы. Переходы разрешены только в том случае, если они активированы, что означает, что все предварительные условия для деятельности должны быть выполнены (имеется достаточно маркеров, доступных во входных позициях). Когда переход срабатывает, он удаляет маркеры из своих входных позиций и добавляет некоторые на всех своих выходных позициях. Количество удаленных и добавленных маркеров зависит от мощности каждой дуги. [3]

На Рис.1 представлена полученная схема, для построения использовалось приложение TimeNET, современное приложение, разработанное и совершенствуемое группа немецких ученых [3]. Схема состоит из двух логических частей – в первой описываются переходы и позиции автомобиля от момента приезда в пункт А до момента покидания им парома в пункте Б; во второй части схемы показаны позиции и переходы самого парома – от момента отбытия из пункта А до момента повторного прибытия в пункт А. Также не были ранее упомянуты позиции, на которых паром и мост пусты, но их следует учесть для полноты модели. Две позиции, когда автомобиль на мосту и мост пуст, указываются рядом и представлены в виде семафора, чтобы урегулировать корректный пропуск автомобилей на паром. У позиции, обозначающей пустой паром, указан параметр вместимости, равный 300 по условиям задачи.

Все позиции и переходы соединены между собой дугами. Входными дугами называются такие, которые соединяют места с переходами, а выходными такие, которые начинаются в переходах и ведут к состояниям. Дуги могут соединять только два элемента разных типов, что является правилом при построении сети Петри. Это означает, что в данной схеме не может быть дуги, соединяющей две позиции или же два перехода.

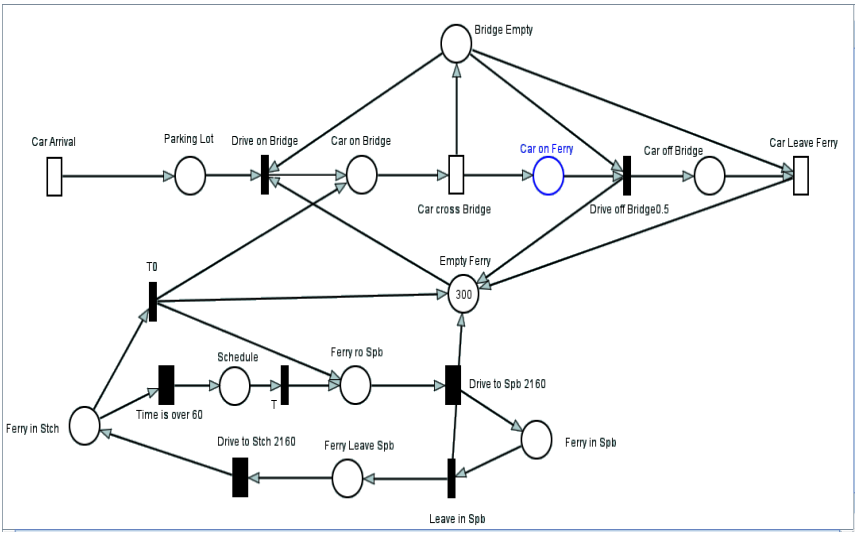


Рис. 1.Схема транспортного потока в TimeNET

На Рис.2 представлен фрагмент схемы, который позволит продемонстрировать ход работы всей сети Петри. Здесь представлены две позиции. Позиция 1 (Car on Bridge) – маркер (в этом случае автомобиль) находится на мосту и Позиция 2 (Bridge Empty) – мост пуст. Между этими двумя позициями присутствует переход, который демонстрирует переход маркера по мосту. Этот переход может привести к двум новым состояниям – это уже отмеченная Позиция 1 (Car on Bridge) и Позиция 3 (Car on Ferry), при которой автомобиль перемещен в паром. Также захвачен переход, по которому маркеры перемещаются на мост. Работу данного участка схемы можно сравнить с семафором. Например, если маркер находится в Позиции 1 (Car on Bridge), то разрешен переход на Позицию 2 (Bridge Empty) через переход. Если же маркер находится в Позиции 2 (Bridge Empty), то переход, соответственно, запрещен. В данной схеме каждая позиция имеет несколько атрибутов, среди которых - текст (уникальное название), вместимость – количество маркеров, которые содержатся в позиции. Изначальная вместимость для всех позиций равна нулю.

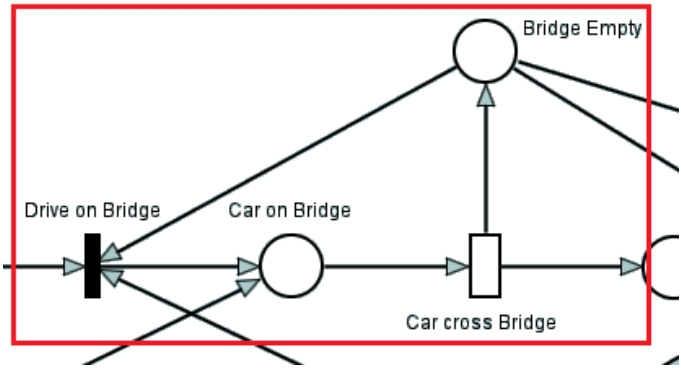


Рис. 2. Фрагмент схемы с описанием передвижения через мост

Переход 1 (Drive on Bridge), обозначающий проезд на мост является непосредственным. Этот переход содержит следующие атрибуты – текст (уникальное название), приоритет – обозначает приоритетность непосредственных переходов перед запланированными, равен единице, вес – обозначает возможность срабатывания перехода, также равен единице. Переход 2 (Car cross Bridge), в отличие от Перехода 1 (Drive on Bridge), является запланированным. Из атрибутов у такого перехода имеется текст, или уникальное название и время на срабатывание.

Построенная для описанной задачи сеть Петри – это схема, характеризующая систему, учитывающая все возможные состояния, события и переходы, не содержащая блокировок. В дальнейшем можно выйти за рамки поставленной задачи и смоделировать поведение системы, запустив перемещение маркеров, в этом случае – автомобилей, в соответствии с описанной системой. Этот механизм позволит проанализировать движение транспорта и найти возможные проблемы. Как итог, получить универсальную модель транспортировки между двумя пунктами, которую можно было бы использовать в логистических целях. Основной задачей в дальнейшей работе по данной теме является исследование поведения модели, а именно определение критериев останова процесса моделирования.

Список литературы

1. *Суздальцев В.А., Тахавова Э.Г., Шлеймович М.П.* Представление знаний в информационных системах. Математическое моделирование – учебное пособие; М-во образования и науки Российской Федерации, Казанский гос. технический ун-т им. А.Н. Туполева. Казань, 2005.

2. *Wolfgang Reisig, Petri Nets*. Modeling Techniques, Analysis Methods, Case Studies. Humboldt-Universität zu Berlin, Germany 2013

3. *Reinhard German, Christian Kelling, Armin Zimmermann, Günter Hommel*. TimeNET: a toolkit for evaluating non-Markovian stochastic Petri nets. 1995/11/1. P 69-87.

CONSTRUCTION OF THE TRANSPORT STREAM MODEL BASED ON PETRI NETS

Zaliaeva A.
Supervisor: E. Takhavova, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The article reveals the application of the capabilities of Petri nets in simulation problems. The article describes the use of the Petri net on the example of the problem of the transport stream modeling, a network diagram is presented using the capabilities of the modern TimeNET application in the model implementation.

УДК 004.89

ПРИМЕНЕНИЕ НАИВНОГО БАЙЕСОВСКОГО КЛАССИФИКАТОРА В ОБРАБОТКЕ ТЕКСТОВ

Зиннатуллин А.Ф.
Научный руководитель: И.С. Ризаев, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Рассмотрена математическая модель наивного байесовского классификатора. Приведен пример реальной задачи с применением рассматриваемого классификатора. Перечислены его основные достоинства и недостатки.

Развитие информационных технологий способствовало решению многочисленных приложений задачи обработки текстовой информации, таких как задача машинного перевода с одного естественного языка на другой, задача информационного поиска, задача извлечения знаний из текста и др. Однако многие задачи попрежнему остаются нерешенными. Для их решения необходимы новые эффективные методы и алгоритмы обработки текстовой информации [1].

Целью работы является знакомство с одним из эффективных классификаторов обработки текстовой информации – наивным байесовским алгоритмом.

Наивный байесовский классификатор – это классификатор, основанный на теореме Байеса с допущением того, что наличие одного признака в классе не связано с наличием другого признака. Например, апельсин можно считать фруктом, если он оранжевый и его диаметр составляет порядка семи сантиметров. Несмотря на то, что эти признаки зависят друг от друга или от других признаков, порядок следования этих признаков не имеет значения, они вносят независимый вклад в то, что этот фрукт является апельсином. Благодаря таким допущениям байесовский классификатор называется «наивным» [2,3].

Рассмотрим математическую модель наивного байесовского алгоритма.

Пусть задано множество объектов $O = \{O_1, O_2, \dots, O_m\}$. Каждый объект этого множества обладает признаками из множества признаков $L = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ и меткой из множества меток $C = \{C_1, C_2, \dots, C_k\}$.

Необходимо вычислить значение случайной величины C, при котором достигается апостериорный максимум. То есть C_{MAP}.

$$C_{MAP} = \arg\max P(c|O), c \in C$$

1. Применим теорему Байеса

$$C_{MAP} = \arg\max \frac{P(O|c)\,P(c)}{P(O)}, c \in C$$

2. Так как вычисляем апостериорный максимум, то значение вероятности $P(O)$ можно не учитывать.

$$C_{MAP} = \arg\max P(O|c)\,P(c), c \in C$$

3. Чтобы не оперировать со значениями вероятностей близкими к нулю вычислим логарифм апостериорного максимума.

$$C_{MAP} = \arg\max log(P(O|c)\,P(c)), c \in C$$

Так как в наивном байесовском классификаторе вероятность одного признака не связана с вероятностью другого признака и порядок следования признаков не имеет значения, то имеет место следующее выражение:

$$P(l_i \cap l_j | c) = P(l_i|c)P(l_j|c)$$

Учитывая наивность байесовского классификатора получим:

$$\begin{aligned} C_{MAP} &= \arg\max \log(P(O|c)\,P(c)) = \\ &= \arg\max log\, P(l_1, l_2, \dots, l_n|c)\,P(c) = \\ &= \arg\max \log P(c) * \prod_{i=1}^{r} P(l_i|c) = \\ &= \arg\max \log P(c) + \sum_{i=1}^{r} P(l_i|c) \end{aligned}$$

Байесовская фильтрация спама

В качестве применения наивного байесовского классификатора рассмотрим следующую задачу:

Даны три электронных письма. Для каждого письма известен его класс (SPAM – письмо является спамом, NOT-SPAM –письмо не является спамом).

«Для Вас подарок» (SPAM)

«Спешите заказать пояс» (SPAM)

«Надо заказать диван» (NOT-SPAM)

Построим модель классификатора. Для этого определим частоты классов, суммарное количество слов (Таблица 1) и частоты каждого слова в каждом классе (Таблица 2).

Таблица 1

	SPAM	**NOT-SPAM**
частоты классов	2	1
суммарное количество слов	6	3

Таблица 2

	SPAM	**NOT-SPAM**
для	1	0
вас	1	0
подарок	1	0
спешите	1	0
заказать	1	1
пояс	1	0
надо	0	1
диван	0	1

Формулу вычисления апостериорного максимума (C_{MAP}) можно записать в следующем виде:

$$C_{MAP} = \arg\max[log\frac{K_C}{K} + \sum_{i \in N} log\frac{WiC + 1}{|V| + Q_C}\ ]$$

K_C – количество документов в обучающей выборке принадлежащих классу «С»;

K – общее количество документов в обучающей выборке;

$|V|$ –количество уникальных слов во всех документах в обучающей выборки;

Q_C – суммарное количество слов в документах класса «С» в обучающей выборке;
W_{iC} – частота слова в документах класса «С» в обучающей выборке;
N –множество слов классифицируемого документа (включая повторы).

Замечание: необходимо учитывать, что на этапе классификации может встретиться слово, которого не было на этапе обучения. Следовательно, частота данного слова в документе будет равна нулю и необходимо вычислить логарифм нуля, который не существует. Решением данной проблемы является «сглаживание Лапласа». Смысл «сглаживания» в том, что мы прибавляем единицу к частоте каждого слова. Именно поэтому в числителе вышеуказанной формулы вычисления апостериорного максимума прибавляется единица.

Слово «заказать» присутствует во всех двух классах. В качестве примера возьмем фразу «надо заказать еду».

Рассчитаем значение фразы для класса SPAM:

$$log\frac{2}{3} + log\frac{1}{8+6} + log\frac{2}{8+6} + log\frac{1}{8+6} \approx -7{,}629$$

Рассчитаем значение выражения для класса NOT-SPAM:

$$log\frac{1}{3} + log\frac{2}{8+3} + log\frac{2}{8+3} + log\frac{1}{8+3} \approx -6{,}906$$

Так как значение фразы класса SPAM меньше значение фразы класса NOT-SPAM, то данная фраза не будет отмечена как спам.

Достоинства наивного байесовского классификатора

- Для классификации необходимо малое количество данных для обучения.
- Лучше работает с категорийными признаками, чем с непрерывными. В непрерывных используется распределение Гаусса, что является сильным допущением.
- Возможность прогноза во время вычисления вероятностей.
- Быстрота и эффективность относительно пространства.

Недостатки наивного байесовского классификатора

- Значения спрогнозированных вероятностей не всегда точны.

- Допущение независимости признаков. Наборы полностью независимых признаков очень редко встречаются.
- В случае, когда условная вероятность равна нулю.

Заключение

В данной работе рассмотрена математическая модель наивного байесовского классификатора. Приведен пример решения задачи с применением данного классификатора. Перечислены его основные достоинства и недостатки.

Список литературы

1. *Кремер Н.Ш.* «Теория вероятностей и математическая статистика», учебник, ЮНИТИ-ДАТА, 2010. 551 с.

2. *Nelson E.* Regular probability measures on function space // Ann. of Math. 1959. V. 69. P. 630–643.

3. *Ризаев И.С.* Выделение объектов на основе байесовской классификации./ И.С. Ризаев, Л.М. Шарнин, З.Т. Яхина. – В сборнике: Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015) труды Международной научно-технической конференции СГАУ. 2015. С.112-115.

APPLICATION OF THE NAIVE BAYESOV CLASSFIER IN THE TEXT PROCESSING

Zinnatullin A.

Supervisors: I. Rizayev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The mathematical model of the naive Bayesian classifier are considered. An example of a real problem with application of the classifier is considered. The advantages and disadvantages of this classifier are listed.

УДК 004.89

МЕТОД И АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

Зиннатуллин А.Ф.
Научный руководитель: С.А. Зарайский, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Рассмотрена математическая модель метода перебора. Предложен алгоритм расчета траектории перемещения подвижного объекта. Приведены его основные достоинства и недостатки.

С каждым годом благодаря появлению и развитию новых технологий все большую актуальность приобретают устройства, для управления которыми нет необходимости присутствия человека. Такими устройства являются, например, всевозможные роботы, беспилотные летательные аппараты и др. В настоящее время существует достаточно большое количество методов и алгоритмов расчета траектории перемещения подвижного объекта. Однако с постоянной потребностью в автоматизации существующих методов и алгоритмов оказывается недостаточно. Для решения задач необходимы новые эффективные методы и алгоритмы расчета траектории перемещения подвижного объекта.

Целью работы является знакомство с одним из самых эффективных методов расчета траектории перемещения подвижного объекта – методом перебора.

Математическая модель метода перебора

Дана функция *F(x):* [a,b]∈R.

Пусть задано число наблюдений *n.*

Задача оптимизации выглядит следующим образом:

$$F(x) \to min_{x\in[a,b]}$$

Разделим отрезок [a,b] на n+1 равных частей:

$$x_i = a + i\frac{b-a}{n+1}\ ,\ i = 1,\ldots,n$$

Вычислим значения функции *F(x)* в точках x_i, $i = 1,\ldots,n$

Найдем точку x_j.. Для этого вычислим значение функции $F(x_j)$, удовлетворяющее следующему условию:

$$F(x_j) = min_{x\in[a,b]} F(x_i) \text{ , } i = 1,\ldots,n$$

При этом погрешность $\varepsilon = \frac{b-a}{n+1}$

Постановка задачи

Рассмотрим следующую задачу.

Пусть дана плоскость в виде сетки с ячейками одинакового размера (как шахматная доска). Ячейки соответствующим образом отличаются по цвету. На плоскости расположено некоторое количество объектов. Изначально объекты расположены случайным образом. Погрузчик, перемещаясь по плоскости, должен расставить объекты по ячейкам. При этом существуют «правильные» ячейки, куда погрузчик должен доставить объект. Задача заключается в написании алгоритма расстановки объектов по ячейкам определенного цвета и при этом большинство объектов установить на «правильные» ячейки.

Замечание: введем необходимые дополнительные условия и ограничения для решения задачи:

- плоскость разделена на 36 ячеек (6х6 клеток);
- количество объектов равно 9;
- размер объекта равен половине размера ячейки;
- на одну ячейку можно установить только один объект;
- обозначим коэффициент значимости каждого объекта буквой *K*. Выгоднее расставлять объекты с наибольшими коэффициентами значимости.
- Обозначим степень важности ячейки буквой S. В случае расстановки объектов на «правильные» ячейки степень важности ячейки S увеличиваем на единицу.

Алгоритм метода перебора

1. Случайным образом расставляем объекты на плоскость;
2. Выбираем начальную точку движения погрузчика;
3. Выбираем конечную точку движения погрузчика;
4. В цикле проверяем, совпадают ли объекты с траекторией движения погрузчика:

4.1 Если совпадают, то увеличиваем коэффициент значимости объектов на единицу и переходим к пункту 4.2.1;

4.2 Если не совпадают, то проверяем, все ли точки на плоскости были задействованы;

4.2.1 Если все точки были задействованы, то выбираем объект с большим коэффициентом значимости и переходим к пункту 5;

4.2.2 Если не все точки были задействованы, то возвращаемся к пункту 3;

5. Выбираем точки для траектории движения погрузчика;

6. В цикле проверяем, совпадают ли ячейки с траекторией движения погрузчика:

6.1 Если ячейки совпадают с траекторией движения погрузчика, то увеличиваем степень важности ячейки на единицу и переходим к пункту 6.2.1;

6.2 Если не совпадают, то проверяем, все ли точки на плоскости были задействованы:

6.2.1 Если все точки были задействованы, то выбираем ячейку с большей степенью важности. На этом этапе алгоритм прекращает свою работу.

6.2.2 Если не все точки были задействованы, то возвращаемся к пункту 5.

Данную задачу можно было бы решить несколькими известными методами, например, методом искусственного интеллекта, методом локальных вариаций, методом частичного повторения и трассировочным методом. Проанализировав существующие методы, оказалось, что метод перебора является самым оптимальным методом решения задачи расчета траектории перемещения подвижного объекта. Рассмотренную в качестве примера задачу возможно решить на компьютере методом перебора, в то время как с помощью вышеперечисленных методов пока невозможно найти решение задачи расчета траектории перемещения подвижного объекта с помощью компьютера.

Достоинством методом перебора является простота в понимании. Недостатком рассмотренного метода в том, что необ-

ходимо выполнить большое количество вычислений, что приводит к значительным временным затратам на расчеты.

Заключение

В данной работе рассмотрена математическая модель метода перебора. Приведен пример решения задачи с применением данного метода. Предложен алгоритм решения задачи расчета траектории перемещения подвижного объекта. Приведены достоинства и недостатки метода перебора.

Список литературы

1. *Allen B.L., Shin B.T., Cooper D.J.* Analysis of traffic conflicts and collision // Journal of the Transportation Research Board. 1978. Vol. 667. P. 67–74.

2. *Девятков В.В.* Пространственно-временной анализ ситуаций на множестве движущихся объектов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Приборостроение. 2011. № 3.С. 88–112.

3. *Veeraraghavan H., Masoud O., Papanikolopoulos N.* Computer vision algorithms for intersection monitoring // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2003. Vol. 4, № 2. P. 78–89.

METHOD AND ALGORITHM FOR CALCULATING THE TRAJECTORY OF MOVING MOBILE OBJECT

Zinnatullin A.

Supervisors: S. Zaraysky, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The mathematical model of search method is considered. An algorithm for calculating the trajectory of moving mobile object is proposed. The advantages and disadvantages of this algorithm are given.

УДК 657.6

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПОСТУПЛЕНИЙ ТОВАРА

Иванова С.В.
Научный руководитель: С.А. Ляшева, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлены результаты разработки автоматизированной системы контроля поступлений товара. Разработанная система позволит повысить эффективность работы торговых предприятий.

За последние двадцать лет значительно возрос объём и оборот информации во всех сферах жизнедеятельности человека: экономической, финансовой, духовной. И процесс накопления, обработки и использования знаний постоянно ускоряется. Учёные утверждают, что каждые десять лет количество информации увеличивается вдвое. В связи с этим возникает необходимость использования автоматизированных информационных систем, позволяющих эффективно хранить, обрабатывать и распределять накопленные данные.

Автоматизированная система представляет собой систему сбора и анализа информации с применением современных автоматических средств обработки данных и математических методов для регулярного решения задач управления производственно-хозяйственной деятельностью.

Процесс автоматизации деятельности предприятия включает такие этапы как разработка технического задания, описание и проектирование информационных процессов, создание базы данных, построение пользовательского интерфейса, тестирование и отладка системы. Дальнейшее развитие системы предусматривает анализ и сопровождение. На этапе эксплуатации системы также может потребоваться произвести перепроектирование системы в соответствии с изменениями структуры предприятия.

Автоматизированная система контроля поступлений товара представляет собой решение, реализованное с применением облачных технологий и облачных вычислений. Целью разработки системы является автоматизация торговой деятельности небольших предприятий. Цель конкретизируется в следующих задачах: автоматизаций функций учета товара, расчета розничной цены, формирование отчетности.

Система имеет трехзвенную архитектуру:

– хранилище данных СУБД Oracle;

– сервер приложений, обеспечивающий функционирование Системы. Сервер приложений функционирует на основе сервера обеспечения удаленного доступа;

– тонкий клиент на рабочих местах с возможностью удаленного доступа (Web-браузер).

БД и сервер приложений функционируют централизованно на выделенных серверах центра обработки данных. Пользователи подключаются к центру обработки данных Системы и работают в нем с использованием удаленного доступа. В качестве клиентского приложения используется web-браузер.

Система состоит из нескольких взаимозависимых частей: учет товара, расчет розничной цены на товар, анализ торговой деятельности. Общая схема автоматизации процесса контроля поступлений товара представлена на рисунке 1.

В системе можно выделить следующие процессы: «Учет товара», «Расчет розничной цены» и «Анализ торговой деятельности».

Для процесса «Учет товара» входными данными являются: сведения о заказанных товарах, товарно-транспортная накладная от поставщика, счет-фактура от поставщика. Выходным данными являются: приходные накладные, товарно-транспортная накладная поставщику с отметкой о получении товара, информация о количестве товара.

Для процесса «Расчет розничной цены» входными данными являются: оптовая цена, наценка на товар, НДС. Выходным данными являются: розничная цена на товар.

Для процесса «Анализ торговой деятельности» входными данными являются: сведения о заказанных товарах, расходные накладные, розничная цена, дата продажи. Выходным данными являются: отчет о прибыли, информация о количестве товара на складе.



Рис. 1. Общая схема контроля поступлений товара

Использование автоматизированной системы контроля поступлений товара позволит сократить время на оформление доку-

ментов, улучшить контроль товарооборота на предприятии и, как следствие, повысить эффективность его работы.

Список литературы

1. *Ляшева С.А., Кирпичников А.П., Еремеев Д.Е., Шлеймович М.П.* Мультплатформенная система опросов// Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т.19, № 18. – С. 139-142.

2. *Кирпичников А.П., Ляшева С.А., Шлеймович М.П., Еремеев Д.Е.* Автоматизированная система взаимодействия пользователей с базой данных посредством приложений для мобильных устройств// Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т.18, № 3. – С. 235-238.

3. *Хетагуров, Я.А.* Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления (АСОИУ): учебник. – Эл. изд.: учебное электронное издание / Я.А. Хетагуров. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 243 с.

4. *Томас К., Каролин Б.* Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. – М.: Издательский дом Вильямс, 2004. – 1436 с.

AUTOMATED SYSTEM OF ACCOUNTING GOODS

Ivanova S.
Supervisor: S. Lyasheva, PhD, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The results of the development of an automated system for the control of goods receipts are presented. The developed system will increase the efficiency of trade enterprises.

УДК 62-523.8

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ В СФЕРЕ ТОРГОВЛИ

Иванова С.В.
Научный руководитель: С.А. Ляшева, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлены результаты существующих решений автоматизированных систем управленческого учета организаций, занимающихся розничной торговлей.

В условиях современного развития экономики основу эффективного управления любым предприятием составляют планирование, контроль выполнения и анализ результатов деятельности предприятия. На сегодняшний день автоматизация деятельности становится неотъемлемой частью практически любого предприятия. Торговым компаниям в процессе работы приходится иметь дело с обработкой больших массивов разнородной информации, вести учет движения товаров, денежных средств, обрабатывать большое количество первичной документации, планировать финансовые потоки.

На современном рынке программного обеспечения существует большое количество систем учета товаров, однако большинство из них ориентированы на слишком широкую предметную область и не учитывают особенностей конкретного предприятия. В некоторых из них отсутствует необходимый функционал, реализован неудобный и сложный пользовательский интерфейс в других – имеются «лишние» функции, за которые нет смысла платить.

Ниже представлен обзор некоторых существующих решений автоматизированных систем в сфере торговли.

Автоматизированная система «1С-Рарус: Магазин 2.0».

«1С-Рарус: Магазин, редакция 2» предназначена для автоматизации управленческого учета организаций, занимающихся розничной торговлей. Используется для автоматизации деятельности

небольших магазинов, рабочих мест продавцов в соответствующих отделах и рабочих мест кассиров в супермаркетах. Функциональные возможности системы позволяют автоматизировать регистрацию накладных от поставщиков и оприходование товара на склады (в отделы), расчет розничной цены и переоценку товарных остатков, а также работу кассира. Основными недостатками решения «1С-Рарус: Магазин, редакция 2» являются высокая стоимость продукта, большие дополнительные затраты, связанные с закупкой сопровождающего оборудования, лицензий, обучением персонала, технической поддержкой.

Прикладное решение «1С:Розница».

Прикладное решение «1С:Розница 8» используется для автоматизации торговой деятельности розничных магазинов и магазинов, объединенных в торговую сеть. Решение позволяет автоматизировать учет товаров в торговых залах и на складах магазина, а также учет денежных средств в кассах магазина. Также возможно вести список номенклатурных групп товаров. Эти списки используются для автоматического распределения товаров между складами при регистрации поступления. Если магазин входит в состав торговой сети, то он может продавать товары по ценам, назначенным централизованно, или по собственным розничным ценам, которые назначаются непосредственно в магазине. При проведении маркетинговых акций в магазине назначаются скидки: одинаковые скидки по всем позициям номенклатуры, а также индивидуальные скидки по позициям. Система обеспечивает автоматическое формирование инвентаризационной описи товаров и других документов, имеется возможность продажи весового товара с использованием этикеток. Недостатками являются высокая стоимость, огромные затраты на приобретение лицензий и дополнительное оборудование, сложность в освоении, неудобный и запутанный интерфейс.

Программный продукт «Атлант-предприниматель 3.5».

Программа позволяет вести учет в розничной торговле, отслеживать какой товар лучше всего продается, какой остаток товара на торговой точке при пересменке, вести складской учет накладных, счетов, счетов-фактур, актов списания, вводить розничные цены для каждой торговой точки, учитывает состояние

склада в определенные периоды, считает количество проданного товара и остаток в кассе, поддерживается функция формирования и печати ценников. Также реализована возможность вести расчеты с поставщиками, предусмотрена возможность списания или возврата товара поставщику, а также перемещение товара с одного торгового места в другое, имеется возможность просматривать информацию движения денежных средств, вести инвентаризацию, формирование различных отчетов. Недостатками являются отсутствие автоматического расчета наценки на поступивший товар, необходимость закрытие отчетных периодов для всех торговых точек в один день, отсутствует возможность построения заявки на заказ товара, высокая стоимость.

Как видно из описания рассмотренные программные продукты в большинстве своем имеют запутанный сложный пользовательский интерфейс, обширный функционал, который зачастую не используется в небольших магазинах. Также рассмотренные решения реализованы на базе технологий «клиент-сервер», что повышает зависимость системы от аппаратной платформы, требует установки многочисленного дополнительного программного обеспечения, что снижает защищенность программных сервисов и значительно повышает стоимость продукта.

Автоматизированная система контроля поступлений товара позволяет вести учет товаров, рассчитывать розничную цену и формировать отчет о прибыли, при этом имеет интуитивно понятный пользовательский интерфейс и реализована с применением облачных технологий, что дает пользователю удобный доступ к ней из любой точки планеты практически с любого устройства, оснащенного браузером, без установки дополнительного дорогостоящего программного и без организации собственной инфраструктуры информационных технологий для небольшой организации.

Список литературы

1. *Кирпичников А.П., Ляшева С.А., Пекерман И.Л., Шлеймович М.П.* Мобильная система учета расходов// Вестник Казанского технологического университета. – 2014. – Т.17, № 24. – С. 331-334.

2. *Кирпичников А.П., Ляшева С.А., Шлеймович М.П., Гимальдинов Р.М.* Система защищенного обмена документами между организациями// Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т.18, № 2. – С. 296-303.

3. *Джордж Риз.* Облачные вычисления. Пер. с англ. – СПб: БХВ-Петербург, 2011. – 288 с.

AUTOMATED COMMERCIAL SYSTEMS

Ivanova S.
Supervisor: S. Lyasheva – PhD, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The results of the existing solutions of automated management accounting systems for organizations engaged in retail trade are presented.

УДК 534.8

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АКТИВНОГО ГАШЕНИЯ ШУМА В ТРУБОПРОВОДЕ

Иволга Д.В., Макаров А.С.
Научный руководитель: Т.Б. Миронова, к.т.н., доцент
(Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, г. Самара)

В данной работе рассматривается разработанная система активного гашения шума. Описывается принцип работы FxLMS алгоритма и его использование для трубопровода и помещений открытого типа.

В настоящее время общеизвестно, что активные методы шумогашения являются едва ли не единственной реальной возможностью снижения уровня шума и вибраций в низкочастотной области спектра. До недавнего времени для уменьшения шума применялись пассивные средства, такие как глушители, перегородки из звукопоглощающих материалов и т.п. Чтобы эффективно гасить шум на низких частотах, эти средства должны быть массивными и иметь большие габариты, сравнимые с длиной волны, что не всегда осуществимо на практике. Кроме того, пассивные средства могут создавать дополнительное аэродинамическое сопротивление, особенно при глушении шума в вентиляционных каналах и особенно в авиадвигателях.

В данной работе представлена разработка системы активного шумогашения. В ходе работы решались следующие задачи:

- выбор оптимального алгоритма фильтрации сигналов;
- подбор оборудования для реализации системы;
- проверка работоспособности системы в различных условиях.

Система состоит из программной и аппаратной части. Для реализации программной части использовался программный комплекс NI LabView 2013, в котором был реализован адаптивный FxLMS алгоритм *(рис.1)*.

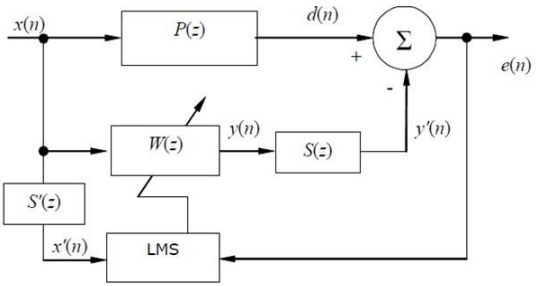
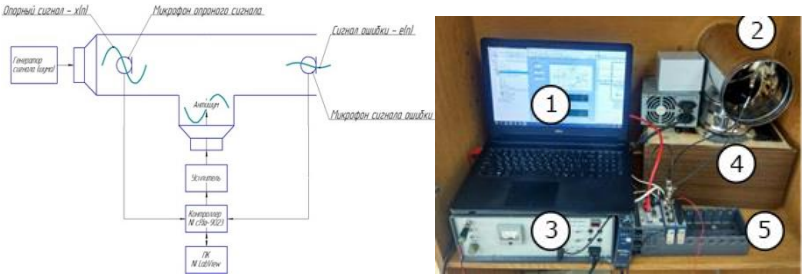


Рис. 1. Блок-схема FxLMS алгоритма

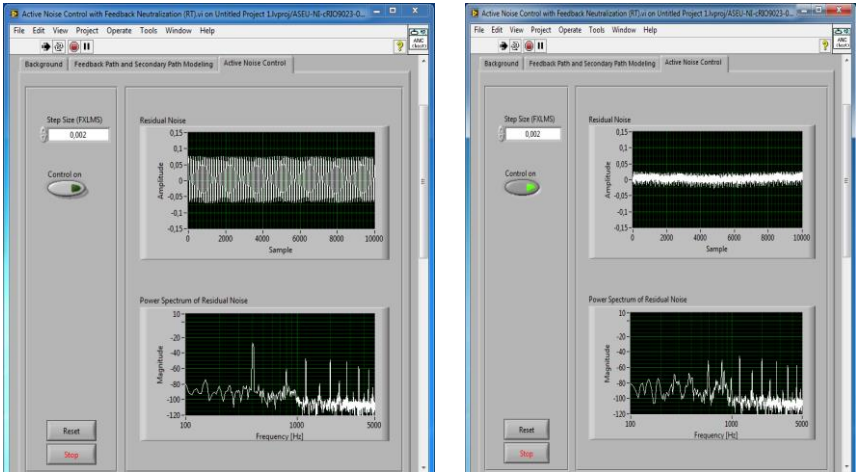
Этот алгоритм вначале определяет передаточную функцию геометрии канала S(z), затем входной сигнал x(n) обрабатывается адаптивным фильтром W(z). Далее формируется компенсирующий сигнал y'(n) с учетом передаточной функции канала. Этот выходной сигнал суммируется с сигналом d(n), который получается в точке наложения вторичного (компенсирующего) сигнала при прохождении по каналу. Полученная сумма сигналов образует сигнал ошибки e(n) или погашенный сигнал. Задача адаптивного фильтра – минимизировать сигнал ошибки по амплитуде, т.е. снизить первичный сигнал путем наложения на него сигнала y'(n).

Аппаратная часть системы *(рис.2)* реализуется с помощью NI CompactRio–9023 – системы управления и сбора данных на основе реконфигурируемого ввода-вывода, контроллера реального времени, ПЛИС и Ethernet - шасси, программируемого при помощи среды разработки приложений NI LabView. Также использовались два микрофона G.R.A.S. Type 40PH для регистрации опорного сигнала и сигнала ошибки, динамик с частотным диапазоном 55 – 20000 Hz, для генерации вторичного сигнала, и Т-образная труба в качестве акустического канала в котором происходит гашение первичного (опорного) сигнала.



а) б)

Рис. 2. а) Схема экспериментальной установки.
б) Стенд с экспериментальной установкой: 1. Ноутбук с ПО;
2. Трубопровод с микрофонами G.R.A.S. Type 40PH;
3. Усилитель сигнала с cRio-9023;
4. Динами для генерации вторичного (гасящего) сигнала; 5. cRio-9023



а) *б)*

Рис. 3. Временная реализация и спектр сигнала а) до включения активного гашения; б) после включения активного гашения

При проведении экспериментального исследования использовался источник гармонического сигнала (источник шума) с частотным диапазоном 100 – 1000 Hz. В результате экспериментов удалось снизить амплитуду опорных сигналов на 20 - 40 dB *(рис.3)*.

Для проверки работоспособности системы в различных условиях, а именно в помещениях открытого типа, использовалась акустическая камера *(рис.4)* (в которой не возникает отражения звука от стен).

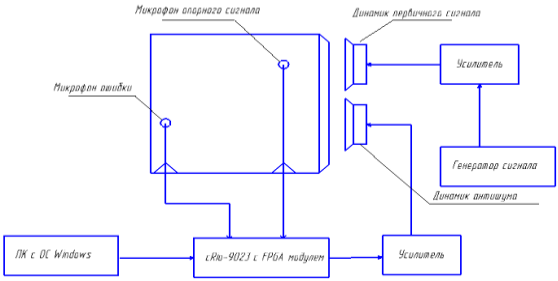
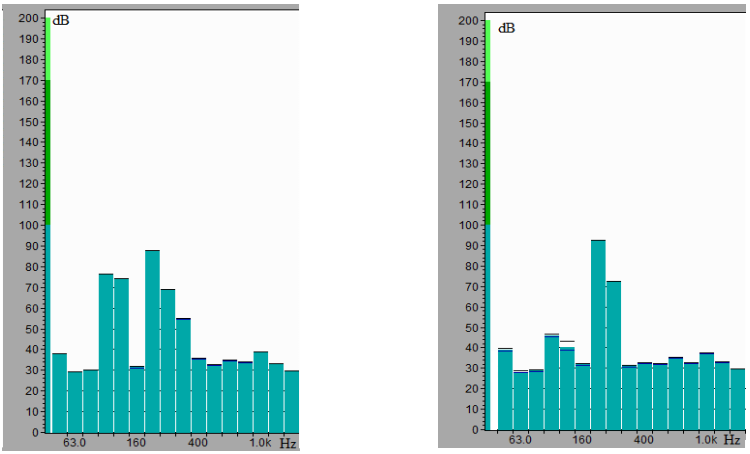


Рис. 4. Схема экспериментальной установки



а) б)

Рис. 5. Спектр сигнала а) до включения активного гашения; б) после включения активного гашения

В начале камеры стоит колонка с двумя динамиками. Первый динамик является источником первичного шума (опорного сигнала) частотой f = 125 Hz; второй - источником вторичного шума. В самой камере расположены два микрофона - микрофон, стоящий

около источников шума, передает опорный сигнал в систему управления CompactRio–9023, а микрофон, стоящий около дальней стены камеры передает сигнал ошибки. В начале эксперимента мы подаем на источник опорного сигнала «белый шум», для того чтобы система рассчитала коэффициенты FxLMS алгоритма и передаточную функцию системы, зависящие от геометрии помещения, внешних шумов и т.д. После включения системы микрофоны передают на фильтр опорный сигнал и сигнал ошибки, где они обрабатываются, и система генерирует «антишум», который передается через усилитель на источник вторичного шума. Опорный сигнал и антишум складываются и оставшийся шум принимает дальше микрофон ошибки, для того чтобы подобрать более точные коэффициенты и еще больше снизить шум.

В результате данного эксперимента удалось снизить амплитуду опорного сигнала частотой 125 Hz на 30 dB *(рис.5)* и показать, что данную систему активного шумогашения можно использовать для помещений открытого типа.

Список литературы

1. *LabVIEW и CompactRIO:* основы разработки приложения/ National Instruments cor. 2009 г.

2. *Гаспаров, М.С.* Система активного снижения шума на базе измерения колебательной скорости частиц [Текст] / М. С. Гаспаров, М. Ю. Харитонов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. - 2013. - № 1 (39). - С. 107-114.

3. Active Noise Control FAQ v1996-03-14 http://www.faqs.org/faqs/active-noise-control-faq/

4. *Alexander A. Igolkin, Arthur I. Safin, Maxim V. Balyaba, Michael A. Ermilov, Pavel I. Greshnyakov, Andrey G. Troshin* Implementation of Lab View signal processing platform for active noise control in acoustic waveguide, The 23rd international congress on sound and vibration 10-14 July, Athens, Greece

THE ACTIVE NOISE CONTROL SYSTEM IN THE PIPELINE

Ivolga D., Makarov A.
Supervisor: T. Miriniva, candidate of technical sciences, associate professor
(Samara National Researches University, Samara)

Active noise control system was developed. FxLMS algorithm was used for noise cancellation in the pipe and in the open area.

УДК 004.942

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЛАЧНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Ильина Т.В., Девятков Т.В.
Научный руководитель: И.М. Якимов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Данная информационная облачная система (ИОС) позволяет любому пользователю сравнить свои результаты, полученные в ходе моделирования, с эталонными значениями аналитического или имитационного моделирования. Благодаря использованию облачных технологий, пользователь сможет проверить достоверность результатов своих моделей удаленно через сервер. Для простоты использования ИОС разработано клиент-серверное приложение на языке C# на основе облачной технологии PaaS.

Проектирование информационной системы

Проектирование ИОС осуществлено в три этапа:

1. Разработка эталонных аналитических и имитационных программ моделирования систем массового обслуживания (СМО).

2. Разработка комплекса программ сравнения результатов АМ с ИМ по непараметрическим показателям на языке C#.

3. Создание клиент-серверного приложения, функционирующего на основе облачной технологии PaaS.

1. Разработка эталонных аналитических и имитационных программ моделирования систем массового обслуживания

На первом этапе проектирования ИОС на языке C# были разработаны 4 модели СМО: с ожиданием - M/M/1 и M/M/5, и с отказами - M/M/5/0 и M/M/5/2. Каждая из программ должна записывать в отдельный файл с расширением .txt значения параметров функционирования СМО.

В статье приведены результаты моделирования СМО M/M/m/E, принятой за базовую. Эта модель позволяет реализовать другие модели СМО путем изменения значений параметров m и E.

Основные показатели эффективности функционирования СМО вычислены по формулам, приведённым в [**2**].

1. Среднее время ожидания: $\bar{t}_{ожид} = \frac{\bar{l}}{A} = 1.308.$ (1)

2. Среднее время обслуживания: $\bar{t}_{обсл} = \frac{\overline{m}}{A} = 30.$ (2)

3. Среднее время пребывания в системе: $\bar{t}_{преб} = \frac{\bar{k}}{A} = 31.308.$ (3)

4. Дисперсия количества транзактов в очереди: $\sigma_l^2 = \frac{(m+\rho)\bar{l} - \rho E\,(E+1)\,p_{îòê}}{m-\rho} - \bar{l}^{\,2} = 0.179.$ (4)

5. Дисперсия количества транзактов в ОА: $\sigma_m^2 = \overline{m} - \rho\,[\,p_{îæèä} + (m-\overline{m})\,p_{îòê}\,] = 2.220.$ (5)

6. Дисперсия количества транзактов в системе: $\sigma_k^2 = \sigma_m^2 + \sigma_l^2 + 2K_{ml} = 2.931$ (6)

7. Дисперсия времени ожидания: $\sigma_{ожид}^2 = \frac{2\bar{t}_{обсл}}{(m-\rho)}\left[\bar{t}_{ожид} - \frac{\rho}{m}\frac{E\,(E+1)}{2A}p_{отк}\right] - \bar{t}^{\,2}_{ожид} = 18.264$ (7)

По этим показателям проводится сравнение результатов АМ и ИМ непараметрическими методами.

2. Разработка комплекса программ сравнения результатов АМ с ИМ по непараметрическим показателям на языке C#.

Используются следующие непараметрические показатели: коэффициент Фехнера, коэффициент корреляции рангов Спирмена, коэффициент корреляции рангов Кендалла [3].

2.1. Коэффициент Фехнера

В основе его вычисления лежит принцип сопоставления отклонений признаков от своих средних значений. Применение данного метода основано на том, что отклонения сравниваемых значе-

ний от своих средних значений должны быть идентичны. Коэффициент Фехнера вычисляется по формуле: $K_f = \frac{C-H}{C+H}$, (1)

где С – число совпадений знаков отклонений, а Н – число несовпадений знаков отклонений. [4].

Пример: Вычислим средние значения показателя «Среднее время ожидания в очереди»: Для первой выборки (АМ) среднее значение равно 9,786, для второй (ИМ) среднее значение равно 9,681. Результаты сравнения приведены в таблице 1. Символ «+» проставляется если значение в варианте превосходит среднее значение и символ «-» если не превосходит.

Таблица 1

Сравнение результатов параметра «Среднее время в очереди» по коэффициенту Фехнера для АМ и ИМ

Вар. i	АМ	Разн.	ИМ	Разн.	С	Н
1	0.1898	-	0.201	-	1	0
2	18.9361	+	18.351	+	1	0
3	0	-	0	-	1	0
4	27.2816	+	26.444	+	1	0
5	0	-	0	-	1	0
6	62.6169	+	64.096	+	1	0
7	0	-	0	-	1	0
8	25.1087	+	23.395	+	1	0
9	0.002	-	0.003	-	1	0
10	0.1177	-	0.148	-	1	0
11	0.2878	-	0.335	-	1	0
12	0.2558	-	0.275	-	1	0
13	0.1447	-	0.154	-	1	0
14	30.9759	+	30.67	+	1	0
15	0	-	0	-	1	0
16	0.0789	-	0.088	-	1	0
17	0.3664	-	0.41	-	1	0
	Итого:				17	0

$K_f = \frac{C-H}{C+H} = \frac{17-0}{17+0} = 1$ - сильная корреляционная связь.

Недостатком данного метода является то, что при его вычислении учитывается только наличие отклонений по качественному признаку «больше или меньше».

2.2. Коэффициент корреляции рангов Спирмена

$$\rho = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n(n^2-1)}, \qquad (2)$$

где di – разность между рангами сравниваемых значений признака i – го варианта; n – количество вариантов.

2.3. Коэффициент корреляции рангов Кендалла

$$\tau_{\hat{a}\hat{u}\div} = \frac{2\sum_{i=1}^{n} (P_i - Q_i)}{n(n-1)}, \qquad (3)$$

где Pi – количество случаев для i-го варианта, ранг которых больше i-го значения; Qi – количество случаев для i-го варианта, ранг которых меньше i-го значения; n – количество вариантов.

3. Создание клиент-серверного приложения, функционирующего на основе облачной технологии PaaS

В настоящее время использование облачных технологий очень актуально. Они имеют ряд достоинств, а именно: экономия внутренней памяти компьютера, за счет хранения на «облаке» средств разработки, программного обеспечения и т.д., доступ из любого места в любое время, что позволяет удаленно работать и своевременно исправлять ошибки в рабочих проектах.

Принцип работы разработанного приложения заключается в следующем. Для удобства пользователей разработан простой интерфейс, который содержит: текстовое поле для ввода кода программы, кнопка справки, в которой описано в каком виде программа должна выводить результаты, кнопка отправки программы на сервер, подменю. В текстовом окне пользователь набирает текст собственной модели СМО. Далее в подменю он должен выбрать, тип модели, с которым он хочет сравнить свои результаты и методы для сравнения – параметрические или непараметрические. После нажатия кнопки отправки текста он преобразуется в файл, который отправляется по сети на сервер, где выполняется компиля-

ция кода, анализ модели и сравнение результатов ее функционирования с эталонными моделями, которые хранятся на сервере. После этого на экране пользователя всплывающим окном отобразятся результаты моделирования и сравнения с эталонными значениями.

Заключение

В результате проделанной работы были получены эталонные значения результатов 4 аналитических моделей, сравнительную характеристику по непараметрическим методам и интерфейс пользователя, реализующий связь с сервером через «облако». Наличие облачных технологий выделяет разработанное приложение на фоне других простотой, удобством, устойчивостью к потере информации, скоростью работы, благодаря большим мощностям ПО облачной среды и подчеркивает инновационность разработанной системы.

В перспективе данная ИОС может быть расширена дополнением новых АМ и ИМ СМО на других языках имитационного программирования.

Список литературы

1. *Девятков В.В., Девятков Т.В.* / облачное моделирование – история, концепции, состояние // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2016. Т. 14. № 12. С. 30-37

2. *Кирпичников А.П.* Методы прикладной теории массового обслуживания. – Казань: Изд-во Казанс. Гос. ун-та, 2011. – 200 с.

3. *В.Г. Минашкин, Р.А. Шмойлова, Н.А. Садовникова, Л.Г. Моисейкина, Е.С. Рыбакова.* Теория статистики: Учебно-методический комплекс. – М.: Изд. центр ЕАОИ. 2008. – 296 с.

4. *И.М. Якимов, А.П. Кирпичников, Г.Р. Зайнуллина, Ю.Г. Исаева, З.Т. Яхина***.** Информационная система имитационного и аналитического моделирования систем массового обслуживания. Вестник Казан. технол. ун-та, 2015. Т. 18, №16 . С.260-264.

INFORMATION SYSTEM OF ANALITICAL CLOUD MODELING OF QUEUING TOOLS

Ilina T., Devyatkov T.
Supervisor: I. Yakimov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This informational cloud system (ICS) allows any user to compare their results obtained during the simulation with the reference values of analytical or simulation simulation. Thanks to the use of cloud technologies, the user will be able to verify the reliability of the results of his models remotely through the server. For ease of use IOS developed a client-server application based on cloud technology PaaS, using software in C #.

УДК 378.162.3

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ МЕТОДАМ КОММУТАЦИИ В IP-СЕТЯХ

Исхаков А.Р.
Научный руководитель: О.П. Валов, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данном докладе описывается генерация задания на курсовое проектирование по дисциплине «Сети и телекоммуникации». Разработанный программный комплекс позволяет автоматизировать задачи, относящиеся к подготовке индивидуальных заданий по курсовому проекту.

Генерация задания на курсовое проектирование производиться посредством приложения «Генератор заданий», разработанного в рамках данного доклада. Для получения задания студент запускает приложение и ему требуется ввести свои данные: ФИО, номер группы. Далее, после нажатия кнопки «Получить задание», приложением, по заданному заранее алгоритму, генерируется задание на курсовое проектирование в виде документа в формате .doc. Созданный приложением документ, является готовым листом с заданием, которое в дальнейшем должно быть распечатано и предъявлено для подписания преподавателю. Основным плюсом данного генератора является то, что задание генерирует абсолютно уникальные задания, которые не были спроектированы в предыдущие годы, а также упрощает студентам часть работы, связанную с вычислением IP-адресов интерфейсов.

«Генератор заданий» работает по алгоритму, представленному на блок-схеме на рис.1. Рассмотрим каждый блок подробнее.

1. «начало»: происходит запуск приложения и появляется пользовательское окно.

2. «Ввод данных студентом»: студент заполняет 4 поля формы (Имя, Фамилия, Отчество, Номер группы) и нажимает на кнопку «Получить задание».

3. «access == false»: начинается цикл while, выход из цикла происходит при значении булевой переменно access равной истине (true).

4. «variant=Random.Next()»: происходит генерация значение номера варианта в диапазоне от 1 до 100.

5. «File.OpenRead("variant.txt")»: производится открытие и чтение из файла "variant.txt", в котором записаны уже выданные номера вариантов.

6. «Заполнение массива vars[]: происходит заполнение массива vars[] значениями, считанными из файла "variant.txt", при этом между номерами вариантов добавляется пробел.

7. «i<vars.Length»: начинается цикл for(), для чтения элементов массива vars[] до последнего элемента массива.

8. «vars[i]!=variant»: проверяем, есть ли сгенерированный номер варианта в массиве vars[i].

9. «i==(vars.Length-1)»: проверяем, последний ли это элемент массива.

10. «access = true»: присваиваем булевой переменной access значение истина, т.е. сгенерированный вариант является уникальным.

11. «i++»: переходим к следующему элементу массива vars[].

12. «FileStream close»: закрываем поток чтения из файла.

13. «StreamWriter.Write(variant)»: пишем в файл "variant.txt" номер нового сгенерированного варианта.

14. «Создание WordDocument на основании шаблона»: на основании шаблона Task.dot создается новый документ в формате doc.

15. «Генерация случайных значений»: происходит генерация значений следующих параметров:

• Vlan: диапазон от 2 до 299, при этом адреса сетей сгенерированное число является номером виртуальной сети (ВС) бухгалтерии, номер ВС отдела маркетинга на 1 больше, а номер ВС отдела IT больше на 2;

• Алгоритм реализации NAT: «Статический» или «динамический»;

• Тип сервера аутентификации: "TACACS+" или "RADIUS";

• Сетевое устройство, где осуществляется настройка DHCP: "На маршрутизаторе (Router4)" или "На сервере"

• Протокол маршрутизации: «RIP» или «OSPF» или «EIGRP»;

• Адрес сети, в которую производиться трансляция: 2-ой байт генерируется в диапазоне от 12 до 99.

• Сеть серверов: 3-ий байт генерируется в диапазоне от 4 до 100;

• Интерфейсы 4-го маршрутизатора: 3-ий байт 2-го интерфейса генерируется в диапазоне от 1 до 100, а 3-го интерфейса на 1 больше 3-го байта 2-го интерфейса.

• Подинтерфейсы 1-го интерфейса 2-го маршрутизатора: 3-ий байт адреса меньше номера ВС на 1.

• Остальные IP-адреса интерфейсов вычисляются по формуле, представленной в следующей таблице:

Произвольное число от 10 до 220 Произвольное число от 10 до 220 (№ интерфейса*№ роутера)*13 (| № варианта – 15|*№ роутера) + 44

16.«Заполнение полей поля документа Word сгенерированными значениями»: все сгенерированные значение заменяют с помощью метода ReplaceAllStrings метки в шаблоне Task.dot, которые инициализируются в первом параметре данного метода.

17.«Показ документа Word»: открывается готовый лист с заданием в формате .doc для дальнейших действий (сохранение, печать и т.д.).

18.«конец»: завершение работы приложения «Генератор заданий».

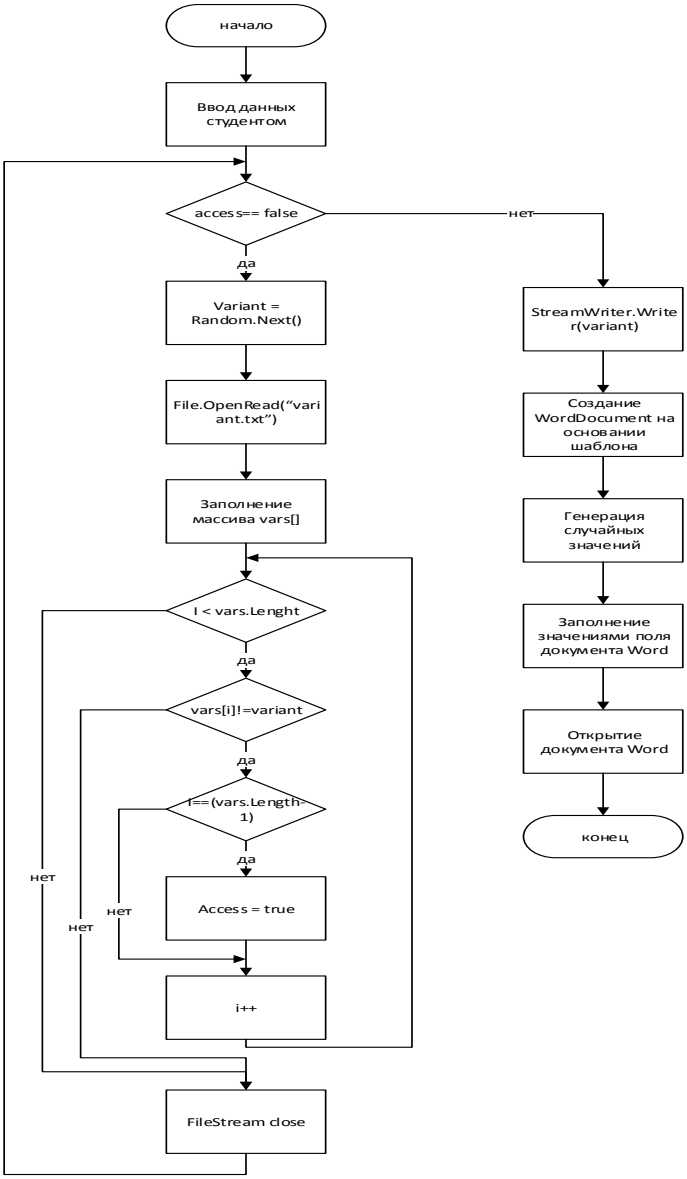


Рис. 1. Алгоритм генерации задания на курсовое проектирование

Список литературы

1. *Валов О.П.* Информационные сети: Учебное пособие по дисциплине «Сети ЭВМ и телекоммуникации» для студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника». Казань: КГТУ, 2007. 201 с.

2. *Аксенов А.Н.* Проектирование и анализ вычислительных сетей в программном продукте Cisco Packet Tracer: Учебное пособие по дисциплине «Сети и телекоммуникации» для студентов, обучающихся по направлению «Информатика и вычислительная техника». Казань, 2011. 38 с.: ил.

3. *Олифер В.Г., Олифер Н.А.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. СПб., 2010. 944 с.: ил.

THE AUTOMATED SYSTEM OF TRAINING METHODS OF SWITCHING IN IP NETWORKS

Iskhakov A.
Supervisor: O. Valov, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This report describes the generation of tasks for course works on discipline "Network and telecommunications". The developed program complex allows automating tasks relating to the preparation of individual tasks for the course project.

УДК 004.67

МЕТОДЫ СЖАТИЯ РАСТРОВЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Каримов А.И.
Научный руководитель: И.С. Ризаев, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье проводится исследование и анализ методов и алгоритмов сжатия растровых географических изображений.

Данный документ представляет собой доклад на тему: «Методы сжатия растровых географических изображений».

Изложены следующие полученные результаты:

- Исследование и анализ методов сжатия географической информации.
- Применение математических методов и алгоритмов сжатия географических изображений.
- Разработка программного комплекса сжатия изображений.

В связи с увеличением количества различных изображений перед разработчиками ставятся следующие задачи: обработка, хранение, доступ к данным и т.д. В последние годы проблеме сжатия изображений является крайне актуальной. Существуют множество разных алгоритмов архивации графики: использовались как видоизмененные универсальные, так и совершенно новые алгоритмы, ориентированные только на изображения. Кроме того, были разработаны алгоритмы, ориентированные исключительно на конкретный класс изображений. Для географических изображений эта проблема стоит особенно остро, потому что снимки делаются с очень большой высоты и могут занимать достаточно большой объем памяти.

Методы сжатия изображений подразделяются на две большие группы: сжатие с потерями и сжатие без потерь. К сжатию без потерь относятся алгоритмы: RLE, LZW, LZ-HuffMan, DeflaTe. С потерями: JPEG, Алгоритм фрактального сжатия и т.д.

Основы методов и алгоритмов сжатия изображений

Всем известны такие форматы хранения графической информации, как JPEG и PNG. Рассмотрим методы и алгоритмы, используемые в этих форматах, где используется сжатие без потерь, а где с потерями, в каких случаях выгоднее применить тот или иной метод. Например, при создании карт в ситуации, когда необходима полная детализация вплоть до определенного дома, необходимо максимальное сохранение информации на снимке. Если же это незаселенная зона, можно увеличить коэффициент сжатия, оставив четкими только крупные объекты.

Итак, зачем же нужны алгоритмы сжатия? Активно сжатие применяется в картографии. В качестве области применения алгоритмов сжатия спутниковых изображений рассмотрим Яндекс. Карты. Для создания карт спутниковые снимки сначала передаются с космической орбиты на Землю, а затем проходят несколько стадий обработки. Начинается всё со спутника, который фотографирует поверхность земного шара. Для разных территорий Яндекс использует фотографии разной степени детальности — в зависимости от населённости территорий и востребованности их у пользователей. Например, подробные фотографии сибирских лесов мало кому нужны, а вот города — наоборот.

Из одного изображения делается несколько — по одному для каждого из масштабов. Для самого подробного оставляют максимальное разрешение, для более общих — соответственно уменьшают, потому что чем меньше разрешение снимка, тем меньше будет весить картинка. В итоге получается «пирамида снимков», которую пользователь будет последовательно видеть, приближая и отдаляя спутниковый слой на Яндекс. Картах. Затем каждое изображение для каждого масштаба делится на тайлы — квадраты размером 256 на 256 пикселей. Все слои на Яндекс. Картах подгружаются как раз такими тайлами. Это позволяет ускорить работу Яндекс. Карт — загружаются только те участки, которые пользователь в данный момент просматривает.

Классификация методов сжатия изображений

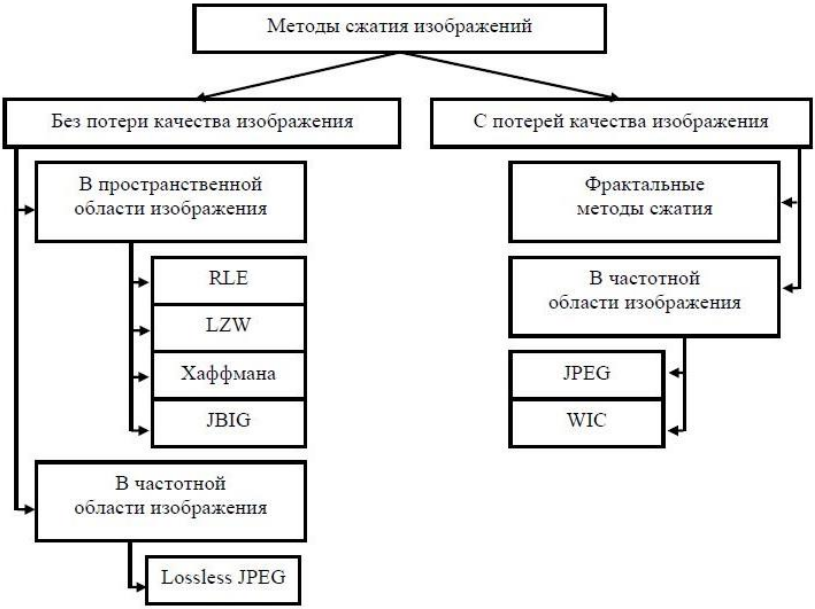


Рис. 1.

Цели и задачи работы

Целью данной работы является исследование и анализ методов сжатия растровых географических изображений и поиск оптимального варианта для их сжатия.

В данной работе будут рассмотрены следующие задачи:

- Исследование и анализ методов сжатия географической информации.
- Применение математических методов и алгоритмов сжатия географических изображений.

Метод сжатие с использованием вейвлет в алгоритме JPEG 2000.

Базовая схема JPEG-2000 очень похожа на базовую схему JPEG. Разницу между этими алгоритмами можно наблюдать на рисунках 1 и 2. Отличия заключаются в следующем:

– Вместо дискретного косинусного преобразования (DGT) используется дискретное waveleT-преобразование (DWT).

– Вместо кодирования по Хаффману используется арифметическое сжатие.

– В алгоритм изначально заложено управление качеством областей изображения.

– Не используется явно дискретизация компонент U и V после преобразования цветовых пространств, поскольку при DWT можно достичь того же результата, но более аккуратно.[3]



Рис. 2. Последовательность операций в алгоритме JPEG2000

Алгоритм RLE

Наиболее известный и простой алгоритм сжатия информации обратимым путем — это кодирование серий последовательностей (Run LengTh Encoding -RLE). Суть данного подхода состоит в замене цепочек или серий повторяющихся байтов или их последовательностей на один кодирующий байт и счетчик числа их повторений. Лучший, средний и худший коэффициенты сжатия — 1/32, 1/2, 2/1.

Недостатком метода RLE является достаточно низкая степень сжатия или стоимость кодирования файлов с малым числом серий и, что еще хуже – с малым числом повторяющихся байтов в сериях.

Алгоритм LZW

К преимуществам данного алгоритма можно отнести достаточно высокую скорость как сжатия, так и восстановления, небольшие требования к памяти и несложная аппаратная реализация. К недостаткам же можно отнести относительно небольшую степень сжатия относительно, к примеру, алгоритма, использующего схему

двухступенчатого кодирования. Алгоритм преобразует поток символов на входе в поток индексов ячеек словаря на выходе. Существует довольно большое семейство LZW – подобных алгоритмов, различающихся, например, методом поиска повторяющихся цепочек.

Коэффициенты сжатия: лучший – 1/1000, средний – 1/4, худший – 7/5. Коэффициент 1/1000 может быть достигнут исключительно на одноцветных изображениях весом больше 4 Мб. Также бывают случаи, когда данный алгоритм увеличивает изображение, но такие случаи очень редки. Сжатие обеспечивается за счет одинаковых подцепочек в потоке. Алгоритм является почти симметричным, при условии оптимальной реализации операции поиска строки в таблице.

LZW является универсальным алгоритмом – именно его вариации используют в обычных архиваторах. Он используется в форматах GIF, TIFF и TGA.

Процесс сжатия выглядит следующим образом. Последовательно считываются символы входного потока и происходит проверка, существует ли в созданной таблице строк такая строка. Если такая строка существует, считывается следующий символ, а если строка не существует, в поток заносится код для предыдущей найденной строки, строка заносится в таблицу, а поиск начинается снова [2].

2.3 Демонстрация алгоритмов на конкретных примерах

Выше подробно были описаны алгоритмы сжатия с потерями и без JPEG2000, RLE и LZW. На конкретном спутниковом снимке будет показано действие этих алгоритмов.

Таблица 1

Исходные снимки

№ снимка	Формат	Исходный размер
1	BMP	3 Мб
2	BMP	17,1 Мб
3	BMP	42,5 Мб

Таблица 2

Сжатие JPEG2000 при качестве 100%

№ снимка	Исходный формат	Получен-ный фор-мат	Исходный размер (мб)	Размер после сжа-тия (мб)
1	BMP	JPEG2000	3	1,2
2	BMP	JPEG2000	17,1	4,02
3	BMP	JPEG2000	42,5	7,63

Таблица 3

Сжатие JPEG2000 при качестве 50%

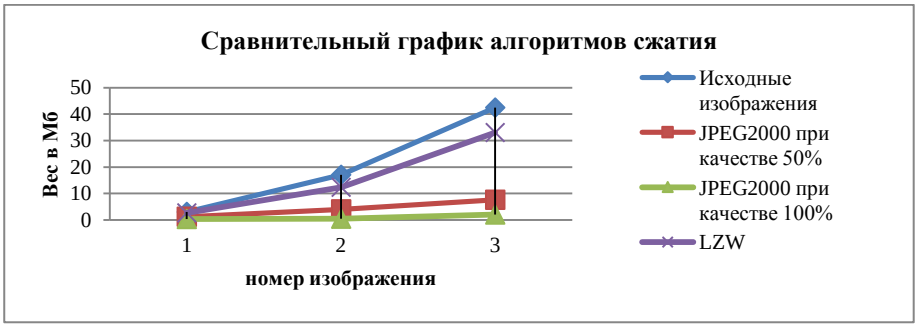
№ снимка	Исходный формат	Получен-ный фор-мат	Исходный размер (мб)	Размер после сжа-тия
1	BMP	JPEG2000	3	357 кб
2	BMP	JPEG2000	17,1	500 кб
3	BMP	JPEG2000	42,5	2,13 мб

Таблица 4

Сжатие без потерь

№ снимка	Исходный формат	Получен-ный фор-мат	Исходный размер (мб)	Размер после сжа-тия (мб)
1	BMP	TIF	3	2,7
2	BMP	TIF	17,1	12,3
3	BMP	TIF	42,5	33

Вывод о результатах сжатия



Заключение

В завершении работы еще раз хочется отметить, что использование алгоритмов сжатия с потерями и без потерь для любых изображений, в частности для географических, необходимо в силу больших весов изображений, хранить которые несжатыми достаточно накладно. Но выбор этих способов ситуативен и зависит от целей, для которых хранится данное изображение.

Итак, в ходе дипломной работы были рассмотрены способы сжатия с потерями и без потерь, более детально были разобраны такие алгоритмы, как JPEG2000, JPEG, LZW и RLE. На конкретных примерах было продемонстрировано, какие особенности у каждого из этих методов и насколько они эффективны в плане сжатия.

Также был разработан пользовательский интерфейс, который позволяет сжать выбранное изображение различными алгоритмами сжатия.

Итак, подводя итог всему вышеизложенному, хочется еще раз отметить, что выбор алгоритма сжатия, в особенности для географических изображений, это очень важно, потому что, как правило, такие изображения занимают достаточно много памяти, но при этом такие изображения актуальны и востребованы. Как было установлено в ходе дипломной работы, наиболее приемлемым способом сжатия для растровых географических изображений является алгоритм, использующий области повышенного качества. Этот алгоритм является крайне актуальным и перспективным, но и при этом достаточно сложным. Но при этом этот метод остается одним из основных методов, пусть и не полностью автоматизированных и одним из самых перспективных в наше время.

Список литературы

1. *Медведев М.В.* Сжатие данных в условиях ограниченности ресурсов. Современное состояние проблемы и используемые методы.

2. *Сэломон Д.* Сжатие данных, изображений и звука.

3. *Уэлстид С.* Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии.

4. *Дж. Миано*. Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии.

METHODS FOR COMPRESSING RASTER GEOGRAPHIC IMAGES

Karimov A.
Supervisor: I. Rizaev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this article the research and the analysis of methods and algorithms of compression of raster geographical images is conducted.

УДК 004.89

МОДЕЛЬ ОБУЧАЕМОГО

Каримова В.М., Мусина З.И., Захарова З.Х.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Рассматриваются модель обучаемого, виды моделей обучаемого, также основные подходы к построению таких моделей и математическое описание модели обучаемого.

В последние годы наблюдается стремительное развитие информационных технологий, применяется большое количество тестирующих, контролирующих и оценивающих компьютерных программ, реализуются интеллектуальные системы по различным учебным дисциплинам, позволяющие проводить обучение практически без участия преподавателя, так называемые интеллектуальные обучающие системы (ИОС).

Основным требованием, предъявляемым к автоматизированным обучающим системам, является обеспечение максимальной адаптивности процесса обучения к индивидуальным характеристикам обучаемого. Для решения указанной проблемы используются различные модели и методы.

Модель обучаемого должна включать в себя информацию:

- о цели обучения;
- о знаниях обучаемого в рамках изучаемого курса (текущее состояние процесса обучения);
- об особенностях подачи учебных материалов и выбора контрольных заданий и вопросов;
- о правилах изменения модели обучаемого по результатам работы с обучаемым. (Рис.1).

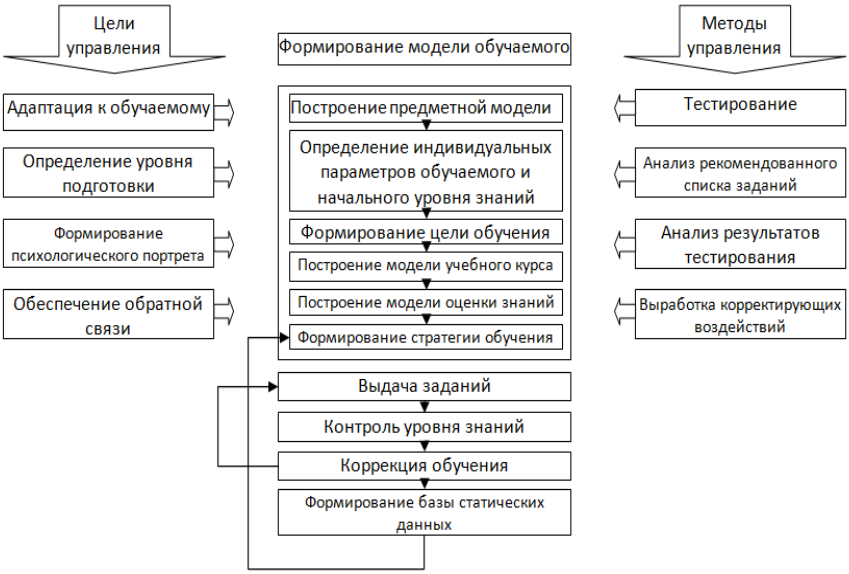


Рис.1. Модель обучаемого

Для каждого обучаемого может быть задана своя цель работы с системой и свое подмножество изучаемого материала, которое определяет начальную настройку системы и является базой для дальнейшей работы с обучаемым.

Наиболее известные модели обучаемого:

- оверлейная
- разностная
- пертурбационная (Рис.2)

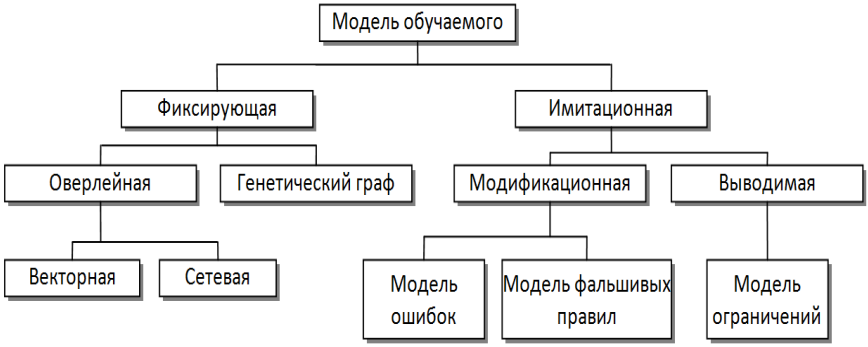


Рис. 2. Модели обучаемого

Можно выделить два основных подхода к построению таких моделей.

1. В экспертно-обучающих системах (ЭОС) под моделью обучаемого понимают набор характеристик (параметров) и совокупность правил, которые на основании значений этих характеристик управляют процессом общения системы с обучаемым.

2. Нейронные сети являются адаптивными обучающимися системами, извлекающими информацию из реальных процессов, которые динамически[1] промоделировать трудно, т.к. они содержат много скрытых неконтролируемых параметров. Применение нейронных сетей позволяет решать задачи, которые трудно или невозможно решать традиционными методами в силу отсутствия формализованных математических описаний процессов функционирования. Нейронные сети в процессе работы накапливают информацию, и эффективность их со временем возрастает. Использование обучаемых нейронных сетей позволяет сделать диагностический контроль объективным и расширить его применение.

3. В других классах обучающих систем под моделью обучаемого обычно понимают набор параметров, измеряемых во время работы системы с обучаемым и определяющей степень усвоения им знаний по изучаемому предмету [2].

Математическая модель обучаемого. Для того чтобы корректно сформировать индивидуальную траекторию обучения, необходимо учесть влияние каждого фактора на процесс обучения.

В зависимости от полученного весового коэффициента для каждого фактора можно сформировать определенные рекомендации к обучению.

Математически алгоритм нахождения весового коэффициента можно представить в следующем виде.

Обозначим $W = 0$и

$a = \omega_1 \times f_1$; $b = \omega_2 \times f_2$; $c = \omega_3 \times f_3$; $d = \omega_4 \times f_4$;

$e = \omega_5 \times f_5$; $g = \omega_6 \times f_6$; $h = \omega_7 \times f_7$; $k = \omega_8 \times f_8$;

$l = \omega_9 \times f_9$; $m = \omega_{10} \times f_{10}$;

тогда $W = a + b + c + d + e + g + h + k + l + m$.

Были взяты только те факторы, которые взаимодополняют друг друга (в табл. 2 отмечены знаком « + »), и, исходя из этого, был составлен следующий алгоритм зависимостей факторов:

- взаимодействие факторов 1-4:

$x = a + 2 \times d$;

$y = d + 2 \times a$;

- выбирается min (x, *y):* если $x < y$, *то*

$W = W + 2 \times d$; иначе $W = W + 2 \times a$.

- взаимодействие факторов 1-5:

$x = a + 2 \times e$;

$y = e + 2 \times a$;

- выбирается min (x, y): если $x < y$, то

$W = W + 2 \times e$; иначе $W = W + 2 \times a$.

Аналогично вычисляются и остальные весовые коэффициенты.

Был получен конечный результат W_n - влияние факторов и их параметров на процесс обучения.

Далее для вычисления нагрузки студента необходимо определить максимально возможный коэффициент влияния $W_{n\,max}$. Для этого необходимо в слагаемые *W* - влияние факторов и их параметров на процесс обучения - подставить значения весов факторов ω_n, которые получились в анализе факторов обучения методом экс-

пертных оценок, и максимальное значение параметров влияния факторов $f_n = 1$.

Так, например, для самого значимого фактора – черты характера/особенности памяти, поведение – максимальное значение коэффициента влияния равно

$a = 0{,}171 \times 4 = 0{,}684$.

Для второго фактора – недостаток свободного времени – максимальное значение коэффициента влияния равно следующему значению:

$6 = 0{,}164 \times 4 = 0{,}656$.

И так далее, необходимо рассчитать максимальное значение коэффициента влияния для каждого представленного фактора, влияющего на процесс обучения.

Таблица 3

Весовые коэффициенты факторов

Название фактора	Весовой коэффициент ю
Черты характера / особенности памяти, поведение	0,171314
Недостаток свободного времени	0,1643886
Состояние здоровья	0,1350465
Факультативная деятельность	0,1219245
Общение с другими студентами и преподавателями	0,1146346
Поддержка / отсутствие поддержки со стороны окружающих, родителей	0,0920357
Наличие других каких-либо интересов, не связанных с учебной деятельностью	0,0708948
Желание / нежелание учиться	0,0550392
Самоорганизация (способность к самостоятельным занятиям)	0,0386368
Материальное положение	0,0360853

Для повышения эффективности обучения в современном образовании важно индивидуализировать учебный материал. Особенно это важно в процессе дополнительного образования, само-

образования, а также в системе дистанционного обучения. Для построения индивидуальной траектории обучения необходимо пользоваться моделью обучаемого[1,2]. Если при создании модели учесть наиболее важные характеристики обучаемого и их значимость в процессе обучения, а также их взаимосвязи, то можно получить параметры процесса обучения, которые будут определять индивидуальную траекторию обучения.

Список литературы

1. Модель обучаемого [Электронный ресурс]. URL: http://lektsii.com/1-65306.html (дата обращения 15.02.2016).

2. Адаптивная модель обучаемого [Электронный ресурс]. URL:https://sites.google.com/site/adaptivnyeobucausiesistemy/model-obucaemogo (дата обращения 11.02.2016).

MODEL TRAINEE

Karimova V., Musina Z., Zaharova Z.
(Kazan National Research Technical
University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

We consider the model of the student, the student kinds of models, and the basic approaches to the construction of these models and the mathematical description of the student model.

УДК 004.93'12

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ КОНТУРА

Касимов А.Э.
Научный руководитель: В.А. Суздальцев
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлен алгоритм выделения замкнутого внешнего контура объекта на бинарном изображении, имеющем шумы и артефакты бинаризации.

В процессе решения задач распознавания образов часто возникает проблема нахождения замкнутого контура объекта. Задача выделения такого контура на бинарных изображениях не является тривиальной, поскольку зачастую они содержат шумы и разрывы линии контура объекта (рис 1).

В данной работе предлагается модифицированный прослеживающий метод выделения контура, позволяющий игнорировать артефакты бинарных изображений и позволяющий получать замкнутый внешний контур исследуемого объекта. Разработанный метод может быть использован для трассировки изолиний географических карт для получения трехмерной модели рельефа местности [1].

Пусть Img^B – бинарное растровое изображение, имеющее размеры $w \times h$ пикселей, где w – ширина, h – высота. Пусть E представляет собой подмножество пикселей бинарного изображения Img^B, образующих замкнутый контур. Длиной контура будем считать величину L_E, равную количеству пикселей, входящих в контур E. Точкой контура $e_i \in E$ будем считать пиксель бинарного изображения $e_i \in Img^B$, где $i \in \{0, 1, \ldots, L_E\}$. Основным отличием нового метода является использование вектора направления $d = (x, y)$ вместо фиксированного множества направлений. Благодаря этому модифицированный метод рассматривает все окрестности текущего пикселя, а не только его соседей по четырем направлениям.



Рис. 1. Пример изображения с артефактами (слева) и контура, найденного обычным методом выделения контуров (справа)

Рассмотрим этапы модифицированного алгоритма:

1. Инициализация величин: $E = \emptyset$, $L_E = 0$ [2].

2. На изображении Img^B ищется стартовый (самый верхний) пиксель объекта $Img^B(x, y) = 1$, его координаты запоминаются как $S_x = x$, $S_y = y$. Этот пиксель добавляется в множество: $E \Leftarrow E \cup \{(S_x, S_y)\}$ [2]. Длина контура увеличивается: $L_E \Leftarrow L_E + 1$.

3. Вводятся координаты (C_x, C_y) для сканирования пикселей, в качестве начальных значений принимаются стартовые координаты: $C_x = S_x$, $C_y = S_y$. Вводится вектор направления движения $d = (x, y)$ с начальным значением $d = (1, 0)$.

4. Вводится расстояние поиска l с начальным значением $l = 1$, и угол поиска α с начальным значением $\alpha = 0$.

5. Для текущего пикселя (C_x, C_y) ищутся соседние пиксели, отстоящие от него на расстоянии не более, чем l. Удовлетворяющие условию пиксели сводятся в множество P:

$$P = \{ (x, y) \Big/ \sqrt{(C_x - x)^2 + (C_y - y)^2} \le l \}.$$

Пусть n – количество пикселей, удовлетворяющих заданному условию, тогда $P = \{(x_0, y_0), (x_1, y_1), \ldots, (x_n, y_n)\}$.

6. К каждому пикселю, входящему в область допустимых расстояний, строится вектор d'_i, $i = 0, 1, \ldots n$:

$$d_i^{'} = (x_i - C_x,\ y_i - C_y)\ .$$

Между вектором текущего направления d и каждым вектором к пикселю находится угол α'_i.

7. В качестве следующего выбирается такой пиксель (x_i, y_i), вектор к которому d'_i образует минимальный угол с вектором направления d, при условии, что этот угол α'_i лежит в диапазоне $(-\pi; \alpha)$. Координаты текущего пикселя сохраняются: $C'_x = C_x$, $C'_y = C_y$, затем осуществляется переход к следующему пикселю: $C_x = x_i$, $C_y = y_i$.

8. По координатам предыдущего пикселя (C'_x, C'_y) и текущего (C_x, C_y) строится новый вектор направления d:

$$d = (C_x - C_x^{'},\ C_y - C_y^{'})$$

Текущий пиксель добавляется в контур: $E \Leftarrow E \cup \{(C_x, C_y)\}$, $L_E \Leftarrow L_E + 1$.

9. Если на этапе 7 не был найден ни один пиксель, удовлетворяющий поставленным условиям, а также расстояние поиска l не превышает длину диагонали изображения ($l < \sqrt{w^2 + h^2}$), то расстояние поиска увеличивается на единицу: $l \Leftarrow l + 1$, затем осуществляется переход к шагу 4;

10. Если расстояние поиска было увеличено до длины диагонали изображения, но следующий пиксель так и не был найден, то угол поиска увеличивается на один градус: $\alpha \Leftarrow \alpha + 1^{\circ}$, затем осуществляется переход к шагу 4;

11. Алгоритм завершается, когда координаты очередного пикселя совпадают с координатами стартового: $C_x = S_x$, $C_y = S_y$.

Пример выделения контура, имеющего разрывы, разработанным методом представлен на рис. 2.



Рис. 2. Пример работы разработанного метода

Таким образом, модифицированный адаптивный алгоритм выделения контуров позволяет получать замкнутые контуры по бинарным изображениям, имеющим артефакты. Результатом работы алгоритма является множество E, содержащее точки контура, количество которых равно L_E. Еще одной полезной особенностью метода является то, что все точки контура во множестве E по окончанию выполнения алгоритма отсортированы по часовой стрелке, начиная со стартовой точки.

Найденный контур можно использовать для решения задачи классификации объектов. Для этого с помощью анализа кривизны контура можно найти его особые точки [3]. Сопоставив полученные особые точки контура с набором особых точек эталонных контуров объектов разных классов, можно определить, к какому классу принадлежит анализируемый объект.

Список литературы

1. *Суздальцев В.А, Касимов А.Э.* Построение трехмерной модели рельефа местности на основе данных картографии. // XXII Туполевские чтения (школа молодых ученых), КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева. Казань, 2015.

2. *Суздальцев В.А, Тахавова Э.Г, Шлеймович М.П.* Представление знаний в информационных системах. Математическое моде-

лирование. // Учебное пособие; М-во образования и науки Российской Федерации, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева. Казань, 2005.

3. *Суздальцев В.А, Касимов А.Э.* Поиск особых точек на изображениях выпуклых многогранников. // Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: в 2-х томах, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева. Казань, 2016.

ADAPTIVE CONTOUR DETECTUION ALGORITHM

Kasimov A.
Supervisor: V. Suzdaltsev
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

An algorithm for detected an external contour of an object on a binary image having noise and binarization artifacts.

УДК 004.93

РАСПОЗНАВАНИЕ СИМВОЛОВ ЯПОНСКОГО ЯЗЫКА НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

Костин В.Д.
Научный руководитель: М.П. Шлеймович, к.т.н.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассматриваются методы распознавания символов японского языка хираганы на мобильных устройствах.

В настоящее время использование систем оптического распознавания символов (OCR) для преобразования как рукописного, так и для печатного текста к электронному виду получило достаточно широкое распространение. Такие решения позволяют ускорить процессы поиска и анализа документов с возможностью дальнейшего сохранения и передачи текста в цифровой форме с использованием компьютеров и сетей. Несмотря на наличие реализованных систем оптического распознавания символов («Finereader», «Omnipage», «OCRFeeder» и др.) [1], большинство подобных продуктов являются стационарными решениями, поддерживающими зачастую только кириллическую и латинскую азбуки.

Целью данной работы является разработка алгоритма распознавания символов японского языка хираганы на мобильных устройствах, с учетом отличия их операционной системы и производительности от стационарных систем.

На начальном этапе решения поставленной задачи необходимо произвести нормализацию (изменение параметров для достижения наилучшей читаемости) исходного изображения, содержащего символы. От качества реализации данного этапа в значительной степени зависит вероятность правильного распознавания.

Процесс нормализации включает:

1. Бинаризацию изображения;
2. сегментацию символов.

Бинаризация изображений – это перевод изображений в монохромные, в которых присутствуют только два типа пикселей. Теоретически интересующая нас область включает символы черного цвета на белом фоне.

Существуют различные подходы к бинаризации, которые условно можно разделить на 2 группы:

1. Пороговая бинаризация;
2. Адаптивная бинаризация.

Использование адаптивной бинаризации позволяет избавиться от необходимости ручной регулировки порога бинаризации, однако все же может привести к неудовлетворительным результатам при наличии значительных смещений яркости в исходном изображении.

После проведения бинаризации изображения следует этап сегментации. Сегментация — это процесс разделения цифрового изображения на несколько сегментов. Цель сегментации заключается в упрощении представления изображения, что позволяет облегчить процесс распознавания символов японского языка.

Наиболее простым методом сегментации является разбиение области на блоки в предположении, что символы всегда занимают одно и то же положение. Единственным достоинством такого метода является его простота и независимость от качества изображения. Недостатком данного метода является высокая вероятность установления неверных границ символов [2].

К лучшим результатам приводит метод, основанный на построении горизонтальной проекции изображения. При этом переход от впадины к пику свидетельствует о начале нового символа и наоборот. Используя данный метод можно получить очень хорошие результаты вследствие его независимости от местонахождения символов. Однако он так же является достаточно чувствительным к качеству изображения.

Частной проблемой при сегментации символов японского языка является их разрывность, что приводит к ошибкам при сегментации описанным выше способом [3]. Пример ошибочной сегментации представлен на рисунке 1.

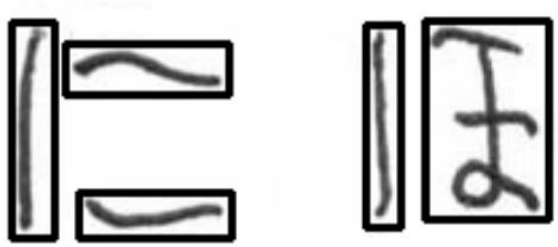


Рис. 1. Пример ошибочной сегментации

Все разрывы, встречающиеся в символах хираганы, можно разделить на 3 группы:

1. Часть символа находится сбоку;
2. часть символа находится сверху;
3. имеются разрывы, включающие оба пункта.

Решить данную проблему можно путем ввода ограничения на расстояние между сегментируемыми символами по оси X (для предотвращения ошибок первой группы) и по оси Y (для предотвращения ошибок второй группы)[4]. В свою очередь, данный подход накладывает некоторые ограничения на формат распознаваемых символов, заключающийся в необходимости наличия большей величины горизонтального расстояния между символами, чем расстояния между составными частями каждого символа.

После успешной сегментации наступает этап распознавания полученного набора символов. На сегодняшний день имеется множество методов распознавания, однако все они могут быть сведены к 3 основным группам:

1. Статистические методы;
2. Структурные методы;
3. Нейронные сети.

Рассмотрим подробнее структурные методы. К структурным методам распознавания относятся методы, в которых решение о принадлежности объекта к определенному классу производится путем сравнения с эталоном. Наиболее часто встречающейся мерой близости является Евклидово расстояние.

В результате того, что классифицируемый объект и соответствующий ему эталон часто различаются, полное совпа-

дение цепочек символов не всегда возможно. Поэтому необходимо использовать алгоритмы неточного сравнения. Некоторые из этих алгоритмов базируются на расстоянии Левенштейна. Использование такого подхода заключается в последовательном преобразовании списка полученных признаков до полного совпадения с эталоном. Для каждой из операций над списком (подстановка, уничтожение, создание) вводится своя цена и вычисляется путь преобразований, имеющий наименьшую цену. Решение об отнесении рассматриваемого объекта к какому либо классу производится путем нахождения эталона, путь до которого является минимальным.

Одной из особенностей символов японского языка является использование диакритических знаков. Такие знаки располагаются в первом квадранте рассматриваемого символа и используется для озвончения глухих согласных. Пример использования диакритического знака представлен на рисунке 2.

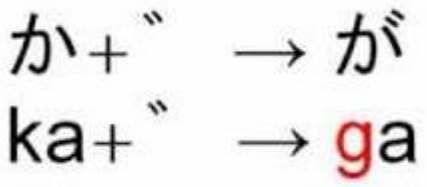


Рис. 2. Пример использования диакритического знака

По итогам анализа существующих методов распознавания символов, в совокупности с особенностями записи символов японского языка, наиболее подходящими методами для практического применения, по мнению автора, считаются структурные. Применение статистических и нейросетевых методов усложняется требованием к большому объему априорных данных и сопутствующими сложностями при увеличении количества рассматриваемых символов.

Для распознавания символов предлагается алгоритм, заключающийся в совместном использовании алгоритма неточного сравнения, базирующегося на вычислении расстояний Левенштейна в совокупности с Евклидовыми расстояниями, применяемыми к пер-

вому квадранту распознаваемого символа, для повышения точности распознавания диакритических знаков.

Заключение

По результатам выполнения работы можно отметить, что использование методов оптического распознавания символов японского языка позволяет ускорить процессы поиска и анализа документов с возможностью дальнейшего сохранения и передачи текста в цифровой форме

Были рассмотрены основные методы распознавания символов, использующиеся в настоящее время, изучены особенности записи символов японского языка. По итогам анализа совокупности факторов был предложен метод распознавания, основанный на совместном использовании расстояний Левенштейна и Евклидовых расстояний.

Список литературы

1. *Кулешов С.В., Смирнов С.В.* Методы сегментации OCR-систем в задачах автоматической обработки архивных документов // Труды СПИИРАН, №1, 2011, 110 – 122 стр.

2. *Лукьяница А.А., Шишкин А.Г.* Цифровая обработка видеоизображений, 2009, [511] стр.

3. *Soumendu Das, Sreeparna Banerjee.* An Algorithm for Japanese Character Recognition // MECS, 2015.

4. *Joonas Lomps.* Recognising Hiragana Characters Using Optical Character Recognition // University of Tartu

JAPANESE CHARACTER RECOGNITION ON MOBILE DEVICES

Kostin A.

Supervisor: M. Shleimovich, Candidate of Technical Sciences

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This article discusses methods for Japanese Hiragana character recognition on mobile devices.

УДК 658.512

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕГО В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Куличенко Н.С.
Научный руководитель: Шарнин Л.М., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В статье приведено краткое описание программируемого логического контроллера (далее – ПЛК). Использован метод сравнительного анализа для определения, подходящего ПЛК для информационных систем различного назначения. Сопоставление результатов и выбор ПЛК с учетом соотношения цена – качество.

Контроллер (от англ. Control) – управление. Контроллером в автоматизированных системах называют техническое средство, выполняющее функции управления физическими процессами в соответствии с заложенным алгоритмом, с использованием информации, получаемой от датчиков и выводимой на окончательные устройства.

ПЛК – технические средства, используемые для автоматизации технологических процессов. Основным режимом работы ПЛК выступает его длительное автономное использование, зачастую в неблагоприятных условиях окружающей среды, без серьезного обслуживания и без вмешательства человека.

ПЛК обычно применяются для управления последовательными процессами, используя входы и выходы для определения состояния объекта и выдачи управляющих воздействий [1].

ПЛК программируются в соответствии со стандартом МЭК – 61131-3. Программируются ПЛК с помощью специализированных комплексов, один из наиболее популярных является CoDeSys. Он включает в себя следующие языки: графические (Ladder Diagram,

Function Block Diagram, Sequential Function Chart, Continuous Function Chart), текстовые (Instruction List, Structured Text) [1].

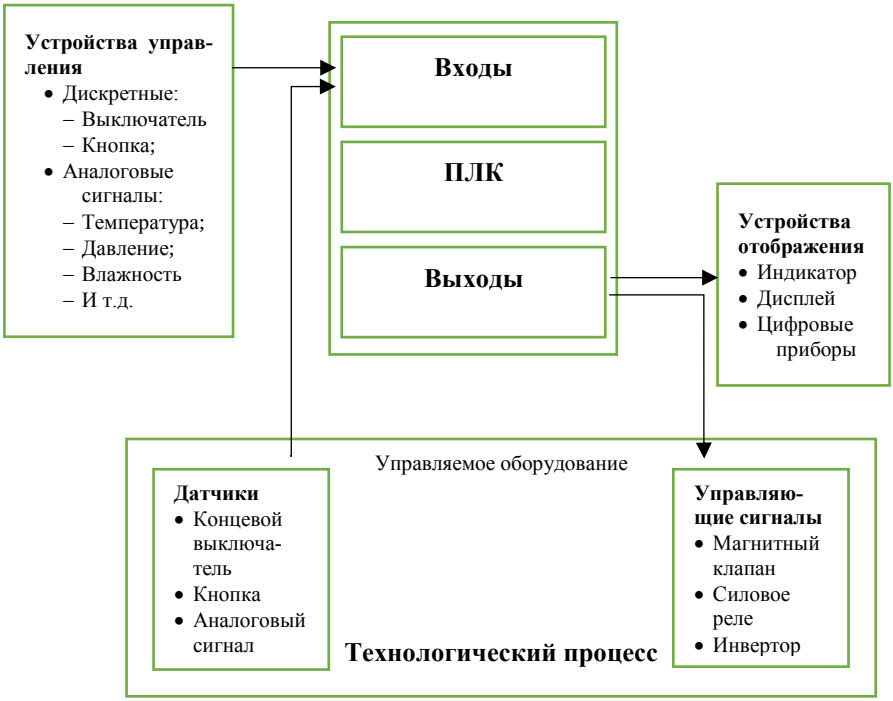


Рис. 1. Структура работы ПЛК

Назначение

ПЛК предназначены для:

– автоматизации технологического процесса в разных сферах человеческой жизнедеятельности: *противоаварийная защита, промышленные станки с ЧПУ, управление транспортным движением, системы жизнеобеспечения зданий и т.д*;

– работы в системах реального времени.

Выбор ПЛК

На Российском рынке в настоящие время преобладают контроллеры таких иностранных фирм, как: Siemens, Mitsubishi, ABB, Schneider Electric, GE Fanuc. Но также следует отметить фирмы

отечественных производителей: НИЛ АП, Текон, Фаствел, ДЭП, Овен, Элемер, Эмикон, НПФ Прорыв и т.д.

Как, в итоге, правильно выбрать устройство для автоматизации своего предприятия?

С помощью сравнительного анализа соотношения качества изготовляемых устройств с их ценой, мы можем подобрать ПЛК для различного рода информационных систем, потратив на это меньшую часть выделенных средств, что позволяет сэкономить бюджет компании.

Таблица 1

Основные характеристики ПЛК

Наименование	ОВЕН ПЛК73	ADAM-5560CE-AE	SIMATIC S7-300	Alpha XL AL2-10MR-A	МФК1500
Производитель	ОВЕН	Advantech	Siemens	Mitsubishi	Текон
Рабочая температура	-10…+55 °С	-10…+55 °С	-40…+70 °С	-25…+55°С	-40…+60°С
Влажность воздуха	До 80% до 35 °С	До 95%	До 95%	До 80%	До 95%
Количество аналоговых входов	8	Приобретаются отдельно	-	-	Приобретаются отдельно
Количество дискретных входов	8	Приобретаются отдельно	16	6	Приобретаются отдельно
Объем оперативной памяти	10 Кб	1 Гб	128 Кб	-	128 Мб
Объем памяти	280 Кб	4 Гб	Расширяемая до 8 Мб	5 Кб	128 Мб
Цена	14502 руб.	66051 руб.	90694 руб.	11400 руб.	По запросу
Приблизительная цена добавочных модулей	-	≈ 12000 руб.	-	-	По запросу

Таким образом, мы можем сделать методику определения оптимального контроллера для нашего предприятия.

1. Необходимо определить сферу использования ПЛК.
2. Определить внешние факторы окружающей среды.
3. Выбрать ПЛК для заданной сферы с учетом факторов окружающей среды.

Пример №1: необходимо реализовать систему умный дом, проживая в средней полосе России. Учитывая скачок температур от -23 зимой и до +35 летом. Нам необходимо использовать ПЛК, удовлетворяющий данным требованиям. Для наших идеально подходит Alpha XL Mitsubishi AL2-10MR-A.

Пример №2: большое предприятие по добычи и переработке нефти. Система реального времени. Средняя полоса России от -23 зимой до +35 летом. Нам необходимо использовать ПЛК, удовлетворяющий данным требованиям. Для наших идеально подходит SIMATIC S7-300 Siemens.

Пример №3: большое предприятие по добычи и переработке нефти. Система реального времени. Южная часть России от -10 зимой до +45 летом. Нам необходимо использовать ПЛК, удовлетворяющий данным требованиям. Для наших идеально подходит ADAM 5560CE-AE Advantech.

Список литературы

1. *Минаев И.Г., Самойленко В.В.* Программируемые логические контроллеры // Практическое руководство для начинающего инженера. 2009. С. 21-26.

2. SIMATIC программируемые SIEMENS контроллеры [электронный ресурс]: ООО«СТЕЛЛА» 1995-2015г. URL: http://www.ste.ru/siemens/contr.html

3. ПЛК. Виды и назначение. История развития. Способы программирования [Электронный ресурс] URL: http://studopedia.org/14-16385.html

4. Контроллеры для систем автоматизации. Типы ПЛК, архитектура, классификация [Электронный ресурс] URL: http://www.bookasutp.ru/Chapter6_1.aspx

5. Группа компаний «Текон». Контроллеры [Электронный ресурс] URL: http://www.tecon.ru/prodykciia/kontrollery/?cat=6

SELECTION AND JUSTIFICATION OF A PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

OPERATING IN THE REAL SCALE OF TIME IN INFORMATION SYSTEMS OF VARIOUS APPOINTMENT

Kulichenko N.
Supervisor: L. Sharnin, Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The article gives a brief description of the programmable logic controller (hereinafter - PLC). A method of comparative analysis was used to determine a suitable PLC for information systems of various purposes. Comparison of the results and selection of PLCs taking into account the price-quality ratio.

УДК 004.8

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ЭС ДЛЯ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОННОГО ПОЛЕТНОГО ПЛАНШЕТА ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ EFB ДЛЯ ЛЕТНОГО ЭКИПАЖА ВОЗДУШНОГО СУДНА

Марценюк Е.А., Мельничук А.В.
Научные руководители: В.А. Судаков, д.т.н., профессор,
О.Т. Романов, к.т.н., доцент
(Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет), г. Москва)

В работе рассмотрена актуальная проблема выбора рациональной модели планшетного компьютера (ПК) для использования лётными экипажами в качестве электронной информационной системы ElectronicFlightBag (EFB) переносного типа, возникающая на этапе внедрения данной системы эксплуатантом воздушного судна (ВС). На основе опроса отечественных и зарубежных эксплуатантов ВС с целью определения их предпочтений выявлены критерии выбора рациональной модели ПК. Для решения рассматриваемой проблемы предложен подход, основанный на применении принципов построения искусственного интеллекта. Выполнена программная реализация предложенного подхода в виде прототипа специализированной экспертной системы (ЭС).

В настоящее время стандартный набор навигационных приборов бортовой системы воздушного судна (ВС) не позволяет членам лётного экипажа оперативно получать информацию, особенно в критических ситуациях, которая хранится на бумажных носителях в виде набора документов, находящихся в кабине.

Для повышения скорости и эффективности поиска членам лётного экипажа нужной информации в настоящее время находит внедрение на ВС электронной информационной системы ElectronicFliteBag или EFB. Эта система, как определено в документе ICAO «Doc 10020. Руководство по электронным полетным планшетам (EFB)», состоит из оборудования и прикладных программ и позволяет летному экипажу выполнять функции по хране-

нию, обновлению, отображению и обработке данных, применяемых при выполнении полета или обязанностей, связанных с полетом.

Согласно с документом ICAO «Doc 10020. Руководство по электронным полетным планшетам (EFB)» аппаратное обеспечение EFB может быть переносным, либо стационарно установленным, т.е. является частью конфигурации ВС.

Аппаратное обеспечение переносного EFB - это электронное устройство, представляющее собой планшетный компьютер (ПК), в который внесена вся информация, хранящаяся на борту ВС на бумажных носителях.

В настоящее время на рынке представлено большое количество разнообразных моделей ПК, которые можно использовать в качестве EFB.

Развитие этого рынка и нормативной базы, регламентирующей одобрение и использование ПК в качестве EFB, приводит к тому, что перед эксплуатантом ВС на этапе разработки плана внедрения EFB возникает проблема выбора наиболее рациональной модели ПК.

Подход к решению этой проблемы может быть основан на применении принципов построения систем искусственного интеллекта и их реализация в виде экспертной системы (ЭС). Ее структура включает базу знаний (БЗ), базу данных (БД) с перечнем рассматриваемых ПК и текущим состоянием процесса поиска решений, решатель, реализующий механизм логического вывода, блок объяснений, диалоговый компонент и компонент приобретения знаний.

Важнейшими элементами структуры такой ЭС являются БЗ. Для построения БЗ был проведен опрос отечественных и зарубежных эксплуатантов ВС различных категорий с целью выявления их предпочтений – критериев выбора, один из таких критериев можно увидеть на рис. 1.

Обеспечение комфортного восприятия информации	
Маленький экран (менее 9 дюймов) Возможны затруднения при считывании информации с маленького экрана устройства.	Все iPad Mini 2, все iPad Mini 4
Средний экран (9-11 дюймов) Комфортное восприятие информации	Все iPad Pro 9’7, все iPad Air 2
Большой экран (более 12 дюймов) Комфортное восприятие информации	iPad Pro 12’9, Surface Pro 4

Рис. 1. Критерий – обеспечение комфортного восприятия информации

Обработка результатов этого опроса позволила определить структуру БЗ в виде системы продукций, изображенной в виде таблицы на рис. 2, построить «дерево решений» для выбора наиболее рационального варианта ПК.

Слой	Вопрос	Слой	Варианты ответов	Слой	Фактический ответ польз-ля	Слой	Итоговый результат
0	1(В)	1	1У2У3	1	1	2	1(В)
2	1(В)	3	1У2	3	1	4	1(В)
4	1(В)	5	1У2	5	1	6	1(В)
6	1(В)	7	1У2	7	1	8	ПК № 14
4	2(В)	5	1У2	7	2	8	ПК № 15

Левая часть продукции с четным слоем, где есть (В)

Правая часть той же продукции

Левая часть продукции с нечетным слоем, где есть ответ пользователя

Правая часть продукции с четным номером на 2 ед. больше номера продукции в РП

Рис. 2. Система продукций, представленная в виде таблицы

Таким образом, была проведена проверка возможностей реализации рассмотренных предпосылок создания ЭС. Разработан прототип ЭС с её программной реализацией. Это позволяет гово-

рить о том, что результаты могут быть использованы для решения практических задач в сфере гражданской авиации.

В дальнейшем, предполагается доработка прототипа ЭС, реализующей задачу определения взлётно-посадочных характеристик ВС в целях повышения безопасности полетов и эффективности летной эксплуатации.

Список литературы

1. *Мельничук А.В., Судаков В.А.* Предпосылки создания системы автоматизированного расчёта взлетно-посадочных характеристик воздушного судна // Гагаринские чтения – 2016: XLII Международная молодёжная научная конференция: Сборник тезисов докладов: В 4 т. М.: Московский авиационный институт исследовательский университет), 2016.

2. ICAODoc 10020 «Руководство по электронным полетным планшетам (EFB)» – 2016 // [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: http://dspk.cs.gkovd.ru/library/viewitem.php?id=1082 (дата обращения 02.06.17).

3. EASA AMC 20-25 «Airworthiness and operational consideration for Electronic Flight Bags (EFBs)» – 09 February 2014 // [электронныйресурс] – Режимдоступа. URL: https://www.easa.europa.eu/system/files/dfu/2014-001-R-Annex%20II%20-%20AMC%2020-25.pdf (датаобращения 01.06.17).

4. FAA AC No: 120-76C «Guidelines for the Certification, Airworthiness, and Operational Use of Electronic Flight Bags» - 5-9-2014 // [электронныйресурс] – Режимдоступа.–URL: https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory_circular/ac_120-76c.pdf (датаобращения 01.06.17).

THE PREREQUISITES FOR CREATING AN ES FOR THE SELECTION OF THE ELECTRONIC FLIGHT PLAN FOR ELECTRONIC INFORMATION SYSTEMS EFB FOR THE FLIGHT CREW OF AN

Martsenyuk E., Melnichuk A.

Scientific leaders: V. Sudakov, Doctor of Technical Sciences, Professor, T. Romanov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow)

In this paper, the actual problem of selecting a rational model of a Tablet PC (PC) for use by flight crews as an Electronic Flight Bag (EFB) electronic information system (EFB), emerging at the stage of introduction of this system by the aircraft operator is considered. Based on a survey of domestic and foreign aircraft operators in order to determine their preferences, the criteria for choosing a rational PC model have been identified. To solve this problem, an approach based on the application of the principles of constructing artificial intelligence is proposed. The program implementation of the proposed approach in the form of a prototype of a specialized expert system.

УДК 004.67

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ШАБЛОНОВ СОВМЕСТНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ, СКОНСТРУИРОВАННЫЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Махмутова Ф.Т.
Научный руководитель: И.В. Аникин, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В рамках данной работы реализован программный комплекс по выявлению шаблонов совместного размещения объектов в больших пространственных данных. Для анализа пространственных шаблонов использован смешанный подход технологий интеллектуального анализа, состоящий из двух основных компонент: разбиения пространства на части на основе кластерного анализа и дальнейшего выявления шаблонов совместного размещения данных из полученных кластеров с использованием алгоритма выявления ассоциативных правил. Отличительной особенностью данной работы является применения стека технологий распределенной обработки данных (позволяющего многократно увеличить производительность) к разработке системы по выявлению пространственных шаблонов совместного размещения данных.

Введение

В век информационных технологий объемы данных возрастают с огромной скоростью и выглядит невозможным анализ данных исключительно человеческими ресурсами. Именно этим и обусловлено появление специальных инструментов, позволяющих быстро, точно и эффективно манипулировать данными. На сегодняшний день, сбор данных совершается с огромного числа гаджетов, что обуславливает возникновение многочисленных задач, заключенных в обработке собранной информации. Высоконагружен-

ные системы решающие подобного рода задачи требуют распределённой обработки данных, которая позволяет оперативно добиться желаемого результата.

Данная работа посвящена проблеме обработки больших пространственных данных выполненной в распределённом режиме в целях уменьшения временных затрат. Объектом исследования данной работы являются шаблоны совместного размещения данных, отображающие взаимосвязи между событиями случающимися по всему миру. Подобные взаимосвязи между объектами принято называть шаблонами совместного размещения пространственных объектов. Анализ данных для выявления шаблонов совместного размещения используется во многих областях науки: метеорологии, политике, экологии, экономике и пр., а также во многих отраслях бизнеса, например, в туристическом бизнесе. Типовым примером шаблонов совместного размещения данных из области биологии можно назвать сокращение на определенной территории популяции пчел и тараканов как следствие распространения беспроводного интернета.

В рамках этой работы рассматриваются события, которые принадлежат некоторому периоду времени и некоторой области на карте, с их геолокациями и прочими свойствами.

Методология обнаружения пространственных шаблонов совместного размещения объектов

Рассматривая процесс получения шаблонов совместного размещения пространственных объектов, можно выделить два главных шага: разбиение пространства и получение наборов объектов, имеющих тенденцию часто случаться вместе. В связи с чем было принято решение по применению комбинации алгоритмов интеллектуального анализа данных (кластеризации и алгоритма извлечения ассоциативных правил для первого и второго шагов соответственно) с целью получения шаблонов совместного размещения пространственных объектов.

Кластерный анализ как способ разделения исходной выборки идеально соответствует поставленной задаче. Кластеризация используется для обработки пространственных данных, а применения плотностного алгоритма кластеризации – это лучшее решение для

работы над пространственными объектами исследуемых шаблонов, ведь группировка объектов в пространственной близости - это главное свойство искомых шаблонов. Алгоритм плотностной кластеризации DBSCAN (Density Based Spatial Clustering of Applications with Noise) ориентирован на получения кластеров произвольной формы и размера из пространственных данных [1]. Основной идеей алгоритма DBSCAN является отслеживание плотности распределения точек внутри кластера, которое должно быть значительно выше чем за пределами кластера, а также выше, чем в регионах с «шумом». Одним из главных достоинств алгоритма DBSCAN является возможность его применения к большим данным.

Применение алгоритма DBSCAN на основе смешанного подхода кластеризации обуславливает применение алгоритмов извлечения ассоциативных правил на следующем шаге [2]. В качестве такого алгоритма в рамках проекта был рассмотрен алгоритм - FP-growth [3] как эффективного и масштабируемого алгоритма по обнаружению часто встречающихся наборов данных. Применение подобного рода алгоритмов позволяет получать шаблоны совместного размещения данных следующего вида:

$$[EventType_1,\ldots,EventType_s]\rightarrow[EventType_p]$$

Технологии распределенной обработки данных для обнаружения пространственных шаблонов

На сегодняшний день существует довольно много вычислительных платформ, позволяющих распределенную обработку данных, для реализации проекта была выбрана платформа Apache Spark [4], являющаяся лидером среди остальных, тем более, что в Spark имеется библиотека машинного обучения Spark MLlib, в которой реализован алгоритм поиска частых наборов данных FP-growth.

Слабым местом нынешних платформ распределенной обработки данных является отсутствие внутренних функций обработки пространственных данных. Поэтому для реализации первого этапа проекта – разбиения пространства на кластеры - возникла необходимость подключения дополнительного модуля – реализации алгоритма DBSCAN на платформе Spark [5].

Оценка производительности системы

Для проведения экспериментальной работы был использован Spark кластер состоящий из пяти узлов со следующими характеристиками CPU каждой машины: CPU per worker: 2x6 cores (2x HyperThreading) Intel Xeon CPU E5- 2640, @2.50 GHz; оперативная память каждой машины 128 GB.

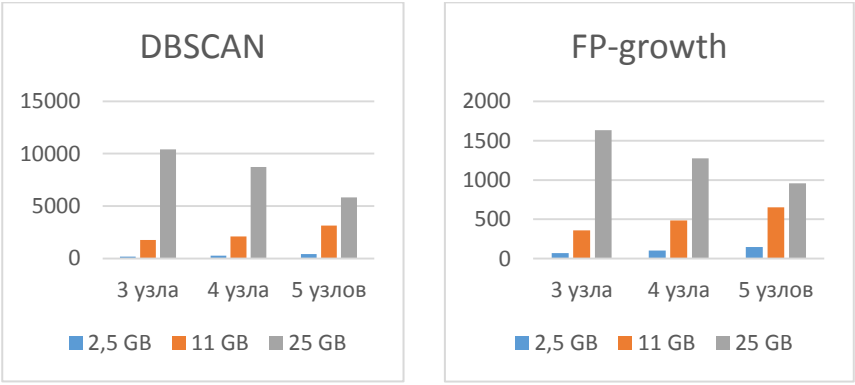


Рис. 2. Оценка производительности алгоритмов



[183,090,0874,172,173,080] => [194]

183: Conduct suicide, car, or other non-military bombing
090: Investigate
0874: Retreat or surrender militarily
172: Impose administrative sanctions
173: Arrest, detain, or charge with legal action
080: Yield
194: Fight with artillery and tanks

Рис. 3. Пример визуализации шаблона совместного размещения пространственных объектов

На Рис. 1 отображена производительность выбранных алгоритмов с условием варьирования количеством рабочих узлов, а

также с условием варьирования размером входных данных.

В качестве входного набора данных, на котором проводились все эксперименты была использована база данных GDELT [6]. Проект GDELT – это большой пространственный набор данных, содержащий информацию о геополитических и социальных событиях со всего мира. На Рис. 2 приведен пример шаблона совместного размещения данных на территории Сирии.

Заключение

В рамках данной работы был реализован программный комплекс по выявлению шаблонов совместного размещения объектов в больших пространственных данных. Для обнаружения пространственных шаблонов был использован смешанный подход технологий интеллектуального анализа: алгоритма DBSCAN для разбиения пространства, а также алгоритма FP-growth для выявления ассоциативных правил на полученных порциях данных. Анализ масштабируемости примененных алгоритмов разработанного программного комплекса продемонстрировал возможность обработки больших данных в распределенной среде, способствующую производительности системы в целом.

Список литературы

1. *Martin Ester, Hans-Peter Kriegel, Jörg Sander, Xiaowei XuA*, Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise, International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 1996.

2. *Yan Huang, Pusheng Zhang*, On The Relationships Between Clustering and Spatial Co-location Pattern Mining. 18th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence, (ICTAI'06) - 0-7695-2728-0/06, 2006.

3. *R. Agarwal and R. Srikant*, Fast Algorithms for Mining Association Rules, In Proc. of the 20th Int'l Conference on Very Large DataBases, 1994.

4. "Apache Spark," [Online]. Available: http://spark.apache.org.

5. "An implementation of DBSCAN runing on top of Apache Spark," [Online]. Available: https://github.com/irvingc/dbscan-on-spark

6. "Global Database of Events, Language, and Tone (GDELT),"

[Online]. Available: http://gdeltproject.org.

FRAMEWORK FOR CO-LOCATION PATTERNS MINING IN BIG SPATIAL DATA BASED ON TECHNOLOGIES OF DISTRIBUTED DATA PROCESING

Makhmutova F.
Supervisor: I. Anikin, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical
University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This work is devoted to the problem of co-location patterns discovering by means of distributed processing of data. That is why, in this work a framework of co-location patterns discovering in big spatial data, based on Apache Spark tool, is proposed. Co-location patterns discovering process consists of two main tasks: spatial partitioning and association rules mining. For solving of the first task density-based clustering was used. For solving of the second task FP-growth (algorithm of discovering the most frequent item sets) was applied. Within the scope of this work, scalability of applied data miming algorithms is estimated.

УДК 004.932.2

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОТБОРА СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ

Мещеряков Н.Д.
Научный руководитель: С.А. Зарайский, к.т.н.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Предложен метод сортировки картофеля на основе оптического распознавания.

Основной целью разработки системы является автоматизация процесса отбора семенного картофеля, снижение потерь при производстве семенного картофеля, снижение затрат на рабочую силу, повышение качества сортировки картофеля.

Потери при хранении так же велики: при уборке урожая, транспортировке и хранении теряется 30-40% выращенного урожая, во многих случаях к концу хранения потери достигают 60%.

Проблемы автоматического визуального контроля картофеля осложнятся тем, что:

- на конвейере могут быть посторонние предметы, например, мусор различного цвета и формы;
- большое число сортов картофеля (сорта отличаются размером, цветом и формой);
- картофель может включать фрагменты земли.

В проектируемой системе решаются следующие задачи:

- фильтрация мусора на изображении;
- определение геометрических параметров клубней картофеля;
- идентификация картофеля на конвейере;
- нахождение семенного картофеля на изображении;
- выявление дефектов картофеля.

Экспериментальная установка позволяет определять следующие параметры клубней картофеля: длина (a), ширина (b), периметр (L), площадь (S) продольного сечения и коэффициенты фор-

мы. Экспериментальные исследования проведены на трех сортах картофеля, отличающихся по форме клубней. Результаты экспериментальных исследований оптико-электронного устройства для определения геометрических параметров клубней картофеля показали, что значения длины и ширины клубней овальной и удлиненно-овальной форм существенно зависят, а значения площади и периметра практически не зависят от ориентации объекта относительно камеры. Для оценки точности измерения геометрических параметров клубня используется значение наибольшей возможной статистической ошибки. Оценка размеров и формы клубней картофеля всех исследованных сортов по критериям, основанных на определение площади и периметра, дают объективные количественные значения информативных признаков, что подтверждают теоретические расчеты.

Три камеры обеспечат обзор на рабочую поверхность с трех различных положений, что позволит повысить качество сортировки.

Для повышения производительности труда процесса клубневого анализа и расширения количества определяемых геометрических параметров разработан экспресс - метод и экспериментальная установка для определения морфологических признаков клубней картофеля с использованием оптико-электронных средств обработки информации. Обоснованы информативные признаки, характеризующие с одной стороны показатели качества клубней семенного картофеля, а с другой стороны – пригодные к компьютерной обработке. На основе математических расчетов параметров клубня картофеля аппроксимированного эллипсоидом показано, что в процессе измерение длины и ширины на их значение зависят от ориентации клубня на рабочей поверхности относительно объектива камеры. Значения площади и периметра не зависит от расположения объекта относительно камеры. Значение коэффициента формы K_1 зависит от ориентации объекта относительно веб-камеры, а величина коэффициента формы K_2 не зависит.

Экспериментальная установка позволяет определять следующие параметры клубней картофеля: длина (a), ширина (b), периметр (L), площадь (S) продольного сечения, коэффициенты формы

$$K_1 = \frac{a}{b} \cdot 100\% \text{ и } K_2 = \frac{L^2}{S}$$

Обнаруживается картофель, измеряется площадь в пикселях, проводится аппроксимация контура картофеля. Если площадь картофеля существенно отличается от площади эллипса, то картофель значительно отличается по форме от эллипса или он включает гниль. Предполагается, что оператор обучает систему сортировке по сортам картофеля. Сначала обучает обнаруживать картофель одного сорта (система измеряет геометрические минимальные и максимальные размеры картофеля из партии), потом обучает систему выявлять семенной картофель.

Исследования проводились в среде LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) на графическом языке программирования «G». Метод фильтрации изображения - линейный. Данный метод является достаточным в виду простоты задачи (1 переход яркости по краю клубня и на срезе).

Эталонные значения нижней f_{min} и верхней f_{max} границы изображения задаются оператором в соответствии с критериями отбора для каждого сорта картофеля (картофель может, например, быть мелким, круглым, овальным). Клубень не подходит, если выполняется хотя бы один из следующих наборов условий:

- точка измеряемой кривой выходит за пределы верхней границы интервала;

- точка измеряемой кривой выходит за пределы нижней границы интервала.

Список литературы

1. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов/ Я.А.Фурман, А.В Кревецкий, А.К. Передреев, А.А. Роженцов, Р.Г. Хафизов, И.Л Егошина, А.Н. Леухин; Под ред. Я.А. Фурмана. — 2-е изд., испр. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 592 с.

2. *Шапиро Л.* Компьютерное зрение / Л.Шапиро, Дж.Стокман; Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009.

AUTOMATED SYSTEM OF SELECTION OF SEED POTATOES

Meshcheryakov N.
Supervisors: S. Zaraiskiy, candidate of technical sciences
(Kazan National Research Technical
University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

Method of sorting potatoes on the basis of optical character recognition.

УДК 681.324

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ МНОГОПРОФИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WEB-САЙТА

Мещеряков Н.Д.
Научный руководитель: Ф.И. Эминов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Предложен вариант системы реализации продукции с использованием web-сайта для многопрофильного производственного предприятия.

Среди нетрадиционных методов функционирования предприятий можно выделить “электронный бизнес”, которое сопряжено с применением web-технологий [1]. Современное состояние электронного бизнеса соответствует этапу трасформации бизнеса, когда в процесс взаимодействия между партнерами по бизнесу осуществляется с использованием общих технологий управления. Целью разработки данной системы является создание системы автоматизация процесса реализации продукции предприятия в среде интернет, что должно стать составной частью учебного полигона, предназначенного [2] для подготовки квалифицированных специалистов в области информационных технологий.

Главными особенностями проекта является то, что, несмотря, на большие объемы базы данных, сайт должен поддерживать высокое быстродействие и то, что архитектура базы данных проектируется под специфику различных товаров.

Разница в затратах на реальный и виртуальный магазины существенная. Можно утверждать, что ежемесячная арендная плата за помещение магазина, выплаты заработной платы продавцам, консультантам, уборщикам, оплата электричества, воды, ремонта торгового оборудования, все это и многое другое, обходятся предприятию во много раз дороже, чем создание и обслуживание интернет-магазина.

К проблемам автоматической реализации продукции через

web-сайт относятся:

- большие объемы информации разбитые на категории;
- различная специфика продукции;
- выбор программных средств реализации проекта, которые позволят полностью раскрыть потенциал системы;
- быстрый отклик сайта и его высокий уровень работоспособности и функциональности;
- простота и удобство.

Сайт многопрофильного производственного предприятия содержит в себе разделы:

1. О компании. Сайт промышленного предприятия нуждается в разделе, где будет достаточно подробно описана история развития компании, информация по каждому из направлений: краткая история, чем занимается, количество рабочих. Здесь же создаем подраздел, где будут перечислены все представительства компании и их контакты. Делим этот список по регионам, так пользователь будет лучше представлять себе зону охвата предприятия

2. Новости. Новостной раздел разбиваем на несколько модулей. Здесь актуальная информация о мировых новинках в сфере занятости предприятия, она может быть интересна не только пользователям, но и сотрудникам завода или фабрики. Так же, создаем подраздел с новостями именно о компании – участие в выставке или ее организация, выигранный тендер, собрание акционеров, новое оборудование.

3. Контакты. Указываем контактные телефоны директорского состава, начальников цехов, отделов. В этом разделе поместим форму обратной связи и пресс-центр – форму для записи и контактные телефоны для общения с журналистами.

4. Продукция. Раздел, посвященный продукции предприятия, должен максимально детально, с фотографиями и указанием всех возможных технических характеристик описывать товар, производимый компанией, пользователь должен легко и быстро среди огромного ассортимента продукции находить то, что его интересует. Название и характеристики товара продублируем на иностранном языке. Это особенно актуально, так как предприятие ориентировано на работу с зарубежными партнерами.

5. Качество. Создаем страницу, посвященную качеству выпускаемой продукции. Страница должна содержать детальное описание всех этапов контроля, указание современного оборудования, с помощью которого этот контроль проводится, информацию о систематическом повышении квалификации персонала. Потенциального партнера предприятия, без сомнения, заинтересуют размещенные сертификаты, подтверждающие высокое качество продукции, призовые места на выставках, дипломы, гранты.

6. Информация по особым условиям. Раздел, предназначенный для потенциальных партнеров. Условия для дилеров, информация для поставщиков. Все это, представленное в максимально доступной форме, сделает ресурс по-настоящему эффективным. Здесь же указываем контактные данные сотрудников компании, к которым можно обратиться для получения какой-то дополнительной информации.

Проект интернет магазина состоит из визуальной части (front-end), движка сайта (back-end) и базы данных (MySQL). Для визуальной части используем связку языков программирования Html5+Css3+Js с тем, чтобы сайт обладал следующими свойствами:

- кроссбраузерный - сайт одинаково хорошо будет отображаться во всех браузерах;
- масштабируемый - страницы не будут «рассыпаться» при добавлении товаров и страниц;
- резиновый - информация будет хорошо выглядеть как на узких, так и на широких мониторах;
- блочный - при верстке страниц каталога не будут использоваться таблицы.

Данный метод верстки является оптимальным и современным в сравнении со статической версткой на Html3, так как обеспечивает удобство в использовании и высокую скорость загрузки страниц.

Главная особенность создаваемого интернет-магазина кроется в движке сайта. Чтобы обеспечить высокую надежность и удобство сайта необходимо правильно подобрать инструментальные средства и создать качественную архитектуру БД. База данных хранит в себе не только стандартные сущности «Заказчик», «Това-

ры», «Заказы», но еще и динамически прогружаемые веб-страницы и ссылки для ускорения работы сайта.

При создании движка интернет-магазина лучшим вариантом будет использование концепция MVC («модель – вид – контроллер»). В соответствии с данной концепцией (модель разработки) внешнее оформление сайта отделено от его логики, что дает много преимуществ. При использовании этой логики бизнес-модель отделяется от ее визуализации, тем самым повышается возможность использования повторного кода. Это оказывает прямое влияние на удобство проектирования системы (программисту не придется в ручную создавать страницы и категории базы данных при добавлении информации на веб-сайт). Все необходимые файлы и код будут генерироваться автоматически, обеспечивая высокую автоматизацию процесса работы сайта.

С использованием языков Php и JQuiery сайт обеспечивается всеми основными функциями магазина: поиск, корзина, регистрация и авторизация пользователей, постраничная навигация, хлебные крошки, сортировка товаров и т.д. Для обеспечения безопасности системы запрещаются прямые обращения к страницам. При попытке несанкционированного доступа к любой части системы пользователь попадает на страницу авторизации, которая сама по себе не содержит никаких данных, но наделяет правами доступа.

Особенностью системы является также использование технологии Ajax. Отправляя запрос со страницы сайта на сервер, пользователь сможет продолжить работу с сайтом, так как запрос будет обработан в фоновом режиме. На сайте подобные асинхронные запросы будут задействованы в процессе авторизации пользователя, при добавлении и удалении товаров и картинок. Чтобы определить, когда придет ответ с сервера, необходимо отслеживать свойство браузера readyState (состояние готовности). Данное свойство содержит число, по значению которого можно судить о том, в какой стадии находится запрос. Основные значения свойства readyState и соответствующие им состояния следующие. “0” - запрос не инициализирован, “1” - выполнена настройка запроса, “2” - запрос отправлен, “3” - запрос находится в процессе обработки на сервере, “4” - запрос завершён. В том случае, когда значение у свойства

readyState будет равно 4, это будет означать то, что на отправленный запрос, пришёл ответ с сервера. Остальные значения на практике используются довольно редко, и некоторые браузеры могут их не поддерживать.

Подход, описанный в данной работе, позволяет получить быстрый и надежный интернет-магазин, в котором применены современные методы и технологии разработки сайтов. Данную систему можно использовать как готовый макет для подобных проектов, так как в структуру такого сайта можно интегрировать различные компоненты и дополнения необходимые для работы. Актуальность системы будет сохраняться на протяжении продолжительного времени, так как методы и программные средства, использованные в разработке такого интернет-магазина, хорошо зарекомендовали себя на практике. Полученные результаты должны стать составной частью учебного полигона, предназначенного для подготовки квалифицированных специалистов в области информационных технологий.

Список литературы

1. *Эминов Ф.И.* Информационные технологии управления предприятиями. Казань: Мастер Лайн, 2015. 144 с.

2. *Эминов Ф.И.* Формирование конкурентоспособных специалистов для IT-служб предприятий. Educational Technology & Society 2009. V.12. №1. С. 436-442. ISSN 1436-4522. [Электронный ресурс] URL: https://itchief.ru/lessons/javascript/ajax-asynchronous-requests-in-the-examples

INFORMATION SYSTEM OF THE REALIZATION OF PRODUCTION OF A MULTIDISCIPLINARY ENTERPRISE USING WEB SITE

Meshcheryakov N.

Supervisors: F. Eminov, candidate of technical sciences, docent

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

A variant of a system for selling products using a web site for a multi-disciplinary production enterprise was proposed.

УДК 004.93

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ОБЪЕКТОВ НА СНИМКАХ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Назыров А.А.
Научный руководитель: В.А. Суздальцев
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассматривается метод определения геометрических размеров объектов на снимках ультразвуковых исследований.

В последнее время одним из актуальных направлений развития компьютерных технологий в медицине становится обработка цифровых изображений: улучшение качества изображения, сегментация изображения, выделение объектов интереса («масс»), их анализ, параметрическое описание. При этом выделенные объекты интереса являются отражением патологического процесса в организме, а их классификация отвечает на вопрос, все ли выделенные объекты являются проявлением патологического процесса. В работе предложена методика обработки изображений ультразвуковых исследований при определении размеров головки плода беременной женщины.

Яркость изображения можно представить как вещественную функцию *img* двух переменных x и y, *I*(x,y).

Функция $img = I(x,y)$ определяется в прямоугольной форме т.е. $x \in [0;W-1]$,а $y \in [0;H-1]$, где *W*- ширина изображения, *H*-высота изображения. Тогда говорят, что изображение имеет размер $W \times H$. Для фильтрации и последующей обработки, можно представить изображение в матричном виде:

$$\begin{bmatrix} I(0,0) & I(0,1) & \dots & (0,W-1) \\ I(1,0) & I(1,1) & \dots & I(1,W-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ I(H-1,0) & I(H-1,1) & \dots & I(H-1,W-1) \end{bmatrix}$$

img= I(x,y)=

Весь процесс обработки изображений состоит из следящих этапов:

1. Задача масштабирования изображения.
2. Кластеризация изображения и формирование фрагментов.
3. Определение границ фрагментов.
4. Определение параметров фрагментов.
5. Построение классификатора фрагментов и распознавание изображения объекта.
6. Определение размеров объекта.

Рассмотрим каждый этап более подробно:

1. Задача масштабирования изображения

Под масштабированием подразумевается как увеличение, так и уменьшение разрешения изображения. В нашем случае уменьшается разрешение изображения, что позволяет сократить время последующей обработки изображения.

Для уменьшения размера будет произведены следующие действия над изображением:

1. Разбиение изображения на $k' \times u'$ областей прямоугольного вида с размерами x' и y' пикселей.

2. Вычисление математического ожидания средней яркости каждой области и несмещенной оценки дисперсии области.

3. Создание нового изображения со значениями пикселей, которые будут соответствовать значению математического ожидания средней яркости каждой области, вычисленных в предыдущем этапе.

Результат уменьшения размера изображения показан на рис.2.

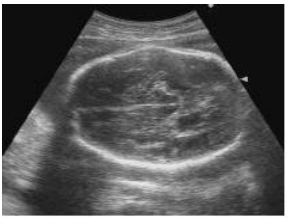


Рис. 1. Начальное изображение

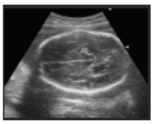


Рис. 2. Изображение после масштабирования

2. Кластеризация изображения и формирование фрагментов

Кластеризация — это задача разбиения множества объектов на фрагменты, называемые кластерами. Внутри каждого фрагмента должны оказаться «похожие» объекты, а объекты разных фрагментов должны как можно более отличаться друг от друга.

В нашем случае алгоритм кластеризации будет реализоваться на основе близости значений математического ожидания, дисперсии и минимального расстояния между областями. Результат кластеризации изображения показан на рис.3.

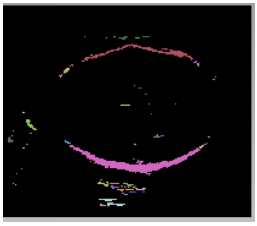


Рис. 3. Кластеры

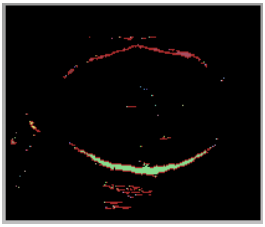


Рис. 4. Границы кластеров изображения

3. Определение границ фрагментов

Для выделения границ фрагментов будем использовать алгоритм Соболя [1]. Результат применения алгоритма показан на рис. 4.

4. Определение параметров фрагментов изображения объекта

Для каждого фрагмента определяются площадь, оценка математического ожидания и стандартное, отклонение яркостей пикселей, габаритные размеры и удлиненность фрагмента. Параметры фрагментов использовались для формирования обучающей выборки [3] (принадлежность каждого фрагмента изображению объекта, головки плода, определялась экспертом-учителем).

5. Построение классификатора фрагментов и распознавание изображения объекта

Для определения информационных признаков, позволяющих оценить степень принадлежности фрагмента к изображению объекта, проведен корреляционный анализ, построена обучающая выборка, которая использовалась для построения классификатора отнесения фрагментов к изображению объекта в виде нейронной сети с прямым распространением. Нейронная сеть обучалась с помощью метода обратного распространения ошибки. Результат работы нейронной сети показан на рис. 5.

6. Определение размеров объекта

Для определения размеров объекта осуществляется построение минимальной выпуклой оболочки вокруг фрагментов отнесенных к изображению объекта в форме эллипса. Малая ось эллипса будет являться размером объекта (рис. 6).

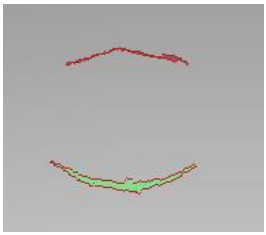


Рис. 5. Распознанные фрагменты

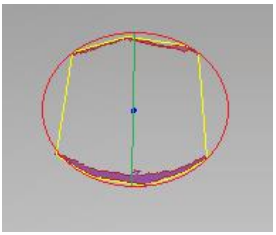


Рис. 6. Размер объекта

Эксперименты, проведенные с несколькими десятками изображений, показали эффективность разработанного метода.

Список литературы

1. *Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С.* - Цифровая обработка изображений – М.: Техносфера, 2005.

2. *Назыров А.А, Суздальцев В.А* Построение гибридных нейросетевых процедур оценки размеров изображения объекта // Вестник научных конференций. 2016. № 6-4 (10). С. 79-80.

3. *Аляутдинова Ф.Р., Суздальцев В.А*. Формирование обучающих выборок для машинного обучения в задачах распознавания образов // Юность и Знания – Гарантия Успеха – 2015. Сборник научных трудов. Курск, 2015. С. 246-248.

DETERMINATION OF THE GEOMETRIC DIMENSIONS OF OBJECTS IN IMAGES ULTRASOUND

Nazyrov A.
Research advisor: V. Suzdaltsev
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this paper, a method for determining the geometric dimensions of objects in ultrasound images is considered.

УДК 681.518(075.8)

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОТДЕЛА ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Нигаметзянова Н.Т.
Научный руководитель: С.А. Зарайский, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данном докладе рассматривается задача распределения бригад по заявкам с учетом наличия допуска на виды экспертиз и ограничений по загрузке бригад.

Отдел экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений оказывает широкий комплекс услуг по обеспечению промышленной безопасности, то есть состояния защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий аварий. Для автоматизации организационных задач необходимо решить следующие задачи:

1. Расчет необходимых ресурсов на работы;
2. Расчет стоимости экспертиз;
3. Учет загрузки и квалификации персонала;
4. Назначение исполнителей на работы по экспертизам;
5. Формирование отчетов.

В частности, возникла задача эффективного назначение бригад на обслуживание заявок с учетом специализации бригад по видам экспертизы, с учетом времени на дорогу и равномерной загрузки бригад.

Обозначим через t_{jk} нормативное время проведения в j-й заявке экспертизы k-го вида с учетом времени на организационные мероприятия (дорога и подготовка оборудования).

Введем обозначения:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } i - \text{я бригада назначена на } j - \text{ю заявку,} \\ 0 - \text{в противном случае.} \end{cases}$$

α_j = нормированная величина, пропорциональная стоимости j-й заявки (j=1,2,3...J).

$$\sum_{j=1}^{j} \alpha_j = 1.$$

$$\boldsymbol{S_{ik}} = \begin{cases} \mathbf{1}, \text{если } \boldsymbol{i} - \text{я бригада имеет допуск на проведение экспертизы} \\ \quad \boldsymbol{k} - \text{го вида}, \\ \mathbf{0}, \text{если иначе.} \end{cases}$$

$$\boldsymbol{P_{jk}} = \begin{cases} \mathbf{1}, \text{если в } \boldsymbol{j} - \text{ю заявку включена экспертиза } \boldsymbol{k} - \text{го вида}, \\ \\ \mathbf{0} - \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Одна заявка выполняется одной бригадой:

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} X_{ij} = 1$$

Нагрузка бригад не должна превышать допустимый лимит времени T на выполнение заявок.

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} x_{ij} * t_j \leq T$$

Бригада должна иметь допуск на все виды экспертиз, включенных в заявку:

$$X_{ij} * S_{ik} = P_{jk,} \ \forall i, j, k$$

Необходимо распределить заявки таким образом, чтобы получить наибольшую выработку за

месяц.

$$\sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} X_{ij} * \alpha_j \rightarrow max$$

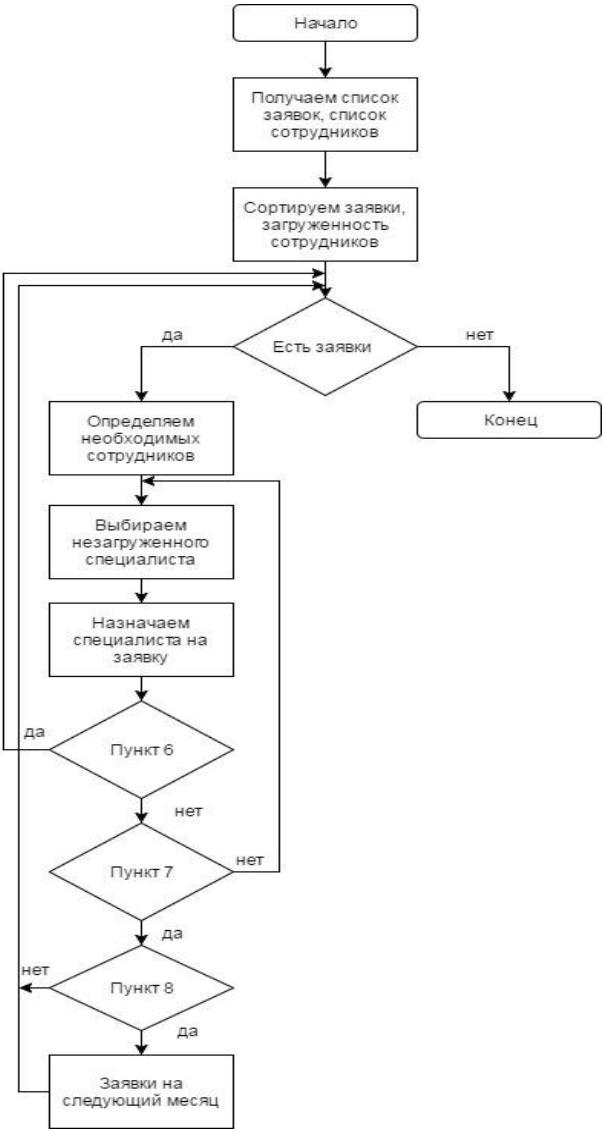


Рис. 1. Алгоритм эвристического метода решения задачи назначения исполнителей на работы по экспертизам

Расчет времени на совершение работ во время выезда и затрат времени на перемещение.

Эвристический метод решения:

1. Отсортируем заявки по объему работ (по стоимости, по сложности).

2. Для каждой заявки определим необходимых специалистов для проведения экспертизы.

3. Выбираем самого незагруженного сотрудника специализирующегося на экспертизу данного вида.

4. Определяем его нормативное рабочее время с учетом не завершенных заявок. Назначаем его на эту заявку. Заявку вычеркиваем из списка нераспределенных заявок.

5. Корректируем его загрузку.

6. Если данная экспертиза обеспеченна людскими ресурсами, вычеркиваем ее из списка и идем к п.2 переходим к следующей заявке, иначе к п.7.

7. Исчерпано рабочее время сотрудников по одному классу заявок. Если класс заявок завершен, то переходим к п. 8, иначе переходим к следующему классу заявок и переходим к п.3.

8. Если количество заявок не обеспечено ресурсами, то заявка переносится на следующий месяц. Конец алгоритма.

Список литературы

1. *Вдовин В. М., Суркова Л. Е., Валентинов В. А.* Теория систем и системный анализ. — Москва: Дашков и К 2014 г.

2. *Меньков А.В., Острейковский А.В.* Теоретические основы автоматизированного управления.-М.: Издательство Оникс, 2005.- 640 с.: ил.

3. Теория информационных процессов и систем / Б. Я. Советов, В. А. Дубенецкий, В. В. Цехановский [и др.]; ред. Б.Я. Советов.- М.: Академия, 2010.- 432.- (Университетский учебник Прикладная математика и информатика).

INFORMATION SYSTEM OF THE DIVISION OF INDUSTRIAL SAFETY EXPERTISE OF BUILDINGS AND STRUCTURES

Nigametzyanova N.
Supervisor: S. Zarayskiy, Associate Professor
(Kazan National Research Technical
University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this report the task of distribution of crews according to requests taking into account existence of the tolerance for types of expertizes and restrictions on loading of crews is considered.

УДК 631.361

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ СИЛЫ УДАРА

Никитина Е.В., Исмагилов Н.И., Галявиев Б.А.
Научный руководитель: Е.С. Денисов, к.т.н.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В докладе рассматриваются вопросы создания автоматизированной системы для определения силы удара при исследовании процессов шелушения семян гречихи. Показано, что для оценки силы удара более высокой точности удается достичь посредством измерения продолжительности удара с последующим пересчетом в силу удара.

Данная работа посвящена разработке специализированного метода определения средней силы удара. Такой вопрос актуален в сельхозпроизводстве, так как необходимо улучшить технологию шелушения крупы и зерна. Например, в процессе обработке зерен гречихи. Специализированные рабочие станки дорогие, часто не долговечные. При этом данные машины работают с низкой эффективностью. Так, согласно наблюдениям некоторых ученых, они могут извлекать порядка 70% крупы от общего продукта. Что, несомненно, является маленьким показателем. Именно поэтому актуальность работы заключается в том, что все давно подмечают необходимость разработки новых специализированных машин, предназначенных для шелушения зерен гречихи, но не знают с чего нужно начать, приступая к разработке новой машины. Один из самых популярных и действенных способов воздействия на гречиху в процессе шелушения – пневмомеханический. Суть данного метода заключается в том, что на зерно гречихи, которое находится в движущемся потоке воздуха, оказывают воздействия органы шелушения. Но и данный способ далеко не совершенен, общий выход гречневой крупы оставляет желать лучшего. Связано это с различными факторами станков, один из которых – маленькая сила, недостаточная для разрушения ядра гречихи. Цель данной работы со-

стоит в разработке специализированного метода определения средней силы удара, которая необходимо для разрушения зерна, а также длительности этого удара. Данная сила играет очень важную роль в шелушении крупы.

На рис.1 представлена структурная схема автоматизированной системы измерения силы удара.

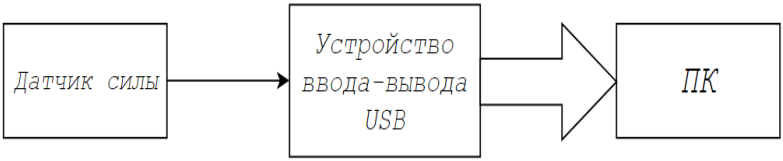


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы измерения силы удара

Для определения силы и ее длительности используется резистивный датчик силы Force sensor SEN-09673, который позволяет точно и быстро зафиксировать удар. В качестве устройства ввода-вывода был выбран продукт NI USB-6211. Это устройство можно приравнивать к многофункциональному, он совместим со многими современными программами, такими как LabVIEW, LabWindows/CVI, и Measurement Studio for Visual Studio .NET. Так же к преимуществам данного устройства стоит отнести мобильность (способно работать даже в условиях ограниченного пространства).

Недостатком схемы, представленной на рис. 1, является тот факт, что датчики силы имеют невысокие точностные характеристики (погрешность более 3%). В статье [1] показано, что сила удара при разрушении структурных элементов зерна гречихи может быть оценена по результатам измерения продолжительности ударного воздействия. В экспериментальной установке, описанной в [1] используется кнопочный переключатель, что приводит к влиянию на результаты измерений явления дребезга контактов. Для того чтобы предотвратить этот эффект и увеличить точность оценки силы удара предлагается использовать датчик силы для фиксации моментов начала и окончания ударного воздействия.

Схематическая экспериментальная установка, с помощью которой фиксируется время удара, изображена на рис.2. Металлический шарик удерживается в определенной точке за счет электромагнита. Первоначально он отклонен на некоторый угол, который легко можно найти благодаря измерительной линейке (а, следовательно, и начальную и конечную скорость шарика), изображенной рядом с шариком. Зерно удерживается в определенной точке за счет вакуумного компрессора, датчик силы установлен за пластиной, при совершении удара он деформируется.

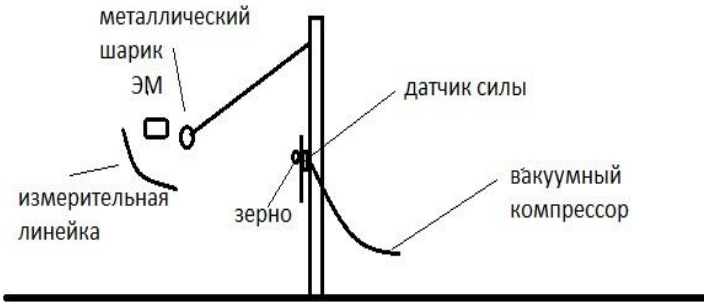


Рис. 2. Экспериментальная установка для измерения длительности удара

Предложенная экспериментальная установка позволяет эффективно проводить исследования влияния ударных воздействий на структурные элементы зерна.

Список литературы

1. *Фёдоров Д.Г., Дмитриев А.В., Денисов Е.С.* Определение средней силы удара для разрушения структурных элементов зерна гречихи // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 2 (148). С. 151-155.

AUTOMATED SYSTEM FOR IMPACT FORCE MEASUREMENT

Nikitina E., Ismagilov N., Galiaviev B.

Supervisor: E. Denisov, PhD
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The issues of development of automated system for impact force measurement are considered. It is shown that the accuracy can be increased then we estimate duration of the impact and calculate force of impact.

УДК 004.93'12

ПОИСК И РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Оконечников И.А.
Научный руководитель: М.П. Шлеймович, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В рамках данной статьи описывается краткое исследование методов обнаружения и распознавания лиц на изображениях.

В век информационных технологий свою нишу нашла такая наука, как биометрика. С каждым годом интерес к ней растёт в геометрической прогрессии, а, следовательно, увеличиваются и требования к различным способам идентификации личности, таким как: генетическая дактилоскопия, распознавание отпечатков пальцев, рукописного ввода и, конечно же, лиц.

Если подвести задачи по распознаванию образов под общий знаменатель, то обычно требуется найти некоторый объект, принадлежащий конкретному множеству, разбитому на так называемые классы. Поэтому существует такой термин, как классификация объектов. Когда требуется идентифицировать объект, это означает, что от вас требуется установить, к какому классу он принадлежит. Вам известны только данные о множестве, его классах и описание объекта.

Все методы распознавания человека на изображении преследуют две цели:

• Обнаружениелица наизображении.

• Идентификация личности по изображению лица.

Как основа для решения первой задачи будет задействован метод Виола Джонса. Несмотря на то, что П. Виола и М. Джонс представили своё творение ещё в далёком 2001 году, он и по сей деньявляется превосходным решением для поиска объектов на изображении в реальном времени.

Наиболее важные особенности представленного метода:

1) для более скоростного вычисления объектов, используются изображения в интегральном представлении. В рамках конкретной задачи рассчитываются яркости прямоугольных участков;

2) обнаружение искомого объекта осуществляется при помощи признаков Хаара, которые являются результатом сравнения яркостей двух прямоугольных областей изображения.

3) для поиска нужного объекта в конкретной области и сбора нужных признаков используется бустинг. Бустингобеспечивает такую работу алгоритмов, при которой каждый последующий алгоритм способствует устранению изъяновего предшественника;

4) все признаки поступают на вход классификатора, после чего оный выносит вердикт о принадлежности объекта к классу [1].

Решать задачу идентификации человека по изображению лица мы будем при помощи метода локальных бинарных шаблонов (ЛБШ).

ЛБШ по своей сути, является описанием окрестности пикселя в двоичном представлении. Базовый оператор локального бинарного шаблона (БОЛБШ) задействует восемь пикселей окрестности, принимая значение интенсивности центрального пикселя в качестве порога. Те пиксели, значение интенсивности которых превышает или равно аналогичному значению центрального пикселя, приравнивают к «1», остальные - к «0». Из этого следует, что применяя БОЛБШ к пикселю изображения, мы получаемвосьмиразрядныйдвоичный код, описывающий его окрестность.

Если ЛБШ включает в себя не более трех серий нуля и единицы (к примеру, 00000000, 001110000 и 11100001), то такой шаблон называют равномерным [2].Такие шаблоныопределяют концы линий, грани, углы и пятна на изображении.

Для большего удобства нам следует начертить гистограмму, столбцы которой будут соответствовать равномерным кодам шаблонов. Мы также выделим отдельный столбец для отображения данных о неравномерных ЛБШ.

Для того, чтобы наша гистограмма содержала информацию не только об особенностях изображения, но и об их расположении на нём, мы разделим её на отдельные секции, для каждой из которых найдём персональную гистограмму.такого рода информации

изображение разбивается на подобласти, в каждой из которых вычисляется своя гистограмма ЛБШ (рисунок 3.1). Объединив их, мы получим результирующую гистограмму, содержащую исчерпывающие данные об изображении.

Для проведения исследований осуществлялась работа с базой, состоящей из 100 одиночных и 20 групповых фотографий с изображениями трёх и более людей.

Таблица 1

Результаты проведения исследований

	Частные фото	Групповые фото
Количество лиц	100	200
Количество идентифицированных людей	95	181

Производительность алгоритма ЛБШ находится в прямой зависимости от размера изображения. Среднее время обработки изображения размером 512x512 приблизительно равно 0.03 с.

Список литературы

1. *МестецкийЛ. М.* Математические методы распознавания образов. МГУ, ВМиК, Москва, 2002–2004., с. 42 – 44.

2. *C. Shan, S. Gong, P.W. McOwan.* Facial expression based on Local Binary Patterns: A comprehensive study. Image and Vision Computing, (27), 2009.

SEARCH AND RECOGNITION OF PERSONS ON IMAGES

Okonechnikov I.
Supervisor: M. Shleimovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In the framework of this article, a brief study of the methods for detecting and recognizing faces on images is described.

УДК 004.932

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ДЕТАЛЕЙ НА ПРОМЫШЛЕННОМ КОНВЕЙЕРЕ ПРИ ПОМОЩИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Павлов М.П.
Научный руководитель: Медведев М.В., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данном докладе рассматриваются определение координат деталей на промышленном конвейере при помощи технического зрения. В работе рассмотрен алгоритм вычитания фона, алгоритм поиска контуров, алгоритм определения местоположения движущегося объекта, которые были реализованы мной с использованием библиотеки OpenCV.

В последнее время возрос интерес человека и ни для кого не секрет, что обработка видеоизображений широко используется человеком в различных областях науки и техники. Одной из сложных и актуальных задач обработки данных видеоизображений является выделение движущихся объектов и их распознавание при наличии различного рода помех.

Целью данной системы является повышение точности выделения движущихся объектов и определение их координат.

Для этого обработку видеосигнала в таких системах можно условно разделить на следующие этапы:

- выделения переднего плана (вычитание фона).
- выделение движущихся объектов.
- определение местоположения объектов.

Начальный этап, вычитание фона – один из наиболее распространенных на сегодняшний день методов для обнаружения движущихся объектов на изображении. Суть этого метода заключается в попиксельном сравнении текущего кадра с шаблонным, который также называется моделью фона. Как правило, эта модель должна периодически обновляться для того, чтобы отражать изменения освещенности.

Работа алгоритм вычитания фона заключается в расчете для каждого пикселя абсолютного значения разности сохраненного первого кадра $B(x,y)$ видеопоследовательности и текущего кадра $I(x,y)$. После полученное значение сравнивают с порогом δ:

$$|B(x,y) - I(x,y)| > \delta, \quad x = 1, \dots, N, \quad y = 1, \dots, M \qquad (2.1)$$

Здесь N и M - ширина и высота изображения. При выполнении данного неравенствао пиксель (x,y) считается принадлежит переднему плану, иначе – фону [1].

На втором этапе выделения движущихся объектов производится контурный анализ изображения переднего плана, т.е. областей изображения, которые были получены после отделения их от фона. Контурный анализ – это один из важных и очень полезных методов. Он используется для описания, хранения, распознавания, сравнения и поиска графических объектов. Предполагается, что контур содержит всю нужную информацию о форме объекта. [2,3]

Метод активных контуров имеет широкое применение в задачах определения контуров и сегментации изображений. Для нахождения контуров на изображении используются кривые минимальной энергии, или так называемые змейки. Алгоритм состоит из следующих этапов: изначально контур создается как простая линия, после чего контур постепенно изменяет свою форму для создания области объекта. Точки, принадлежащие контуру, стремятся к границе объекта при минимизации энергии контура. Для каждой точки v_i энергия

$$E_i = \alpha E_{\text{int}}(v_i) + \beta E_{\text{ext}}(v_i),$$

где α, β — константы, обеспечивающие относительную коррекцию энергии; $E_{\text{int}}(v_i)$ — функция энергии, зависящая от формы

контура; $E_{ext}(v_i)$ — функция энергии, зависящая от свойств изображения и типа градиента в окрестности точки v_i. Каждая вершина v_i потенциально может перейти в любую точку v'_i, которая соответствует минимальной энергии E_i.

На заключительном этапе производится определение местоположения каждого движущегося объекта. Для этого необходимо вычислить моменты изображения. В обработке изображений и компьютерном зрении моментом изображения называется суммарная характеристика контура, рассчитанная суммированием всех пикселей контура.

Для двумерной непрерывной функции $f(x,y)$ момент порядка $(p+q)$ определяется как

$$M_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x,y)\, dx\, dy$$

для p,q = 0,1,2, … . Моменты необработанного изображения M_{ij} с интенсивностями пикселей $I(x,y)$ вычисляются по формуле

$$M_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x,y)$$

Центр масс объекта можно определить с помощью моментов M_{00}, M_{01}, M_{10}. Он определяется как

$$\mu_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x-\bar{x})^p (y-\bar{y})^q f(x,y)\, dx\, dy$$

где $\overline{x} = M_{10}/M_{00}$ и $\overline{y} = M_{01}/M_{00}$ являются компонентами центра тяжести.

Алгоритмы используемые в данной работе я реализовал в среде Visual Studio с использованием библиотеки OpenCV.

Чтобы была возможность работать с видеоизображением, создадим объект захвата видео. Для этого используется класс VideoCapture**,** с помощью которого создаём объект для чтения видеопотока.

Реализация алгоритма для определения координат движущихся объектов состоит из нескольких шагов:

Шаг 1. Открываем видеофайл и начинаем захват видеопотока.

Шаг 2. После начала захвата видеопотока строится модель фона.

Шаг 3. Переводим изображение в градации серого с помощью функции cvCvtColor ().

Функция преобразует изображение в двоичное изображение оттенков серого по формуле (**CV_BGR2GRAY)**:

$$Y \leftarrow 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B$$

Результат работы алгоритма вычитания фона приведен на рис. 1.



Рис. 1. Исходное изображение



Рис. 2. Выделение отличных от фона объектов. Передний план

Шаг 4. Найдем контуры движущихся объектов. Для этого воспользуемся методом cvFindContours().

Шаг 5. Отобразим найденные контуры с помощью функции cvDrawContours().

Результат работы алгоритма контурного анализа изображения представлен на рис.3:

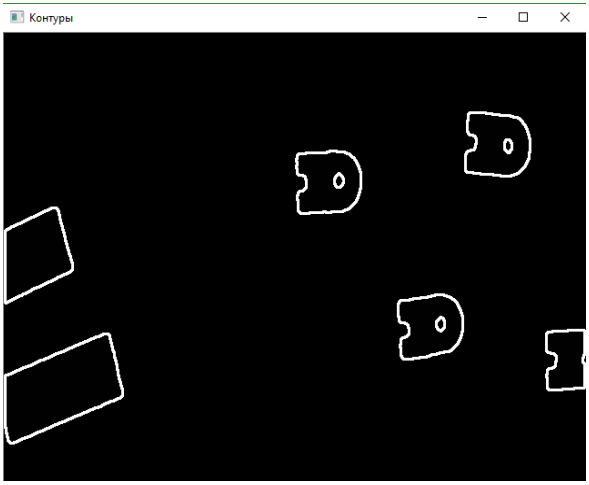


Рис. 3. Полученные контуры движущихся объектов

Шаг 6. Определяем моменты для каждого контура с помощью метода cvMoments().

Шаг 7. Вычисление центра масс с помощью найденных моментов.

$\overline{x} = M_{10}/M_{00}$ и $\overline{y} = M_{01}/M_{00}$

Шаг 7. Отобразим на изображении найденные центры масс с помощью функции прорисовки круга cvCircle().

Шаг 8. Выводим на окно результат выделения движущихся объектов и их координат.

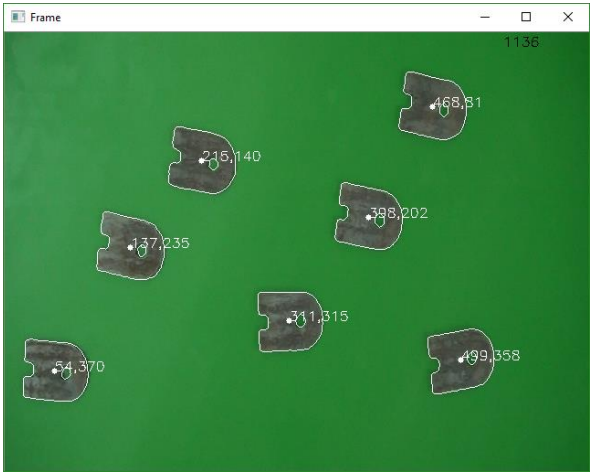


Рис. 4. Изображение конвейера с выделенными деталями и их координатами

Вывод

Автоматизация системы с помощью данного программного обеспечения позволит ускорить обработку деталей на конвейере

По результатам реализованных алгоритмов по методу вычитания фона и контурного анализа можно сказать, что они достаточно точно выделили движущиеся объекты, определили координаты объектов и не требуют больших затрат вычислительных ресурсов.

Список литературы

1. *Лукьяница А.А., Шишкин А.Г.* Цифровая обработка видеоизображений. – М.: ООО "Ай-Эс-Си Пресс", 2009.

2. *T. Ko, S. Soatto, D. Estrin*, "Background Subtraction on Distributions," ECCV '08 Proceedings of the 10th European Conference on Computer Vision: Part III, 2008.

3. Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library. - O'Reilly, 2008.

DETERMINATION OF THE COORDINATE OF DETAILS ON INDUSTRIAL CONVEYOR WITH TECHNICAL VISION

Pavlov M.
Supervisor: M. Medvedev, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This report examines the determination of the coordinates of parts on the industrial conveyor by means of technical vision. In this paper, we consider the background subtraction algorithm, the contour search algorithm, the object center detection algorithm, which I implemented using the OpenCV library.

УДК 004.415

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Сайдашев Р.Р.
Научный руководитель: Н.Л. Валитова, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данном докладе рассматривается проблема своевременного обслуживания высоковольтных выключателей и ее решение с помощью внедрения информационной системы контроля состояния высоковольтных выключателей.

1. Введение

В электроэнергетике при передаче электроэнергии на большие расстояния (между городами и селами) повышают напряжение, чтобы уменьшить силу тока и, как следствие, уменьшить сечение проводника линии электропередач, что приводит к удешевлению электросетей. Но для коммутации линий с высоким напряжением (110/35/10кВ) требуются специальные аппараты, называемые высоковольтными выключателями (ВВ). Каждый высоковольтный выключатель рассчитан на определенное количество отключений, которое зависит от силы отключаемого тока. Сила тока зависит от многих факторов, таких как потребительская нагрузка, мощность сети и т.д. В аварийных режимах, во время короткого замыкания, сила тока возрастает в несколько раз и зависит от расстояния, на котором произошло короткое замыкание. После достижения предела отключений высоковольтного выключателя необходимо проводить комплекс работ по техническому обслуживанию (замена масла в масляных выключателях, испытание повышенным напряжением, опробывание и т.д.). Так же после определенного заводом изготовителем количества отключений необходимо проводить капитальный ремонт высоковольтного выключателя (замена дугогасительных камер, контактов, протяжка болтовых соединений и т.д.) [1].

2. Суть работы

Деятельность предприятий электроэнергетики строго регламентирована нормативными документами. Надежности оборудования уделяется особое место. Для обеспечения надежности необходимо строго придерживаться инструкций заводов изготовителей электротехнологического оборудования. Это означает, что необходимо периодически проводить техническое обслуживание коммутационного оборудования, или другими словами высоковольтных выключателей [2]. В настоящее время учет срабатываний и планирование ремонтов ведется в основном вручную. В электросетях Татарстана используется программное обеспечение, которое подсчитывает аварийные отключения высоковольтных выключателей, и по достижении определенного количества, производится техническое обслуживание. Но это грубый метод учета ресурса выключателя, при котором не учитывается сила тока отключений, которая существенно влияет на реальный ресурс, а также индивидуальные характеристики каждой модели выключателя. Как следствие, техническое обслуживание проводится либо раньше, чем это необходимо, либо позже. Также для своевременного производства капитальных ремонтов необходимо вести подсчет общего количества отключений выключателя, как плановых, так и аварийных. Такой подсчет должен вестись персоналом организации [3], но из-за загруженности последнего фактически не ведется.

Для решения обозначенной проблемы, была разработана информационная система контроля состояния высоковольтных выключателей, которая ведет мониторинг состояния высоковольтных выключателей с учетом количества отключений и силы тока, при которых произошло отключение (данные по отключениям вбиваются вручную диспетчерами районных электросетей), и информирует персонал о необходимости проведения технического обслуживания. Кроме того, система производит подсчет общего количества срабатываний и заблаговременно предупреждает персонал о необходимости проведения капитальных ремонтов. Это предотвратит проведение “лишних” работ, а также исключит ошибки, совершенные из-за человеческого фактора.

Система состоит из базы данных, расположенной на сервере предприятия и клиентского приложения, установленного на рабочих местах у диспетчеров электросетей и технического персонала обслуживающего данную электроустановку. База данных хранит состояние

каждого высоковольтного выключателя, его заводские характеристики, принадлежность к определенным районным электросетям и диспетчерское наименование. Структура базы данных описана ниже.

Механический ресурс равен установленному заводом изготовителем количеству операций включения-отключения, после достижения которого необходимо проводить капитальный ремонт, а износ рассчитывается уменьшением на единицу механического ресурса при каждом отключении высоковольтного выключателя. Коммутационный ресурс составляет произведение установленного заводом изготовителем количества аварийных срабатываний и паспортной максимальной величины отключаемого тока.

2.1 Пользовательский интерфейс

Обязательным условием для клиентского приложения, является возможность быстрого ввода и получения информации о состоянии оборудования, так как в реальных условиях диспетчер электросетей сильно ограничен во времени.

Для быстрого доступа к образу каждого выключателя реализован виртуальный кнопочный интерфейс, где соответствующие выключателям крупные кнопки создаются динамически при выборе электроподстанции. Такой механизм позволяет обеспечить должное быстродействие и наглядность, которую не может дать механизм выпадающих списков. Пример оформления окна рабочего интерфейса представлен на рисунке №1.

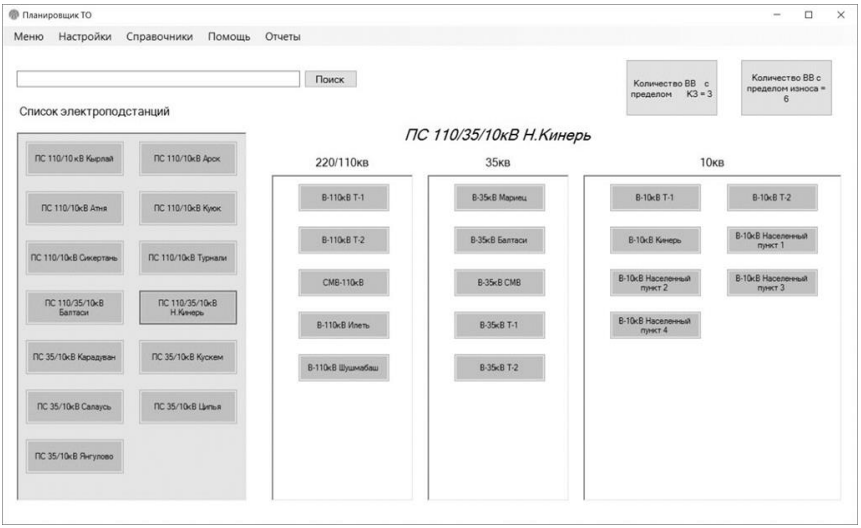


Рис. 1. Главное окно приложения

Слева в контейнере располагаются кнопки с названиями электроподстанций. Кнопки создаются динамически, в зависимости от того какие электроподстанции обслуживает данный диспетчер. При нажатии на кнопку с названием электроподстанции, оставшиеся три контейнера динамически заполняются кнопками с названиями высоковольтных выключателей расположенных на выбранной электроподстанции. При нажатии на кнопку выключателя открывается отдельное окно, в котором вводятся данные по аварийному отключению. Весь процесс занимает не более 20 секунд, что обеспечивает достаточную скорость для выполнения этой задачи.

2.2 Концептуальная схема базы данных

Каждая модель высоковольтного выключателя имеет свои характеристики электрической и механической прочности. Каждый выключатель состоит из трех полюсов, которые не всегда изнашиваются равномерно. Электроподстанции с высоковольтным оборудованием поделены территориально между Районными Электрическими Сетями (РЭС). Каждый РЭС управляет несколькими электроподстанциями. Ремонт и техническое обслуживание оборудования производят несколько Групп подстанций, которые также распределены территори-

ально. Учитывая все это была создана база данных, которая хранит всю эту информацию. Концептуальная схема базы данных приведена на рисунке №1

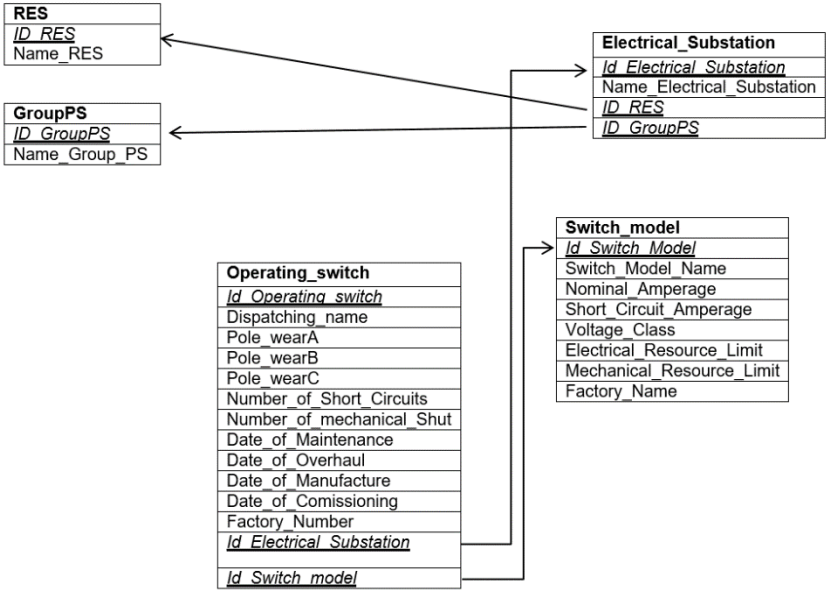


Рис. 2. Концептуальная схема базы данных

Список литературы

1. ПУЭ Правила устройства электроустановок. Издание 7 // Утверждено Министерством энергетики Российской Федерации, приказ от 8 июля 2002 г. № 204. Пункт 1.8.19.

2. РД 34.20.501-95 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. // Москва 1996. Пункт 1.1.3.

3. Должностная инструкция диспетчера Приволжских Электрических Сетей // 2015г. Пункт 8.8.4.

DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING THE STATUS OF HIGH-VOLTAGE SWITCHES

Saidashev R.
Supervisor: N. Valitova, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This article discusses the problem of timely maintenance of high-voltage circuit breakers and its solution by implementing an information system for monitoring the status of high-voltage switches.

УДК 004.67

ОТБОР ЗНАЧИМЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Салихова Э.И.
Научный руководитель: В.В. Мокшин, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассматривается параллельный генетический алгоритм отбора значимых признаков. В рамках научной работы исследуются достоинства и недостатки алгоритма, сравнивается с другими алгоритмами отбора значимых признаков и на этой основе предлагается модификация алгоритма.

Для организации сложных процессов, таких как электроснабжение, водоснабжение, нефтегазопереработка и т.д., используются системы принятия решений. В основе таких систем лежит принцип «черного ящика», когда поведение системы характеризуется множеством входных признаков и соответствующих им ответных реакций. Признаки, используемые в моделировании сложных систем, оказывают значительное влияние на качество результатов. Для решения проблемы влияния неинформативных признаков на качество модели и для повышения результативности анализа данных большой эффект дает отбор значимых для модели входных признаков. Отбор признаков – это процесс выбора входных признаков, имеющих наиболее сильные взаимосвязи с целевой переменной.

Основная цель исследовательской работы – создание на основе имеющихся алгоритмов отбора значимых признаков более эффективных и точных математических методов, моделей, алгоритмов для работы сложных систем.

В рамках исследовательской работы рассматривается параллельный генетический алгоритм отбора значимых признаков [1]. Основной принцип алгоритма – использование нескольких коротких параллельных эволюционных путей для отбора наиболее зна-

чимых признаков. Определяется частота появления каждого признака относительно всех параллельных эволюционных путей. В качестве результата представляется трехмерный массив *r (M, B, U)*, где *M* – число признаков, *B* – число параллельных эволюционных путей, *U* – количество запусков алгоритма (рис. 1).

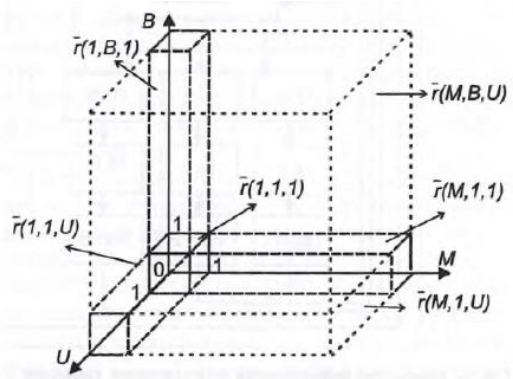


Рис. 1. Схематическое представление трехмерного массива весов входных признаков

Влияние нормировки исходных данных. В рамках исследовательской работы было рассмотрено влияние нормировки исходных данных на конечный результат. Был проведен анализ работы параллельного генетического алгоритма для 50-70 параллельных путей с 20 поколениями и с 20-30 популяциями для нормированных и ненормированных исходных данных. В результате число отобранных признаков для нормированных данных оказалось меньше, чем для ненормированных, что говорит о влиянии нормировки на точность результатов. Для нормализованных исходных данных была замечена тенденция деления на небольшие группы по уровню значимости, для ненормированных данных, как правило, уровень значимости снижался достаточно равномерно.

Влияние количества эволюционных путей на качество модели. Одним из объектов изучения в рамках исследовательской работы является качество построенной модели. Критерием оценки качества модели было принято значение функции приспособленно-

сти. Данная функция позволяет оценить, насколько приспособлены особи в популяции, и отобрать те, у которых наибольшее значение функции приспособленности в соответствии с эволюционным принципом выживания «сильнейших».

График зависимости значения функции приспособленности от числа эволюционных путей представлен на рисунке 2.

Также было рассмотрено, как сильно меняется уровень значимости входных переменных с ростом числа эволюционных путей (рис. 3).

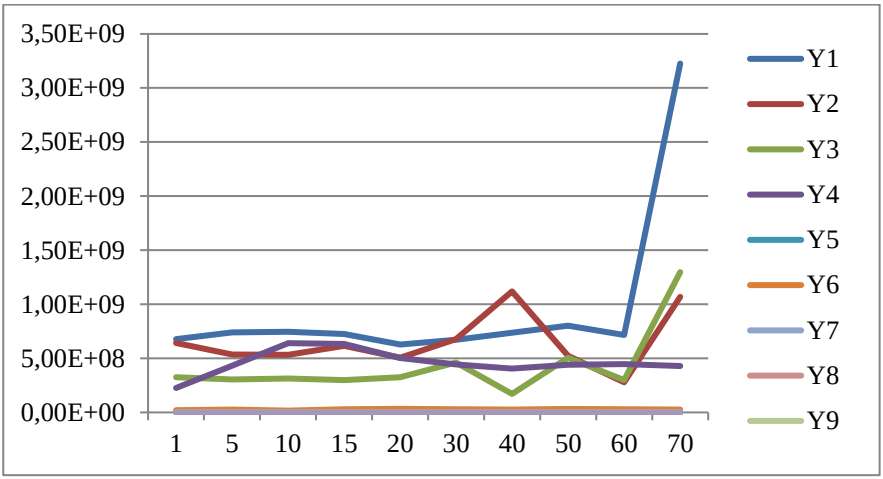


Рис. 2. Зависимость приспособленности от числа эволюционных путей

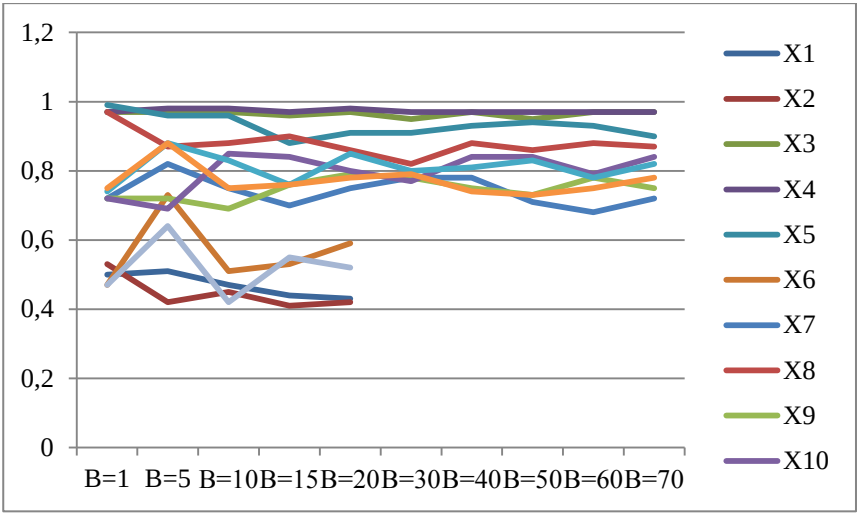


Рис. 3. Зависимость уровня значимости входных переменных от изменения числа эволюционных путей для выходной переменной Y5

Графики демонстрируют, что уровень значимости большинства входных переменных достаточно стабилен, особенно начиная от 40 эволюционных путей. Часть входных переменных считаются значимыми только при небольшом числе эволюционных путей. С изменением состава отобранных признаков меняется и качество работы алгоритма, что демонстрируют скачки значения функции приспособленности на рисунке 2. Отсюда следует, что для корректной работы алгоритма необходимо использовать не менее 40-50 эволюционных путей, т.к. при небольшом числе эволюционных путей практически все входные переменные определяются как значимые.

Влияние глубины алгоритма на качество модели. В рамках исследовательской работы также рассматривается влияние глубины алгоритма на его приспособленность. В качестве глубины принимается размер популяции в генетическом алгоритме. В результате не было выявлено единой тенденции к росту или убыванию значения функции приспособленности для всех переменных. Во многих случаях большое число популяций не приводит к хоро-

шим показателям, поэтому для качественной работы алгоритма достаточно 15-30 популяций.

Основные направления дальнейшего развития исследовательской работы:

1) Использование тензорного исчисления для представления результатов работы параллельного генетического алгоритма в виде тензора [3] и применение HOSVD-разложения (Higher Order Singular Value Decomposition). Полученный базис тензора позволит выделить наиболее значимые признаки.

2) Проверка применимости параллельного генетического алгоритма в качестве метода отбора значимых признаков для построения нейронных сетей.

Результатом исследовательской работы являются модификация параллельного генетического алгоритма и разработанное программное средство, которые дадут возможность делать более качественный отбор значимых признаков для работы систем принятия решений, а также в других различных сферах анализа данных.

Список литературы

1. *Мокшин В.В.* Параллельный генетический алгоритм отбора значимых факторов, влияющих на эволюцию сложной системы / Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2009. № 3. С. 89-93.

2. *Мокшин В.В., Якимов И.М.* Метод формирования модели анализа сложной системы. Информационные технологии. 2011. № 5. С. 46-51.

3. Tensor-based singular processing Ilmenau University of Technology, Communications Research Laboratory.

4. *Мокшин В.В., Сайфудинов И.Р., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М.* Распознавание транспортных средств на основе эвристических данных и машинного обучения // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 5. С. 130-137.

5. *Степанова М.А., Сытник С.А., Кирпичников А.П., Мокшин В.В.* Оптимизация процесса ремонта грузоподъемных машин по математической модели / Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 20. С. 309-314.

6. *Мокшин В.В., Якимов И.М.* Метод формирования модели анализа сложной системы / Информационные технологии. 2011. № 5. С. 46-51.

7. *Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В*. Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем / Нелинейный мир. 2009. Т. 7. № 1. С. 66-76.

8. *Якимов И.М., Абзалова Л.Р., Кирпичников А.П., Мокшин В.В.* Краткий обзор графических редакторов структурных моделей сложных систем / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 17. С. 213-221.

9. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В.* Моделирование сложных систем в имитационной среде AnyLogic / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 13. С. 352-357.

SELECTION OF SIGNIFICANT FEATURES FOR THE ANALYSIS OF COMPLEX SYSTEMS

Salikhova E.
Supervisor: V. Mokshin, candidate of technical sciences, docent
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This article discusses the parallel genetic algorithm for the selection of significant features. In the scientific work, the advantages and disadvantages of the algorithm are investigated, compared with other algorithms for selecting significant features, and a modification of the algorithm on this basis is proposed.

УДК 519.25

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К АВТОМАТИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Сафиуллин Б.И.
Научный руководитель: В.В. Мокшин, к.т.н., доцент,
Т.А. Суетина., к.э.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В работе проводится анализ потребностей автоматизации в здравоохранении при осуществлении комплексной деятельности, включающей в себя как оказание услуг поликлинического характера, так и стационарную помощь. В исследовании приводятся данные о необходимости построения не только информационной системы, позволяющей эффективно осуществлять учетные и контрольные функции, но и аналитического блока системы, способствующего повышению качества назначаемого лечения.

Современная медицина в России, предоставляя в большинстве случаев бесплатные услуги, сталкивается с тем, что она не успевает подстраиваться под нынешний быстро развивающийся мир. Люди совершают покупки через интернет, оплачивают услуг через смартфоны, узнают расписание автобусов из дома, в то время как главным способом попасть к врачу остается личное посещение поликлиники или, в лучшем случае, запись по телефону. Основным источником информации в учреждениях здравоохранения попрежнему является первичная документация, оформляемая в бумажном виде. В каждой поликлинике и больнице формируется своя первичная документация, часто дублируемая также в электронном виде. Но в каждом учреждении информация неизменно собирается заново, делая невозможным создание единого реестра хотя бы в пределах отдельно взятого города или района. Отсутствие полноценной автоматизации не позволяет пациентам воспользоваться медицинскими услугами из дома, врачам узнавать полноценную историю болезни, экономить время и оптимизировать расходы. Решить данные проблемы может создание информационно - анали-

тической системой в медучреждениях, отвечающей ряду обязательных требований [1].

Самой известной и успешной информационно-аналитической системой в сфере здравоохранения является система ЕМИАС, введенная в Москве в 2012 году [2]. Однако основным недостатком всех информационных систем в сфере здравоохранения является отсутствие единой электронной медицинской карты больного, которая может быть доступна в различных учреждениях здравоохранения в рамках хотя бы муниципального образования. В результате врач вынужден тратить время как на заполнение первичной документации в письменном виде, так и вбивая данные в электронную базу. Пациенты в результате все еще вынуждены брать свои карточки или выписки, чтобы показать результаты другому врачу. Тогда как с наличием единой электронной карты можно было бы избавиться от данного недостатка. Это также сократило бы время на проверку документации проверяющими органами, что вылилось бы в экономию бюджетных средств. Разработка унифицированного шаблона электронной карты требует серьезного подхода вследствие его универсальности и применимости для совершенно различных медицинских услуг.

Кроме уже стандартных требований к информационным системам, включающим в себя новостные публикации, публикацию расписания и обеспечение записи к нужному врачу, единая информационно-аналитическая система в сфере здравоохранения должна обеспечивать обратную связь с пациентами, для чего крайне необходимым является обеспечение функционирования системы личных кабинетов, доступных по логину и паролю, с возможностью просмотра и хранения результатов анализов и посещений врачей. Например, в лаборатории заполнили результаты общего анализа крови, врач интерпретировал их и ввел свои комментарии, данные с электронной медицинской карты автоматически перенеслись к пациенту в его учетную запись. Все что нужно больному - это пройти аутентификацию и в удобном месте (дома, с телефона) узнать итоги. Вследствие этого система требует тщательного обеспечения безопасности личных данных пациентов.

Также крайне необходимым требованием является возмож-

ность ведения пациентом дневника самоконтроля [3], позволяющего ему в соответствии с заболеванием вводить и сохранять данные о самообследовании и самочувствии, например, данные по измеренному давлению, принятым лекарственным препаратам, плановым и фактическим датам посещения врача. На наш взгляд, наиболее удобным и эффективным способом ведения дневника самоконтроля могло бы стать его техническое исполнение в виде специального мобильного приложения. Причем, единая информационно-аналитическая система могла бы по команде администратора осуществлять запрос данных по дневникам самоконтроля, позволяя врачу контролировать процесс лечения и формировать приверженность лечению у пациентов.

Система обратной связи должна обеспечивать такие функции, как: напоминание о запланированном визите; напоминание о следующем необходимом визите, напоминание и необходимости ведения дневника самоконтроля; напоминание и приеме необходимых препаратов и проч. Напоминания можно осуществлять как в виде автообзвона, SMS-рассылок, так и в виде напоминаний на электронную почту [4]. Естественно, что данные напоминания должны формироваться автоматически, для чего следует предусмотреть в системе специальные возможности [5].

Безусловно, первым этапом внедрения должна быть база пациентов и их электронных карт, доступная всему медицинскому учреждению от клинико-диагностической лаборатории до участковых врачей и врачей стационара. Однако при разработке следует придерживаться единых принципов, которые позволили бы в дальнейшем интегрировать информационные системы различных медицинских учреждений [6].

Также важным элементом такой системы должен стать аналитический блок, позволяющий использовать данную систему в качестве экспертной системы [7]. Для этого нами предлагается разработка специализированного модуля, предназначенного для выбора терапии при гепатитах. Врачам, работающим с гепатитами, приходится на основе опыта определять, подействует ли данная терапия или нет. У молодых врачей опыта мало и это может привести к ошибкам в выборе методики лечения. Выбор терапии основывается

на нескольких входных параметрах:

- Возраст.
- Наличия данных по биопсии печени.
- Результаты исследования на фиброскане.
- Наличие в анамнезе иных сопутствующих заболеваний.
- Является ли пациент наивным получателем лекарств или он уже принимал противовирусную терапию, направленную на борьбу с гепатитами. Если ответ утвердительный, то является ли больной ответчиком к данным лекарствам (дали ли препараты нужный терапевтический эффект).

Проанализировав предыдущий опыт, такой модуль даст ответ какой спектр лекарств можно назначать. При этом система должна быть самообучающейся, так как положение дел в медицине таково, что бактерии и вирусы умеют приобретать толерантность к терапии [8]. То есть старое лекарство уже не эффективно по ряду критериев и действует на более узкий круг сочетающихся факторов. Плюс постоянно ведется разработка новых форм, которые тоже нужно вводить.

Введение даже части вышеуказанных изменений поможет оказать качественное воздействие на функционирование системы оказания медицинской помощи.

Список литературы

1. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Аляутдинова Г.Р., Пайгина Л.Р.* Имитационное моделирование бизнес-процессов в системе Bigazi Modeler / Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 9. С. 236-239.

2. Единая медицинская информационно-аналитическая система ЕМИАС [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: https://emias.info/- 20.03.2017.

3. *Фофанова Т.В.* Приверженность к терапии и методы ее повышения у больных артериальной гипертонией и ишемической болезнью сердца. Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук. Москва, 2015. Стр. 66-69.

4. Медико-экономическая эффективность создания «Школы инсульта» (на примере центральной районной больницы Рыбно-

Слободского района Республики Татарстан) / Китаева Э.А., Суетина Т.А., Китаев М.Р. [и др.] // Российское предпринимательство. - 2016. - Том 17, вып. 17. - С. 2125–2138.

5. *Мокшин В.В., Якимов И.М.* Метод формирования модели анализа сложной системы / Информационные технологии. 2011. № 5. С. 46-51

6. *Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В.* Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем / Нелинейный мир. 2009. Т. 7. № 1. С. 66-76.

7. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Матвеева С.В., Мокшин В.В., Фролова К.А.* Имитационное моделирование сложных систем средствами ARIS TOOLSET 6 / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 15. С. 338-343.

8. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Мухутдинов Т.А.* Обучение имитационному моделированию в пакете Simulink системы MatLAb / Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 5. С. 184-188.

MODERN REQUIREMENTS FOR HEALTH AUTOMATION

Safiullin B.
Supervisor: V. Mokshin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, T. Suetina, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The work analyzes the needs of automation in health care in while implementing complex activities, that include both the provision of polyclinic services, and inpatient care. The study provides data on the need to build not only an information system that allows effective registration and control functions, but also an analytical block of the system that contributes to improving the quality of the prescribed treatment.

УДК 004.93

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ «АИС УЧЕТА И МОНИТОРИНГА БУРОВЫХ РАБОТ»

Елисеев И.А., Спиридонов Г.В.
Научный руководитель: В.В. Мокшин, к.т.н., доцент, З.Х. Захарова
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Данная работа заключается в разработке автоматизированной информационной системы «АИС учета и мониторинга буровых работ», ключевую роль в которой будет играть подсистема технического зрения. Основная задача системы– измерение глубины скважины методом измерения длины бурового инструмента и подсчета количества использованных секций бурового инструмента. В работе предлагается метод.

Введение

Задача распознавания образов является основной в большинстве интеллектуальных систем. Уже сейчас распознавание образов плотно вошло в повседневную жизнь и является одним из самых насущных знаний современного инженера. Создание устройств, которые выполняют функции распознавания различных объектов, в большинстве случаев позволяют заменить человека специализированным автоматом. Благодаря чему, значительно расширяются возможности сложных систем, выполняющих различные информационные, логические, аналитические задачи. Автоматический контроль сложных систем позволяет вести мониторинг и обеспечивать своевременное обслуживание, идентификацию помех и автоматическое применение соответствующих методов шумоподавления, позволяет повысить качество передачи информации. Также понятно, что использование автоматических систем в ряде задач может обеспечить невозможное для человека быстродействие.

1. О буровых работах

Буровые работы представляют собой сложных циклический процесс, как правило, трудоемкий для людей, осуществляющих бурение. Он требует больших материальных и технических

средств, включая специальные инструменты, материалы, оборудование и установки. Бурение скважин применяется в различных целях, а именно: изучение строения земной коры, поиски и разведку нефти, газа, воды и твёрдых полезных ископаемых, а также при строительстве дорог для изучения грунта и др.

2. Определение глубины скважины

Бурение скважин производится путём механического разрушения горных пород с применением специальных двигателей. Существуют несколько способов определения глубины скважины:

1. Определение путем разметки колонны бурильных труб, спущенных в скважину, магнитными метками и счете этих меток с применением автономного прибора.

2. Определение путем строительной рулетки, шнура и металлического груза. Чтобы проверить глубину скважины после бурения, груз аккуратно опускают вниз. Спуск производится до момента уменьшения натяжения шнура, после чего самодельный глубиномер так же аккуратно достают на поверхность. При помощи линейки замеряют длину погруженного шнура.

3. Определение путем подсчета количества труб во время буровых работ.

3. Разработка метода решения задачи

«АИС учета и мониторинга буровых работ» при помощи видео наблюдения обрабатывает фреймы видео и анализирует полученные данные. Задача распознавания образов является основной в большинстве интеллектуальных систем.

Список обозначений приведен в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1

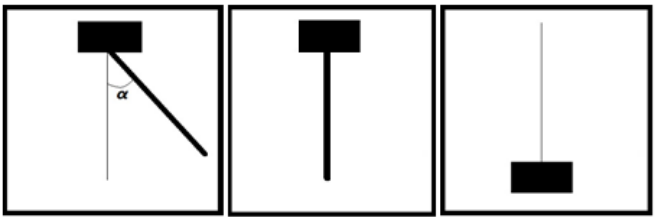
Список обозначений

Обозначение	Название	Диапазон значений	Единица измерения
l	Глубина скважины.		м
s	Длина трубы		м
n	Количество вбуренных секций	1…100	Шт
α	Угол отклонения трубы	1…30	Градусы

1. Определение положения буровой головки. В изначальном состоянии она находится в верхней части фрейма.

2. Определение α угла отклонение трубы. Если $\alpha > 5°$, то в этот момент ставится новая труба.

3. Определение положения буровой головки в нижней части фрейма. В этот момент будет считаться, что труба вбурена в землю и счетчик, который подсчитывает количество вбуренных труб увеличивается на один.



а б в

4. После подсчета всех труб, глубина скважины определяется по формуле

$l = s * n$, где s – длина одного сегмента, n – количество сегментов.

Описание системы

Система учета и мониторинга буровых работ состоит из следующих элементов:

- Мобильные программно-технические комплексы. Данные комплексы монтируются на буровых установках, осуществляя автоматический сбор и обработку информации о буровых работах с привязкой к географическим координатам.
- Серверная часть осуществляет сбор и хранение информации о буровых работах, и отвечает за представление ее в удобном для восприятия виде.
- Клиентская часть позволяет работать с интерфейсом диспетчера.
- Линии связи и каналообразующие оборудования.

Список литературы

1. *Мокшин В.В., Сайфудинов И.Р., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М.* Распознавание транспортных средств на основе эвристических данных и машинного обучения // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 5. С. 130-137.

2. *Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Якимов И.М., Сайфудинов И.Р.* Определение транспортных средств на участках дорог классификатором Хаара и оператором LPB с применением Adaboost и отсечением по дорожной разметке / Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 18. С. 148-155.

3. *Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М.* Отслеживание объектов в видеопотоке по значимым признакам на основе фильтрации частиц / Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 18. С. 297-303.

4. *Мокшин В.В., Якимов И.М.* Метод формирования модели анализа сложной системы / Информационные технологии. 2011. № 5. С. 46-51.

5. *Мокшин В.В.* Параллельный генетический алгоритм отбора значимых факторов, влияющих на эволюцию сложной системы / Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2009. № 3. С. 89-93.

6. *Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В.* Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем / Нелинейный мир. 2009. Т. 7. № 1. С. 66-76.

7. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Мухутдинов Т.А.* Обучение имитационному моделированию в пакете Simulink системы MatLAb / Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 5. С. 184-188.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM "AIS ACCOUNTING AND MONITORING OF DRILLING OPERATIONS"

Eliseev I., Spiridonov G.

Scientific adviser: V. Mokshin, Ph.D., Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This work consists in the development of an automated information system "AIS accounting and monitoring of drilling operations", the key role in which will play a subsystem of technical vision. The main task of the system is to measure the depth of the well by measuring the length of the drilling tool and counting the number of used sections of the drilling tool. A method is proposed in this paper.

УДК 681.5

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЁТА РЕСУРСОПОТРЕБЛЕНИЯ

Спиридонов Г.В., Елисеев И.А.
Научный руководитель: В.В. Мокшин, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной работе рассматривается реализация системы автоматического учёта ресурсопотребления в организациях, занимающихся обеспечением энергоресурсами различных потребителей. Определенны основные цели и задачи, которые необходимо решить при разработке данного комплекса, отмечены положительные моменты и преимущества, связанные с внедрением такой системы. Представлен интерфейс управления системой.

Автоматизированная информационная система удаленного контроля и управления, как правило, состоит из территориально распределённых контролируемых пунктов с локальными контроллерами и одного центрального диспетчерского пункта управления. Поэтому, такие системы ещё называют – системами диспетчеризации.

Внедрение систем диспетчеризации приводит к ряду явных и не явных положительных факторов повышающих общую эффективность и рентабельность предприятия.

Самый большой эффект от внедрения систем диспетчеризации получают сетевые инфраструктурные компании, такие как электрические сети, климатические системы, системы водоснабжения, газотранспортные системы, а также системы централизованного отопления и горячего водоснабжения.

К явным преимуществам диспетчеризации относятся:

-Повышение эффективности анализа технико-экономических показателей.

-Экономия рабочего времени управленческих кадров.

-Снижение издержек за счёт снижения общей численности оперативного обслуживающего персонала и повышения производительности труда.

-Снижение потерь при нештатных ситуациях за счёт оперативного устранения неисправности ремонтным персоналом.

-Повышение общей безопасности вследствие снижения человеческого фактора.

Контроль над технологическим ресурсом оборудования позволяет эффективнее проводить планово-предупредительные ремонты и вовремя менять устаревшее оборудование на новое, что значительно снижает риски возникновения нештатных ситуаций. Накопление статистических данных и наличие удобных аналитических инструментов, даёт возможность эффективного выявления и устранения «узких» мест в технологической и организационной цепочках. Повышение дисциплины и ответственности сотрудников, приводит к общему повышению производительности труда.

В следствии увеличения затрат, связанных с эксплуатацией и обслуживанием инфраструктуры водоснабжения, отсутствие автоматизированного подхода к обнаружению неучтённых расходов, отсутствие средств отслеживания статуса измерительной аппаратуры возникает потребность в разработке автоматизированной системы. [1-2]

На основе полученных данных формулируются цели и задачи разрабатываемой автоматизированной системы. Таким образом, одними из важных задач данной системы являются:

1. Обнаружение и локализация утечек;
2. Эффективное управление давлением;
3. Обработка полученных данных и составление отчетных ведомостей.

Для поставленных задач разрабатываются математические модели и представляются алгоритмы решения данных задач.

На следующих этапах разрабатывается информационное обеспечение (база данных), технологический процесс обработки данных и алгоритмы решения конкретных прикладных задач.

В заключение производится проектирование технического обеспечения автоматизированной системы.

На начальной стадии проектирования для регистрации результатов по предоставлению показаний приборов учёта воды, жилищно-коммунальные организации формируют отчётные ведомости и архивы данных абонентского учёта, с помощью данных абонентского учёта выявляются неучтённые расходы воды, записываемые в архивы данных абонентского учёта. [3]

Построение функциональной структуры автоматизированной системы осуществляется на этапе технического проектирования, на основе данных, полученных в результате предпроектного и детального обследования информационных потоков и процедур обработки данных. [4]

При разработке функциональной структуры автоматизированной системы производится окончательный выбор задач, осуществляется их постановка, определяются информационные и управляющие связи между задачами и службами управления.

Принимается решение создания системы удаленного автоматического сбора данных, которая функционирует следующим образом:

На сервере установлена программа, выполняющая непрерывный запрос параметров от датчиков подключённых домов. На каждом адресе установлен ряд технических средств: модем для выхода в интернет, контроллер, выполняющий сбор данных со счетчиков и управление терморегуляторами, дискретный модуль и преобразователи интерфейсов для сопряжения устройств. Все эти устройства размещаются в специальном щите диспетчеризации. [5]

Пользователями автоматизированной информационной системы общедомового учета энергоресурсов являются диспетчера жилищных управляющих компаний.

АИС предназначена для ряда следующих основных задач:

1. Удаленный сбор данных с объектов диспетчеризации.
2. Обработка полученных данных и представление их в виде таблиц и графиков.
3. Диспетчеризация управления и настройки терморегуляторов.

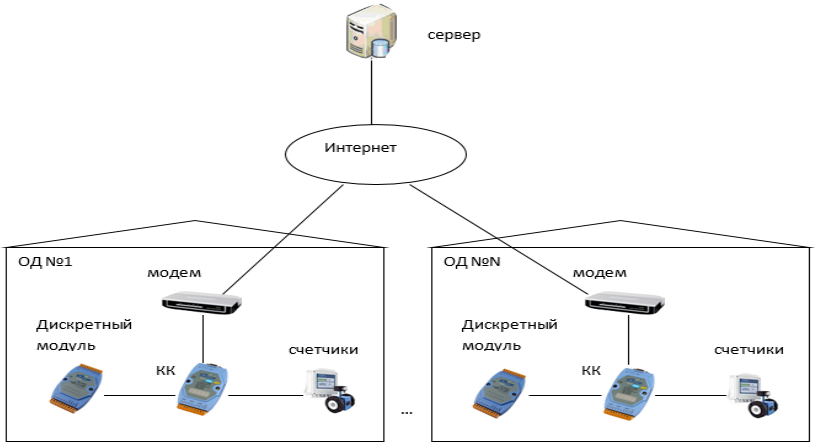


Рис. 1. Схема технического взаимодействия компонентов системы

Работа с программой

При запуске программы необходимо войти под пользователем. Слева в одну колонку размещены все подключенные к системе ОД. Там же показывается текущие время и дата.

При запуске программы автоматически открывается вкладка «Карта». Элемент служит для отображения промышленных зданий и жилых домов, расположенных в районе обслуживания.

На карте каждый объект диспетчеризации обозначается специальным индикатором, который может принимать следующие состояния:

 – все приборы работают стабильно, нет нештатных ситуаций.

 – нет нештатной ситуации, некоторые приборы не отвечают.

 – КК не отвечает.

 – наличие нештатной ситуации, некоторые устройства не отвечают.

 – все устройства отвечают, но присутствует нештатная ситуация.



Рис. 2. Адреса домов, подключённых к АИС



Рис. 3. Карта домов

При нажатии левой кнопки мыши на индикатор высвечивается адрес, к которому он прикреплен.

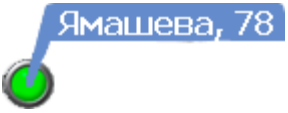


Рис. 4. Индикатор состояния

Программа управления даёт возможность:

1) Отображать данные в графическом виде

2) Создавать отчётные ведомости

3) Имеется журнал событий

4) Возможность сортировки по дате, по адресу, по устройству.

При использовании АИС можно полностью контролировать и своевременно вносить коррективы в соответствующие процессы и процедуры, а также следить за исправностью оборудования и своевременно проводить профилактические мероприятия по его обслуживанию.

В заключении необходимо отметить, что «Автоматизированная информационная система общедомового учета энергоресурсов» разрабатывается для выполнения поставленных целей и решения выдвинутых задач. С внедрением системы реализуется должная экономия путем сокращения затрат и ресурсов на учет энергопотребления, что в свою очередь приведет к повышению прибыли предприятия.

Список литературы

1. *Мокшин В.В., Сайфудинов И.Р., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М.* Распознавание транспортных средств на основе эвристических данных и машинного обучения // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 5. С. 130-137.

2. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В*. Моделирование сложных систем в имитационной среде AnyLogic / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 13. С. 352-357.

3. *Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М.* Отслеживание объектов в видеопотоке по значимым признакам на основе фильтрации частиц / Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 18. С. 297-303.

4. *Мокшин В.В.* Параллельный генетический алгоритм отбора значимых факторов, влияющих на эволюцию сложной системы / Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2009. № 3. С. 89-93.

5. *Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В.* Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа

и контроля сложных систем / Нелинейный мир. 2009. Т. 7. № 1. С. 66-76.

AUTOMATION OF RESOURCE ACCOUNTING

Spiridonov G., Eliseev I.
Scientific adviser: V. Mokshin, Ph.D., Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this article is considered implementation of automatic accounting system of resource consumption in organizations engaged with providing energy resources to various consumers. The main goals and tasks which should be solved in the development of this complex are identified and positive aspects and advantages associated with the introduction of such system are noted. There is presented interface of system management.

УДК 681.51

МОДЕЛЬ УМНОГО ДОМА

Суменко А.А.
Научный руководитель: Е.С. Денисов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Микропроцессорные технологии все глубже проникают в нашу повседневную жизнь. Привычные вещи приобретают новые свойства и возможности, обусловленные появлением вычислительных ресурсов и возможностью подключения к глобальным сетям. Одно из наиболее динамично-развивающихся направлений – умные дома. В настоящей работе предложена модель для разработки и экспериментальной проверки новых технических решений в рамках концепции умного дома.

В рамках данной работы мы понимаем умный дом как жилое помещение с высокой степенью автоматизации. На современном этапе концепция умного дома подразумевает подключение к локальным и глобальным вычислительным средствам через сети передачи данных. Это позволяет системам умного дома обмениваться информацией между собой и с внешним миром. Умный дом должен уметь узнавать конкретные ситуации, происходящие в помещении, и уметь на них реагировать согласно заранее разработанным алгоритмам. Основной особенностью умного дома является то, что он представляет собой единый комплекс отдельных подсистем. В настоящее время развивается большое количество работ в области разработки систем умного дома. Для отладки алгоритмов управления и реализации конкретных подсистем нам предложена модель умного дома.

Модель умного дома реализована на базе микропроцессорной системы Arduino. Модель позволяет исследовать и отлаживать алгоритмы управления следующих функции умного дома:

1. автоматическое адаптивное управление освещением;
2. терморегуляция внутри помещения;
3. система охраны;

4. система циркуляции воздуха;

5. умный будильник;

6. обмен данными с удаленным сервером.

Датчики и устройства расположенные в модели умного дома: светодиодные ленты (3 шт.), датчик температуры (1 шт.), фоторезисторы (2 шт.), сервоприводы (3 шт.), реле (3 шт.), амперметр, вольтметр, Wi-Fi и Ethernet интерфейсные устройства.

В настоящее время в разработанной модели реализованы следующие функции умного дома:

1) автоматизированное управление освещением, которое адаптируется к предпочтениям жильцов;

2) мониторинг энергопотребления и удаленный контроль избыточного потребления в доме;

3) удаленный мониторинг и управление подсистемами умного дома через сервис ThingWorx.

MODEL OF SMART HOUSE

Sumenko A.
Supervisor: E. Denisov, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
(Kazan National Research Technical
University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

Microprocessors change our life. Common things obtain new properties and possibilities provided by new calculation resources and global network connection possibilities. One of the most perspective directions in this field is smart houses. In the present work, model for development and experimental verification of new technical solution in frame of the smart houses conception is proposed.

УДК 681.324

ПОДСИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БЮДЖЕТНЫХ СРЕДСТВ КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Тимербаев Ф.И.
Научный руководитель: Ф.И. Эминов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В работе осуществлен анализ возможных решений при создании подсистемы прогнозирования бюджетных средств, функционирующей в составе корпоративной информационной системы. Выбраны методы прогнозирования и способы отображения результатов.

Подсистема управления финансами предприятия позволяет [1] оперативно получать информацию о финансовых потоках, связанных с материальными потоками, о текущем финансовом состоянии предприятия, помогает находить наилучшие финансово-экономические решения. Одной из задач подсистемы является задача прогнозирования бюджетных средств предприятия. Качество прогнозирования бюджетных средств предприятия является основным показателем успешной экономической деятельности, поэтому результаты анализа бюджетных ресурсов предприятия является основой для принятия решений о развитии и совершенствовании функционирования предприятия.

Практическая значимость работы заключается в том, что применение предлагаемых рекомендаций позволит руководителям предприятий эффективно прогнозировать бюджет предприятия и соответсвенно управлять им. Целью данной работы является повышение эффективности контроля за бюджетными средствами путем обработки данных и прогнозирования результатов с использованием методов временного прогнозировани. Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать базы данных и структуры данных;

- выявить эффективные алгоритмы обработки данных с использованием методов прогнозирования бюджетных средств предприятия;
- разработать системы обработки статистических данных;
- разработать алгоритмы обработки данных на основе применения методов прогнозирования;
- разработать интерфейсы формирования отчетов для анализа статистических данных.

Клиент-серверная архитектура (рис.), выбранная для решения поставленной задачи, позволяет структурировать не только запрос, но и ответ на серверное программное обеспечение, которое, в свою очередь, позволяет серверу отправлять обратно только необходимые данные [2].

Для прогнозирования полученных результатов в ходе обработки данных используются следующие методы временного прогнозирования:

- скользящего среднего;
- взвешенного скользящего среднего;
- экспоненциальные;
- наименьших квадратов.

Последним этапом реализации системы является отображение в виде интерфейса всей проделанной работы. В данном случае используется WEB-страница. Поскольку PHP является встраиваемым языком, он отличается исключительной гибкостью по отношению к потребностям разработчика. PHP с успешно интегрируется и в JavaScript, WML, XML и другие языки. Кроме того, хорошо структурированные приложения PHP легко расширяются по мере необходимости. Главным достоинством использования WEB-страниц является возможность передачи любому устройству, оснащенному браузером.

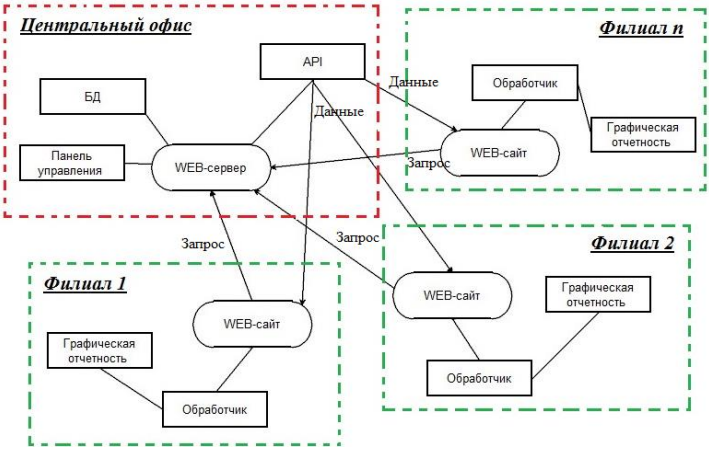


Рис. 1. Схема организации обработки данных

В работе осуществлен анализ возможных решений при создании подсистемы прогнозирования бюджетных средств, функционирующей в составе корпоративной информационной системы. Выбраны методы прогнозирования, методы обработки данных для реализации подсистемы. Выявлены необходимые алгоритмы обработки данных, и способы отображения результатов.

Список литературы

1. *Эминов Ф.И.* Технологии управления предприятиями. Казань: Мастер Лайн, 2015. 144 с.

2. *Эминов Ф.И.* Сетевые технологии. Часть 2: Учебное пособие. Казань: ЗАО “Новое знание”, 2006. 52 с.

THE SUBSYSTEM OF FORECASTING OF BUDGETARY FUNDS OF THE CORPORATE INFORMATION SYSTEM

Timerbaev F.
Supervisor: F. Eminov, candidate of technical sciences, docent
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The article provides analysis of possible solutions when creating a subsystem of forecasting of budgetary funds, functioning as a part of the corporate information system. The selected forecasting methods and ways of displaying results.

УДК 004.932.2

ОБНАРУЖЕНИЕ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Трусфус М.В.
Научный руководитель: С.А. Зарайский, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Предложен метод эффективного обнаружения объектов на изображении. Производится сравнение метода и существующего метода Оцу.

Проблема обнаружения объектов остро стоит в системах распознавания образов. Целью работы стоит разработка метода обнаружения областей изображения по интенсивности яркости пикселей, содержащих произвольные объекты.

Изображение можно разбить на области, которые относятся к объектам или фону. На реальных фотографиях обычно присутствуют шумы различного рода, часто фон имеет блики.

В качестве примера рассмотрим задачу обнаружения объектов на темном фоне.

На первом этапе для каждого пикселя цветного изображения вычисляется интенсивность яркости в пределах от 0 до N. Интенсивности численно равной 0 соответствует черная точка на изображении, а интенсивности N - 1 – белая. Таким образом, для информации приходится один байт на пиксель.

Интенсивность яркости пикселя вычисляется по формуле:

$$v = \max(R, G, B),$$

где R, G, B – интенсивности красного, зеленого и синего компонент цвета в пределах от 0 до N.

Один из методов разделения областей изображения на объекты и фон – бинаризация по интенсивности яркости [1]. Если яркость превышает заданный порог, то пиксель считается частью объекта, в противном случае фоном:

$$g(x,y)=\begin{cases}1, & \text{если } v(x,y)\ge T\\ 0, & \text{в противном случае}\end{cases}$$

где $g(x,y)$ – классификация пикселя с координатами x, y,

$v(x, y)$ – интенсивность яркости пикселя с координатами x, y,

T – заданный порог бинаризации.

Основная проблема заключается в том, что рассматривается только интенсивность, а не какие-либо отношения между пикселями. Для каждого уровня освещения сцены нужно подбирать порог бинаризации. При неравномерном освещении сцены с несколькими объектами, для выделения всех объектов может не существовать такого порога бинаризации, чтобы объекты и фон были разделимы.

Если сцена равномерно освещена и известно соотношение площади объектов и фона на изображении, то порог бинаризации можно определить из гистограммы:

$$p(v)=n_v/n,$$

где n_v – количество пикселей с интенсивностью яркости v,

n – общее количество пикселей изображения.

Если соотношение площади объектов составляет $1/p$ к общей площади изображения, то порог бинаризации T вычисляется из уравнения:

$$\frac{1}{p}=\sum_{0}^{T}p(T)$$

Для обнаружения объектов с однородной интенсивностью яркости порог бинаризации можно определить, используя метод Оцу [2]. Данный алгоритм позволяет разделить пиксели двух классов – фоновые и объектов, рассчитывая такой порог, чтобы внутриклассовая дисперсия была минимальной, таким образом, уменьшая пересечение классов.

Внутриклассовая дисперсия определяется как взвешенная сумма дисперсий двух классов:

$$\sigma_W^2(T)=n_B(T)\sigma_B^2(T)+n_O(T)\sigma_O^2(T),$$

$$n_B(T)=\sum_{i=0}^{T-1}p(i)$$

$$n_O(T) = \sum_{i=T}^{N-1} p(i),$$

где $\sigma_B^2(T)$ – дисперсия интенсивности яркости пикселей фона (ниже порога бинаризации),

$\sigma_O^2(T)$ – дисперсия интенсивности яркости пикселей объекта (выше порога бинаризации),

T – порог бинаризации,

[0; N – 1] – интервал интенсивности яркости.

Вычисление внутриклассовой дисперсии для всевозможного разбиения классов требует огромных вычислительных ресурсов. В методе Оцу используется оптимизированный алгоритм, основанный на рекурсивных вычислениях:

$$n_B(T+1) = n_B(T) + p(T)$$

$$n_O(T+1) = n_O(T) - p(T)$$

Если интенсивность яркости разных объектов на изображении не однородна, часть пикселей объектов на данном изображении могут быть классифицированы как фон.

Если фон неоднородный, но близок к черному, то можно предположить, что после усиления интенсивности яркости всех пикселей, интенсивность яркости пикселей объектов увеличится существенно выше, чем интенсивность яркости пикселей фона. Допустим, что на фоне могут быть полосы в виде незначительного всплеска интенсивности яркости, по величине не выше интенсивности яркости объектов.

Предположим, что уровень шума в каждой точке зависит от освещённости. Чем ниже освещенность, тем меньше виден шум. Соответственно уровень шума будем компенсировать вычитанием из каждой точки значения интенсивности уровня яркости, умноженное на подобранный коэффициент.

Преобразование интенсивности яркости каждого пикселя вычисляется по формуле:

$$f(x,y) = v^2(x,y) - kv(x,y),$$

где k – подобранный коэффициент.

В результате проведения экспериментов на основе анализа фотографий в количестве 500 штук было установлено, что оптимальным значением коэффициента *k* является удвоенное математическое ожидание интенсивности яркости пикселей изображения, интенсивность яркости которых меньше половины интенсивности яркости пикселя с максимальной интенсивностью яркости:

$$k = 2\mu(M/2),$$

где $\mu(M/2)$ – математическое ожидание интенсивности яркости пикселей изображения, интенсивность яркости которых не превосходит *M / 2*,

M – максимальная интенсивность яркости среди всех пикселей изображения.

Для разделения пикселей на классы используется бинаризация:

$$c(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{если } f(x,y) \geq T \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

В результате проведения экспериментов на основе анализа фотографий в количестве 500 штук было установлено оптимальное значение порога бинаризации $T = 120$, при котором вероятность ошибок минимально.

Использование данного метода позволяет четко выделить границы объектов на черном фоне, даже при слабой освещенности или сильных засветках фона.

Для обнаружения темных объектов на белом фоне перед применением метода, необходимо обратить интенсивность яркости в негатив:

$$v'(x,y) = N - v(x,y)$$

Проведено экспериментальное исследование анализа фотографий на основе предложенного метода и метода Оцу. В процессе исследования проанализирована выборка из 500 различных фотографий с объектами на темном фоне. В выборке присутствуют фотографии с равномерным и неравномерным освещением объектов, с фоном без объектов, с единственным объектом, с несколькими однородными по яркости и размерам объектами, с разными по яр-

кости и размерам объектами, с контрастными и неконтрастными к фону объектами.

Результаты экспериментального исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты экспериментального исследования

	Метод ОЦУ	**Предложенный метод**	**Разница**
Всего объектов	2124	2124	0
Выделено корректно	1835	2083	248
Ошибки границ	282	33	249
Ложные объекты	3	8	5
Пропущенные объекты	4	0	4
Всего ошибок	289	41	248
Вероятность ошибок	13,61%	1,93%	11,68%

Достоинствами предложенного метода являются независимость от уровня освещения всей сцены, отсутствие требований к равномерности освещения сцены и однородности объектов, точное определение границ.

К недостаткам метода можно отнести ограничение его применения только в условиях, когда яркость фона заведомо ниже яркости объектов.

В отличии от существующего метода Оцу, предложенный метод корректно работает даже, если разные объекты на одном изображении имеют разную интенсивность яркости. Также предложенный метод требует меньшее количество вычислительных ресурсов по сравнению с методом Оцу.

Вероятность ошибок предложенного метода в среднем не превосходит 2%.

По результатам исследования можно сделать вывод о том, что предложенный метод можно считать вполне приемлемым для обнаружения объектов на темном фоне.

Список литературы

1. *Фурман Я.А., Юрьев А.Н., Яншин В.В.* Цифровые методы обработки и распознавания бинарных изображений. – - Красноярск: Издательство Краснояр. университета, 1992. - 246 с

2. *N. Otsu*,"A threshold selection method from gray-level histogram," IEEE Transactions on System Man Cybernetics,Vol. SMC-9, No. 1, 1979, pp. 62-66.

DETECTION OF ARBITRARY OBJECTS ON IMAGES

Trusfus M.
Supervisors: S. Zaraiskiy, candidate of technical sciences, docent
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

A method for efficient detection of objects in an image is proposed. A comparison of the method and the existing Otsu method is made.

УДК 681.324

БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ КОРПОРАЦИЙ

Трусфус М.В.
Научный руководитель: Ф.И. Эминов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Осуществлен анализ существующих беспроводных сетевых технологий, используемых на разных уровнях управления корпорацией. Рассмотрена возможность интеграции беспроводных технологий с сетевыми технологиями, основанными на кабельной инфраструктуре, для создания инфокоммуникационной инфраструктуры предприятия.

Для достижения цели функционирования корпорации, осуществляющей производственные процессы изготовления и реализации определенных видов продукции необходимо планировать расходы, оценивать риски и предсказывать доходы. Эти функции выполняет корпоративная информационная система, которая охватывает все уровни управления корпорацией и устанавливает взаимосвязь между ними. Систему управления можно рассматривать как многоуровневую структуру [1], каждому уровню соответствует своя вычислительная среда:

1. сенсорный уровень, на котором осуществляется опрос датчиков и управление работой исполнительных механизмов;
2. уровень контроля и управления промышленными контроллерами, на котором осуществляется сбор и обработка информации и управление производственными процессами;
3. уровень контроля и управления цехами, на котором осуществляется управление технологическими процессами;
4. уровень управления производственной деятельностью, на котором осуществляется пооперационное планирование, контроль качества продукции, контроль срока исполнения заказа и контроль производительности;

5. уровень управления финансово-хозяйственной деятельностью, на котором осуществляется финансовый учет, логистические операции, планирование производства в масштабах корпорации и другая деятельность, отражающая коммерческие аспекты.

В состав инфокоммуникационной системы управления предприятием входят телекоммуникационная, сетевая, программная, информационная и организационная инфраструктуры [2], которые обеспечивают необходимые условия для решения задач управления предприятием. Сетевую инфраструктуру корпорации образуют информационные сети различных назначений, обеспечивающие функционирование информационных систем на всех уровнях управления корпорацией. Совокупность информационных сетей интегрируется с целью повышения эффективности работы отдельных сетей и всей организации в целом.

В корпоративной среде передачи данных и голосовых сообщений все более востребованной становится мобильность абонентов. Возможность организации мобильного офиса является решающим фактором для достижения целей функционирования предприятия. Другой причиной организации беспроводных соединений является непродолжительное использование устройств в помещениях. В таких случаях нет необходимости в создании кабельной системы.

Беспроводные технологии представляют собой подкласс информационных технологий, служащие для передачи информации на расстояние между двумя и более точками, не требуя создания кабельной системы. Для передачи информации в беспроводных сетях может использоваться инфракрасное излучение, радиоволны, оптическое или лазерное излучение. Беспроводные сети применяют там [2], где пользователи сети имеют мобильный характер работы, или там, где невозможно или нежелательно прокладывать кабель, где часто меняется планировка помещений.

По предназначению можно выделить следующие типы беспроводных сетей:

1. Беспроводные персональные сети (WPAN). Физический и канальный уровни WPAN регламентируются стандартом IEEE Std 802.15.1-2005. Радиус действия составляет от нескольких метров до

нескольких десятков сантиметров. WPAN используется как для объединения отдельных устройств между собой, так и для связи их с сетями более высокого уровня. Применяются на сенсорном уровне и уровне контроля и управления промышленными контроллерами.

2. Беспроводные локальные сети (WLAN) основаны на стандартах серии IEEE Std 802.11-2007. Возможно использование во временных офисах или там, где невозможно или нежелательно прокладывать кабель, а также в дополнении к имеющейся проводной сети для обеспечения мобильной работы пользователям. Применяются на всех уровнях управления предприятием.

3. Беспроводные сети масштаба города (WMAN). Основаны на стандарте IEEE Std 802.16-2012. Могут использоваться в качестве резервных каналов для связи между цехами. Применяются на уровнях управления производственной деятельностью и управления финансово-хозяйственной деятельностью.

4. Беспроводные глобальные сети (WWAN). Обслуживаются поставщиками услуг беспроводной связи. Данные технологии используются в сетях сотовой связи GSM, GPRS, EDGE, HSPA. Могут использоваться в качестве резервных каналов для связи между зданиями предприятия, расположенными в разных городах. Применяются на уровнях управления производственной деятельностью и управления финансово-хозяйственной деятельностью.

Проведем сравнительный анализ беспроводных технологий первых трех типов.

Bluetooth – производственная спецификация беспроводных персональных сетей WPAN. Обеспечивает обмен информацией со скоростью до 2 Мбит/с в пределах 10 м [3]. Радиосвязь осуществляется в диапазоне частот 2,4-2,4835 ГГц, лицензирование не требуется. Максимальная дальность связи не более 100 м. Стандарт основан на спецификации IEEE 802.15.1. Основной областью применения является сенсорный уровень предприятия.

ZigBee и IEEE 802.15.4-2015 – спецификации беспроводных персональных вычислительных сетей WPAN. Спецификация ZigBee ориентирована на приложения, требующие гарантированной безопасной передачи данных при относительно небольших

скоростях и возможности длительной работы сетевых устройств от автономных источников питания. Устройства ZigBee используются в приложениях, где Bluetooth оказывается слишком дорогим, и не требуется высокая скорость передачи. ZigBee работает в диапазоне частот 868 МГц, 915 МГц и 2,4 ГГц, не требующих лицензирования. Скорость передачи данных составляет 250 кбит/с для каждого канала в диапазоне 2,4 ГГц, 40 кбит/с для каждого канала в диапазоне 915 МГц и 20 кбит/с в диапазоне 868 МГц. Расстояние передачи от 10 до 75 метров. Основной областью применения является сенсорный уровень предприятия.

Сети WLAN работают в соответствии со спецификациями серии IEEE 802.11. Скорости передачи в сетях WLAN могут быть 1-2, 11, 54, 300 Мбит/с и более [2]. Передача осуществляется в диапазонах 2,45 ГГц и 5,25 ГГц, не требующих лицензирования. Радиочастотное излучение может иметь узкий или рассеянный спектр. Стандарт 802.11g поддерживается контроллерами SIMATIC Siemens, использующихся для управления движущимися объектами и в складской логистике, охватывая сенсорный уровень, а также уровни управления промышленными контроллерами и цехом. Сети WLAN не создают помех для узкополосных сигналов, а также сами устойчивы к помехам разного рода. Технология WLAN применяется на всех уровнях управления предприятием.

WiMAX – телекоммуникационная технология, разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств, основана на стандарте IEEE 802.16-2012. Технология позволяет осуществлять доступ в Интернет на высоких скоростях, с большим покрытием, чем у Wi-Fi-сетей. Сети WiMAX относятся к типу WMAN и состоят из базовых и абонентских станций, а также оборудования, связывающего базовые станции между собой, с поставщиком сервисов и с Интернетом. Для соединения базовой станции с абонентской используется диапазон частот от 1,5 до 11 ГГц со скоростью передачи данных до 70 Мбит/с. Не требуется обеспечение прямой видимости между базовой станцией и приёмником. Для соединения базовых станций между собой используется диапазон частот от 10 до 66 ГГц со скоростью передачи данных до 140 Мбит/с. Техноло-

гия WiMAX применяется на уровнях управления производственной деятельностью и управления финансово-хозяйственной деятельностью.

Совокупность различных беспроводных технологий в сочетании с сетевыми технологиями, основанными на кабельной инфраструктуре, позволяют создать интегрированную инфокоммуникационную инфраструктуру для управления предприятием. Правильный выбор технологии для конкретного уровня управления предприятием должен предшевствовать процессу автоматизированного проектирования инфокоммуникационной инфраструктуры системы управления предприятием. Начальным шагом создания автоматизированной системы проектирования инфокоммуникационной инфраструктуры предприятия может явиться учебная система, предназначенная [4] для освоения студентами методов, алгоритмов и технологий, применяемых в современных информационных сетях, а также проектирования инфокоммуникационной инфраструктуры предприятий.

В работе осуществлен анализ применения беспроводных сетевых технологий, используемых на разных уровнях управления корпорацией. Совокупность различных беспроводных технологий в сочетании с сетевыми технологиями, основанными на кабельной инфраструктуре, позволяют создать интегрированную инфокоммуникационную инфраструктуру для управления предприятием. Проведенный анализ является начальным этапом создания системы проектирования интегрированной интеллектуальной информационной сети, в которой могут быть реализованы различные услуги в рамках единой сети.

Список литературы

1. *Эминов Ф.И.* Информационные технологии управления предприятиями. Казань: Мастер Лайн, 2015. 144 с.

2. *Эминов Ф.И.* Офисные и промышленные информационные системы сети. Казань: Мастер Лайн, 2016. 346 с.

3. *Haartsen, J.C.* The Bluetooth radio system. IEEE Pers. Commun. 7 (2000), p 28–36.

4. *Эминов Ф.И.* Формирование конкурентоспособных специ-

алистов для IT-служб предприятий. Educational Technology & Society 2009. V.12. №1. С. 436-442. ISSN 1436-4522. [Электронный ресурс] URL: http://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-konkurentosposobnyh-spetsialistov-dlya-it-sluzhb-predpriyatiy.

WIRELESS NETWORK TECHNOLOGIES IN INFOCOMMUNICATION INFRASTRUCTURE OF CORPORATIONS

Trusfus M.
Supervisors: F. Eminov, candidate of technical sciences, docent
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The analysis of existing wireless network technologies used at different levels of corporate management is carried out. The possibility of integration of wireless technologies with network technologies based on the cable infrastructure for the creation of infocommunication infrastructure of the enterprise.

УДК 519.688

РАЗРАБОТКА ПО ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ЗАДАЧЕ ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ РАБОТОДАТЕЛЕЙ

Усманов А.М.
Научный руководитель: Л.Ю. Емалетдинова, д.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В рамках взаимодействия вуза с работодателем для формирования у выпускников набора специализированных компетенций предлагается организовывать в вузах профили подготовки технических специалистов. Для принятия решения о необходимости реализации профиля подготовки следует точно знать достоверную ли информацию предоставил работодатель.

1. Введение

В связи с бурным развитием информационных технологий динамично меняются требования работодателей. Работодатели заинтересованы в найме компетентных специалистов. Однако, не каждый соискатель на определенную должность обладает всеми необходимыми для работы навыками.

Большая часть выпускников вузов начинает искать работу только по окончании обучения. Однако, далеко не все из них могут найти высокооплачиваемую работу по полученной специальности. Выпускники вузов начинают свою карьеру в компании с «первых ступеней» из-за того, что программы обучения студентов технических специальностей обеспечивают общетехническую подготовку и не связаны с местом и сферой будущей профессиональной деятельности выпускника.

Для формирования у выпускников набора специализированных компетенций предлагается организовать взаимодействие вуза, работодателя и студента, с целью создания и ввода в процесс обучения профилей подготовки технических специалистов. Содержание профиля и среда обучения, позволяющие лучше понимать и

приобретать знания и умения, должна определяться кадровыми потребностями работодателей.

При условии заинтересованности сторон, подготовка по профилю может осуществляться как в рамках основных образовательных программ, так и через освоение дополнительных образовательных модулей и программ. Для формирования профиля подготовки в вузе экспертами оцениваются следующие критерии:

1. Оценка достоверности, информации предоставленной работодателем
2. Проверка возможности реализации профилей в вузе, их кадровое, информационное и пр. обеспечение
3. Прогнозирование заинтересованности студентов в обучении на профиле подготовки
4. Определение компетенций, наличие которых у студента необходимо для освоения профиля подготовки

В рамках данной статьи будет рассматриваться только задача оценки достоверности информации предоставленной работодателем.

2.1. Математическая модель поставленной задачи

Вычисление показателя достоверности информации производится на основе экспертных оценок по следующим критериям:

1. Достоверность информации о работодателе
2. Описание вакансии
3. Надежность партнерства с работодателем
4. Обоснованность количественной потребности

В связи с тем, что исходная информация, используемая в процессе принятия решения, является нечеткой, следовательно, решение также является нечетким. В связи с этим мы будем использовать аппарат нечеткой логики.

На основе экспертных оценок введем лингвистические переменные, необходимые для построения базы нечетких продукционных правил:

1. X_1 = «Достоверность информации о работодателе» определяемая на множестве U(X_1)=[0,1]. Терм-множество T(X_1) = [«достоверно», «недостоверно»].

2. X_2 = «Надежность партнерства с работодателем» с универсальным множеством U(X_1)=[0,1]. Терм-множество T(X_1) = [«надежно», «ненадежно»].

3. X_3 = «Описание вакансии» определяемая на множестве U(X_1)=[0,1]. Терм-множество T(X_1) = [«полное», «частичное», «отсутствует»].

4. X_2 = «Обоснованность количественной потребности» определяемая на множестве U(X_1)=[0,1]. Терм-множество T(X_1) = [«обосновано», «не обосновано»].

ВЫХОД нечеткой модели формализуется лингвистической переменной Y = «Показатель достоверности информации», с универсальным множеством U(Y)=[0,1]. Терм-множество T(X_1) = [«достоверно», «недостоверно»].

Для терм-множеств всех лингвистических переменных $T(x_i) = \{t_i^1, t_i^2, \dots, t_i^n\}$ основываясь на экспертных мнениях, необходимо определить функции принадлежности $\mu_{t_i^j}(u), j = \overline{1,n}$. Вид функций принадлежности для терм-множеств входных и выходной лингвистическим переменных приведен на рис.2



Рис. 1. Функции принадлежности

Система нечетко-продукционных правил формируется на основе обобщения опыта работы экспертов. В результате получена система, включающая 7 правил нечеткой модели.

- Если T(X_1)=недостоверно, ТО T(Y)=недостоверно.
- Если T(X_2)=ненадежно, ТО T(Y)=недостоверно.
- Если T(X_3)=отсутствует, ТО T(Y)=недостоверно.
- Если T(X_4)=обосновано И T(X_3)=частичное, то T(Y)=достоверно.
- Если T(X_4)=обосновано И T(X_3)=полное, то T(Y)=достоверно.
- Если T(X_4)=не обосновано И T(X_3)=частичное, то T(Y)=недостоверно.

2.2. Программная реализация

Разработан программный модуль решения задачи оценки достоверности информации работодателя. Модуль содержит в себе исходные данные задачи, такие как входные и выходные лингвистические переменные, их функции принадлежности, а также систему нечетко-продукционных правил. Также модуль содержит функционал для проведения операции нечеткого логического вывода по методу Мамдани, с целью получения лингвистического значения выходной переменной.

3. Результаты

3.1. Анализ результатов работы программы

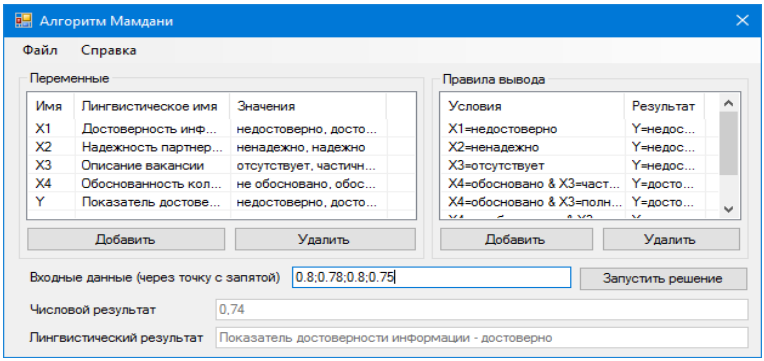


Рис. 2. Пример работы программы

Как видно на изображении выше при введенных параметрах 0.8;0.78;0.8;0.75 численный результат процедуры нечеткого вывода равен 0.74 (рис.2), что соответствует лингвистическому значению «достоверно».

Процедура нечеткого вывода приведена на рис.3. Значение выходной переменной равно 0,73.

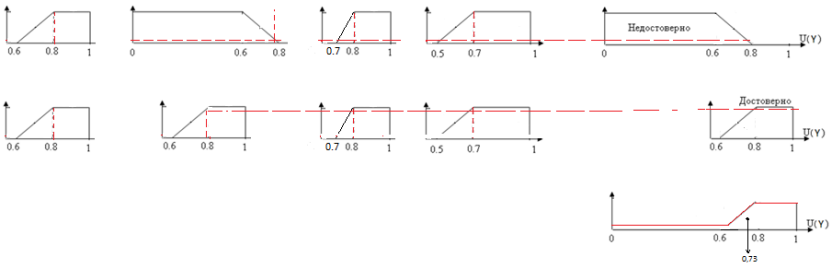


Рис. 3. Процедура нечеткого вывода

Таким образом можно сделать вывод о том, что разработанное программное обеспечение может быть использовано для решения задачи определения достоверности информации.

Список литературы

1. *Д.П. Данилаев, Л.Ю. Емалетдинова.* Нечеткая модель отбора профилей подготовки технических специалистов, Открытое образование 4/2015, с. 28-32.

DEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT SOFTWARE FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF INFORMATION ABOUT EMLOYERS

Usmanov A.
Supervisor: L. Emaletdinova, Doctor of Technical Sciences, professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

We proposed to organize the training profiles of technical specialists in higher education institutions to form a set of specialized competences for graduates. It is necessary to know exactly whether the information was provided by the employer, before make a decision on the need of implementation of the training profile.

УДК 004.424

ОРГАНИЗАЦИЯ ДВУСТОРОННЕЙ СВЯЗИ НА .NET REMOTING

Усманов Р.Т., Михайлов К.С.
Научный руководитель: Р.Р. Вафин, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

.NET Remoting позволяет создавать распределенные приложения не зависимо от того, где прикладные программы находятся, на одном компьютере или разбросаны по всему миру. Можно создать клиентские приложения, использующие объекты в других процессах на том же компьютере или на любом другом компьютере, на котором можно добраться через свою сеть.

Приложение, для организации двусторонней связи, было разработано с использованием эффективной двусторонней связью между двумя отдельными приложениями на разных машинах для любого количества клиентов. Двусторонняя связь была достигнута с помощью отдельных клиентских и серверных исполняемых файлов и с помощью трех библиотечных классов: **CommsInfo, ServerTalk** и **CallbackSink.** Схема взаимодействия объектов представлена на рис.1.

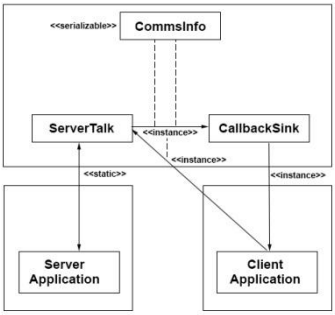


Рис. 1. Схема приложения

Первый из них является класс **CommsInfo**, который помечен атрибутом **Serializable.** Эти объекты необходимы для передачи информации между сервером и клиентом.

Второй класс, который используется - **ServerTalk**, который является наследником класса **MarshalByRefObject**, так что каждый экземпляр этого класса находится на сервере, что позволяет серверу реагировать на события с помощью этих объектов, обработчики которых определенны в классе **ServerTalk**, даже удаленно через прокси – сервер. С помощью этого механизма, осуществляется связь от клиента к серверу, так что клиенты обрабатываются в порядке очереди. Посылаемая информация инкапсулируется в **CommsInfo** классе, который может быть расширен, путем наследования этого класса, чтобы увеличить количество передаваемой, информации.

Третий и последний библиотечный класс - **CallbackSink**, данный класс облегчает обратную связь с клиентом. Направленный обратный вызов метода в клиенте может не использоваться, так как сервер не имеет типа, указанного в обратном вызове. Класс **CallbackSink**, тоже является наследником класса **MarshalByRefObject**, поэтому объект этого класса будет локализован на месте, где экземпляр фактически создан - в данном случае, клиент. Этот класс предоставляет возможность объекту обрабатывать событие, возникающее при прослушивании сообщений с сервера. Клиент также регистрирует обратный вызов метода **HandleToClient** в классе **CallbackSink** во время регистрации через прокси-сервер класса **ServerTalk**, так что сервер теперь «знает» методы объекта, который был создан и живет на клиенте. Это работает, поскольку сервер уже «знает» про класс **CallbackSink**, и при передаче обратного вызова методу этого типа, ему фактически предоставляется прокси-сервер этого типа, который снова работает, поскольку этот объект привязан к клиенту.

Важным моментом является управление временем жизни удаленного объекта. Для этого создается объект класса, который наследует интерфейс **ISponsor.** Объект этого класса позволяет осуществлять спонсирование продолжения жизни удаленного объекта, при превышении допустимого периода времени обращения

клиента. Этот спонсор регистрируется с помощью метода **Register()** .

ORGANIZATION OF TWO-WAY COMMUNICATION ON .NET REMOTING

Usmanov R., Mikhaylov K.
Supervisor: R. Vafin, docent
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

.NET Remoting allows you to create widely distributed appli-cations no matter where the components are located, on one computer or scattered around the world. You can create client applications that use objects in other processes on the same computer or on any other computer that you can access through your network.

УДК 519.7

ОРГАНИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОЩНОСТЯХ ГРУППЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Фатыхов Т.Р.
Научный руководитель: В.В. Мокшин, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В статье рассмотрены актуальные на сегодня задачи распараллеливания обработки информации между вычислительными мощностями группы беспилотных летательных аппаратов, описаны возможные варианты решения данного вопроса. Одним из основных плюсов подобной вариации является мобильность и способность решать поставленные задачи без какого-либо центра обработки информации.

Введение

Сегодня беспилотные летательные аппараты (БПЛА), которые по сути являются летающими роботами, составляют важную часть научных исследований в военной, гражданской и космической области. Заменяя пилотируемые транспортные средства, БПЛА имеют преимущество в сложных и опасных средах. Их надежность в тяжелых для человека условиях намного выше. Летательные средства с неподвижным крылом (самолеты, планеры) являются транспортными средствами дальнего действия, а также имеют высокую энергоэффективность. Однако, они имеют недостаток в маневренности. Например, аэростаты легко управляются, когда ветер незначителен, и их подъем осуществляется благодаря естественной плавучести, но они имеют ограниченную маневренность. Вертолеты имеют преимущества над аэростатами и обычными воздушными суднами с неподвижным крылом в задачах наблюдения и обследования, поскольку обладают высокой маневренностью, могут осуществлять вертикальный взлет и посадку в ограниченных пространствах и зависать пространстве над различными объектами.

Постановка задачи. Целью работы является исследование существующих методов группового взаимодействия роботов. Определение наиболее подходящего для применения группового взаимодействия квадрокоптеров. Применение алгоритма в моделировании и анализ полученных результатов.

В ходе данного исследования разобраны подходы к организации групповой робототехники. Существует два подхода: централизованный и децентрализованный. В свою очередь подходы так же делятся на стратегии управления, такие как: централизованная, стайная, коллективная и комбинированная. Все подходы проанализированы на применимость для группового взаимодействия квадрокоптеров.

Методы исследования. Поставленные задачи были решены на базе классических методов теории автоматического управления, алгебры Ли и методов управления мультиагентными системами. Верификация математической модели движения квадрокоптера, проверка работоспособности алгоритма управления по скорости, алгоритма управления по траектории и способа децентрализованного управления в МАС было осуществлено в ходе исследований компьютерным моделированием [5,6,7]. Оценка производилось на основе результатов экспериментов, а также с помощью симуляции среды моделирования.

Актуальность работы и практическая ценность. Выведен способ децентрализованного управления квадрокоптером в мультиагентной системе на базе модифицированных правил Рейнольдса, позволяющий в ходе коллективного движения менять лидера и режим полета между строевым движением и роевым движением; предложена система критериев, определяющих качество коллективного движения группы квадрокоптеров; разработан метод управления одиночным квадрокоптером, сочетающий управление по скорости и управление по траектории. Сегодня интерес к мультикоптерным МАС проявляют организации в отрасли сельского хозяйства и энергетики, спасательные службы и силовые органы для выполнения задач мониторинга, аэрофотосъемок, грузоперевозок, патрулирования, а также поисково-спасательных работ. При спасательных работах и задач патрулирования границ нужна высо-

кая надежность, что может быть обеспечено взаимозаменяемостью агентов. Данная работа имеет научную значимость в теории управления МАС благодаря разработанным новым подходам к децентрализованному управлению и прикладную значимость, поскольку может лечь в основу систем управления автономными квадрокоптерами для решения обозначенных выше задач [4].

Группа квадрокоптеров представляет из себя мультиагентную систему (от англ. Multi-agent System), состоящую из автономных интеллектуальных роботов, которые локально обмениваются информацией друг с другом и взаимодействуют с окружающей средой, коллективно решая задачи, которые сложно или невозможно решить с помощью одного агента. МАС, состоящая из квадрокоптеров, имеет преимущества относительно одиночного квадрокоптера:

- взаимозаменяемость в случаях внештатных ситуаций;
- расширенная информированность об окружающей среде за счет коммуникации внутри группы;
- повышенная надежность и скорость выполнения задач;
- способность коллективно выполнять более сложные задачи [3].

Список литературы

1. *Белинская Ю.С., Четвериков В.Н.* Управление четырехвинтовым вертолетом // Наука и образование. М.: Изд-во МГТУ. 2012, С. 157-171.

2. *Зенкевич С.Л., Галустян Н.К.* Децентрализованное управление группой квадрокоптеров // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. №11. С.

3. *Мокшин В.В., Якимов И.М.* Метод формирования модели анализа сложной системы / Информационные технологии. 2011. № 5. С. 46-51

4. *Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В.* Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем / Нелинейный мир. 2009. Т. 7. № 1. С. 66-76.

5. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Матвеева С.В., Мокшин*

В.В., Фролова К.А. Имитационное моделирование сложных систем средствами ARIS TOOLSET 6 / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 15. С. 338-343.

6. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Мухутдинов Т.А.* Обучение имитационному моделированию в пакете Simulink системы MatLAb / Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 5. С. 184-188.

7. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Аляутдинова Г.Р., Пайгина Л.Р.* Имитационное моделирование бизнес-процессов в системе Bigazi Modeler / Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 9. С. 236-239.

ORGANIZATION OF PARALLEL INFORMATION PROCESSING AT THE COMPUTING CAPACITIES OF THE GROUP OF UNBEILED FLYING APPARATUSES

Fatykhov T.
Supervisor: V. Mokshin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The article deals with the current tasks of parallelizing information processing between the computational capacities of a group of unmanned aerial vehicles, describes possible solutions to this issue. One of the main advantages of such a variation is mobility and the ability to solve set tasks without any information processing center.

УДК 681.51

ПРИНЦИПЫ ОБЪЕДИНЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОЩНОСТЕЙ ГРУППЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Фахриев М.Г.
Научный руководитель: В.В. Мокшин, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Краткий обзор беспилотных летательных средств и обоснование выбора в пользу квадракоптеров. Преимущества группового взаимодействия квадракоптеров. В исследовании приводятся данные о разных стратегиях управления, централизованного и децентрализованного группового управления. Проводится обзор наиболее значимых свойств и алгоритмов. Обоснование применения программной среды NetLogo.

Роботы уже давно вошли в привычную жизнь человека. Существует большое количество типов роботов, которых разделяют в зависимости от функционального назначения. Роботы находят своѐ применение в медицине, в промышленности, в быту. Применяясь пожарными, спасателями, полицейскими они обеспечивают безопасность гражданского населения. Военные также активно применяют их в разведке, в операциях по разминированию. Роботы способны нести на себе атакующие вооружение, создавать ложные цели, приводить технику противника в неработоспособное состояние и многое другое. Квадрокоптер это летательный аппарат с четырьмя винтами, иногда называемый дроном, впервые был построен в 1922 году, но не получил популярности из-за сложно устроенной трансмиссии. В наше время квадрокоптер получил новый толчок своего развитие как летающий робот или беспилотный летательный аппарат.

Из-за небольших размеров квадрокоптеров, их полезная нагрузка, как правило, несколько сотен грамм, что позволяет взять с собой на борт только лѐгкие и компактные сенсоры. Тип сенсора, который подходит в той или иной ситуации необходимо решать до

выполнения миссии. В настоящие время, управление квадрокоптером осуществляется посредством дистанционного управления или наземной станции. В обоих случаях, дистанция управления ограничена линией связи до оператора. Существует проблема организации надежной связи с операторским пультом. Причиной этого являются небольшие размеры антенн, что в свою очередь приводит к сильному ограничению мощности радиопередатчиков. Препятствия, подобные деревьям или зданиям между операторским пультом управления и дроном, еще сильнее уменьшают дистанцию управления. Кроме того, квадрокоптеры имеют очень ограниченное время нахождения в полете.

Большинство из ограничений, описанных в предыдущем абзаце могут быть ослаблены при помощи группового взаимодействия квадрокоптеров. Более того, с группой квадрокоптеров можно реализовать такие сценарии поведения, которые трудно реализуемы или их реализация даже не представляется возможной[1].

Задачу управления группой квадрокоптеров можно рассматривать как частный случай управления группой роботов[2]. Все существующие стратегии управления группой роботов можно разделить на две диаметрально противоположные. Первая стратегия подразумевает под собой, что все роботы в группе подчиняются одному центральному устройству управления, которое решает поставленную задачу. Вторая стратегия основывается на том, что поставленная задача решается либо на всех вычислительных устройствах группы, либо на некоторых из них[3]. Первый подход называется – централизованным групповым управлением, второй – децентрализованным.

Первый алгоритм коллективного взаимодействия роботов основанный на роевом интеллекте был предложен Крэйгом Райнолдсом в 1986 году и получил название Boids. В его основе лежат три простых правила. Первое из них сплоченность, т.е. движение в направлении центра масс ближайших соседей по стае. Второе разделение, т.е. такое движение, при котором робот избегает ближайших соседей по стае. Третье выравнивание скоростей, т.е. робот придерживается среднего вектора скорости ближайших соседей по стае[4].

В сводной таблице приведѐм наиболее значимые для выбора алгоритма исследования свойства. Такие как количество квадрокоптеров в стае, зависимость от оборудования, децентрализация и наличие описания математического аппарата в самой работе. Анализирая данные в сводной таблице 2 можно прийти к выводу что, используя алгоритм, предложенный Г.Васарейли, наилучшим образом возможно описать коллективное поведение квадрокоптеров с учѐтом всех ограничений.

Таблица 2 – Сводная таблица

Авторы	Количество БЛА	Зависимость от оборудования	Наличие описания математической модели в работе	Децентрализация
М.Турпин и др.	4	VICON, центральный узел управления	Присутствует	нет
Вушну Кумар Калиаппан и др.	3	GPS	Частично. Нет описания алгоритма перемещения стаи	есть
А.Бюркле и др.	5	GPS, центральный узел управления	Отсутствует	нет
Г.Васарейли и др.	10	GPS	Присутствует	да

В качестве инструмента моделирования коллективного поведения квадрокоптера была выбрана программная среда NetLogo. С еѐ помощью можно моделировать поведение больших группы элементов, модели этого 34 поведения при этом должны быть записаны на языке NetLogo. Также эта среда разработки обладает рядом достоинств:

- Алгоритмы легко визуализируются при помощи встроенных функций;
- Простота построения необходимых графиков, помогающих отследить изменения в реальном времени;

- Легко оперировать большими множествами однотипных объектов;
- Язык обладает простым синтаксисом и динамической типизацией.

В работе авторов для простоты для всех квадрокоптеров устанавливается одинаковая высота полѐта. Из-за этого моделирование можно перенести в плоскость двумерного пространства. Используя язык программирования NetLogo алгоритм был перенесен в среду моделирования. Поведения группы квадрокоптеров можно наблюдать в окне отображения мира NetLogo.

Уже сейчас есть возможность использовать группу квадрокоптеров для выполнения некоторых очень важных задач:

- Организация поисково-спасательных работ на средней дистанции поиска;
- Создание ложной цели;
- Поиск на местности участка с наибольшим уровнем заражения или угрозы;
- Преследование цели на средних дистанциях.

В заключение следует заметить, что несмотря на все технические сложности связанные с созданием группы взаимодействующих квадрокоптеров, развитие в данной области имеет большой потенциал развития и широкую область применения в будущем[5].

Список литературы

1. *Мокшин В.В., Якимов И.М.* Метод формирования модели анализа сложной системы / Информационные технологии. 2011. № 5. С. 46-51

2. *Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В*. Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем / Нелинейный мир. 2009. Т. 7. № 1. С. 66-76.

3. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Матвеева С.В., Мокшин В.В., Фролова К.А.* Имитационное моделирование сложных систем средствами ARIS TOOLSET 6 / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 15. С. 338-343.

4. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Мухутди-*

нов Т.А. Обучение имитационному моделированию в пакете Simulink системы MatLAb / Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 5. С. 184-188.

5. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В.* Моделирование сложных систем в среде имитационного моделирования GPSS W с расширенным редактором / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 4. С. 298-303.

PRINCIPLES OF ASSOCIATION OF THE CALCULATING CAPACITIES OF THE GROUP OF UNMANNED FLYING APPARATUSES

Fahriev M.
Supervisor: V. Mokshin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

A brief overview of unmanned aerial vehicles and the rationale for choosing in favor of squares. Advantages of group interaction of squares. The study provides data on different management strategies, centralized and decentralized group management. The most important properties and algorithms are reviewed. The rationale for using the NetLogo software environment.

УДК 51;31

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Фефилова И.С.
Научный руководитель: И.М. Якимов, профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В статье приведено описание моделирования и оптимизации производственного процесса обработки деталей на станках с числовым программным управлением. Производственный процесс представлен диаграммой IDEF3 в системе BPwin, структурное и имитационное моделирование проведено в системе Arena. По результатам имитационного моделирования построена математическая модель, по которой проведена оптимизация и получены формулы для вычисления значений оптимизируемых факторов по значениям объективных факторов.

В настоящей работе приведены результаты имитационного моделирования и оптимизации производственного процесса обработки деталей на станках с числовым программным управлением (ЧПУ) по статистическим данным вертолётного завода. Оптимизация позволит сократить затраты на оборудование и время выполнения заказов и повысить коэффициент загрузки станков, что приведет к повышению прибыли и рентабельности предприятия**.** Конечной целью работы является получение формул для определения значений оптимизируемых факторов: оптимального количества станков с ЧПУ и информационных центров коллективного пользования (ИЦКП) по значениям объективных факторов: заданного объёма обрабатываемых деталей и запланированных сроков их изготовления. Для достижения поставленной цели предложена методика, состоящая из следующих этапов [1].

1. Предварительный анализ производственного процесса и выбор результативных показателей эффективности производственного процесса и влияющих на них факторов.

2. Постановка задач.

3. Разработка структурной и имитационной модели производственного процесса.

4. Планирование имитационных экспериментов

5. Проведение имитационного моделирования (ИМ) по стратегическому плану.

6. Корреляционный анализ.

7. Разработка математической модели.

8. Оптимизация производственного процесса по математической модели.

9. Вывод формул для вычисления значений оптимизируемых факторов по значениям объективных факторов.

Производственный процесс представлен в виде IDEF3 – диаграммы, построенной в системе BPwin [2]. Для проведения исследования отобрано 8 результативных показателей эффективности производственного процесса и 4 влияющих на них факторов, перечень которых приведён в таблице 1.

Таблица 1

Перечень переменных, отобранных для исследования

№	Код	Наименование
1	x_1	Количество станков с ЧПУ в штуках
2	x_2	Количество ИЦКП в штуках
3	x_3	Количество комплектов в партии в штуках
4	x_4	Плановое время изготовления одного комплекта в мин.
5	y_1	Стоимость оборудования, отнесённая к одной партии деталей в тыс. руб.
6	y_2	Время изготовления одной партии в мин.
7	y_3	Стандартное отклонение времени изготовления одной партии в мин.
8	y_4	Коэффициент использования станков с ЧПУ
9	y_5	Коэффициент использования ИЦКП
10	y_6	Время изготовления одного комплекта деталей в мин.
11	y_7	Стандартное отклонение времени изготовления 1 комплекта в мин.
12	y_8	Вероятность выполнения заказа за плановое время

В таблице 1 факторы x_1 и x_2 - оптимизируемые, x_3 и x_4 - объективные. Переменные $ó_i;\ i=\overline{1,k}$ - результативные показатели эффективности (отклики).

Для достижения поставленной цели поставлены и решены следующие задачи.

1. При проведении корреляционного анализа вычисляется коэффициент линейной корреляции по следующей формуле:

$$r_{xy}=\frac{m^*_{1xy}-m^*_{1x}.m^*_{1y}}{\sigma^*_x.\sigma^*_y}, \qquad (1)$$

где m^*_{1x} – оценка математического ожидания переменной *x*;

$m^*_{1ó}$ – оценка математического ожидания переменной *y;*

m^*_{1xy} – оценка математического ожидания произведений переменных *x* и *y;*

σ^*_x – стандартное отклонение переменной *x;*

σ^*_y – стандартное отклонение переменной *y.*

В качестве переменных *x* и *y* используются факторы и отклики, приведённые в таблице 1.

2. Разработка математической модели:

$$y_j = f_j(x_1, x_2, \ldots x_{m+r});\ j=\overline{1,k}, \qquad (2)$$

где *k* – количество результативных показателей эффективности;

m – количество оптимизируемых факторов;

r – количество объективных факторов.

3. По математической модели (2) ставится задача оптимизации.

Целевая максимизируемая (минимизируемая) функция выбирается из перечня результативных показателей эффективности (откликов). На остальные отклики и оптимизируемые факторы накладываются ограничения.

$$\begin{aligned} & f_q(x_1, x_2, \ldots x_m) \to \max(\min) \\ & a_j \le f_j(x_1, x_2, \ldots x_m) \le b_j;\ j = \overline{1,k};\ j \ne q; \\ & c_i \le x_i \le d_i;\ i = \overline{1,m}; \\ & x_g = const;\ g = \overline{1,r}, \end{aligned} \quad (3)$$

где k – количество результативных показателей эффективности;

m – количество оптимизируемых факторов;

r – количество объективных факторов.

4. Вывод формул вычисления значений оптимизируемых факторов по значениям объективных факторов:

$$x_j = F_j(x_{m+1}, x_{m+2}, \ldots x_{m+r});\ j = \overline{1,m}, \quad (4)$$

где x_j - j-й оптимизируемый фактор;

x_{m+i} - i-й объективный фактор;

m – количество оптимизируемых факторов;

r – количество объективных факторов.

Структурная модель производственного процесса построена в системе структурного и имитационного моделирования (ССИМ) Arena [2]. Заготовки деталей, имитируемые сущностями, поступают на склад - Sklad. После чтения введенной информации о типе поступившей партии на ИЦКП, он передаёт требуемую программу по обработке заготовок деталей на станки с ЧПУ, по которой производится обработка заготовок деталей. После завершения операции регистрируются статистические показатели её выполнения. По структурной модели, генерируется программная имитационная модель на специализированном языке ИМ Siman и производится её выполнение.

Было принято допущение, что зависимости результативных показателей эффективности от влияющих на них четырёх факторов (2) являются нелинейными не выше второй степени. Для построения математической модели использован D – оптимальный план, состоящий из 49 вариантов: центра четырёхмерного куба, 16 вершин и 32 середин рёбер [3]. Во всех вариантах плана проведено ИМ обработки 1000 партий. [4].

По результатам ИМ составлена таблица, в которой приведены значения независимых переменных – факторов и значения зави-

симых переменных - результативных показателей эффективности, полученных в процессе ИМ для всех вариантов стратегического плана. Составленная таблица используется далее для построения математической модели.

Вычисленные значения коэффициентов линейной корреляции между 8 результативными показателями и 4 факторами позволили установить, что все факторы существенно влияют на отклики. Также наблюдается и существенное совместное влияние факторов на результативные показатели эффективности производственного процесса. Поэтому принято решение о включении в уравнения регрессии факторов в первой и второй степени и попарных произведений факторов.

Математическая модель представляет собой совокупность уравнений регрессии, связывающих результативные показатели эффективности производственного поцесса с влияющими на них производственными факторами, построена с помощью процедуры множественной регрессии пакета прикладных программ Statistica 6.0 [5]. Для примера приведем одно полученное уравнение регрессии для вычисления y_1 - стоимости оборудования, отнесённого к времени изготовления одной партии деталей.

$$y_1 = -7348572{,}054 - 26483{,}756 \cdot x_1 - 500220{,}757 \cdot x_2 + 1228859{,}468 \cdot x_3 + 24884{,}296 \cdot x_4 + +751{,}361 \cdot x_1 x_2 - 15821{,}548 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0{,}00000000005 \cdot x_1 \cdot x_4 - 2586{,}623 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0{,}00000000029 \cdot x_2 \cdot x_4 + 817{,}121 \cdot x_1 \cdot x_1 + 132007{,}187 \cdot x_2 \cdot x_2 - 23214{,}904 \cdot x_3 \cdot x_3 - 16{,}371 \cdot x_4 \cdot x_4. \quad (6)$$

Остальные семь уравнений регрессии математической модели состоят из совокупностей таких же переменных и отличаются друг от друга значениями

коэффициентов при переменных.

Задача оптимизации решена при ограничениях на результативные показатели и оптимизируемые факторы.

$$ó_1 = f_1(x_1, x_2) \to \min;$$

$$300 \le f_2(x_1, x_2) \le 5000; \qquad 100 \le f_3(x_1, x_2) \le 500;$$

$$0{,}7 \le f_4(x_1, x_2) \le 1; \qquad 0{,}7 \le f_5(x_1, x_2) \le 1;$$

$$250 \le f_6(x_1, x_2) \le 1300; \qquad 30 \le f_7(x_1, x_2) \le 70; \qquad (7)$$
$$0{,}8 \le f_8(x_1, x_2) \le 1;$$
$$31 \le x_1 \le 65; \qquad 1 \le x_2 \le 3$$

Объективные факторы в процессе оптимизации не меняются, их значения принимаются по вариантам стратегического плана.

Для оптимизации выбран метод Ньютона (метод касательных), и использована имеющаяся в ППП Excel соответствующая процедура оптимизации [6]. Получены значения оптимизируемых факторов, и значение результативного показателей эффективности y_1 по всем 49 вариантам стратегического плана.

По результатам оптимизации получены уравнения регрессии для вычисления значений оптимизируемых факторов по значениям объективных факторов. Приведём формулы для вычисления оптимальных значения оптимизируемых факторов:

Оптимальное количество станков с ЧПУ:

$$x_{1опт}=-8690{,}26+43{,}2\cdot x_3+5{,}62\cdot x_4-2{,}21\cdot x_3\cdot x_3-0{,}01\cdot x_4\cdot x_4-91{,}51\cdot \ln(x_3)+ \\ +1479{,}43\cdot \ln(x_4)-36{,}72\cdot 1/x_3+396403{,}41\cdot 1/x_4 \qquad (8)$$

Оптимальное количество ИЦКП:

$$x_{2опт}=-1598{,}99+5{,}91\cdot x_3+0{,}72\cdot x_4-0{,}30\cdot x_3\cdot x_3-0{,}001\cdot x_4\cdot x_4-12{,}61\cdot \ln(x_3)+ \\ +227{,}66\cdot \ln(x_4)-5{,}02\cdot 1/x_4+95989{,}72\cdot 1/x_4. \qquad (9)$$

Рассмотрим применение полученных результатов на следующем сценарии. Поступил заказ со следующими параметрами: количество комплектов деталей в одной партии x_3= 9; плановое время изготовления одного комплекта x_4= 760 мин.=12,6 час. По формулам (8) и (9) вычислим значения оптимизируемых факторов: $x_{1опт}=35$ станка; $x_{2опт}=2$ ИЦКП и по формуле (7) вычислим стоимость оборудования, отнесённую к обработке одной партии деталей y_1= 4479093,24 рублей. Получены следующие значения остальных результативных показателей производственного процесса: y_2= 4616 мин.≈ 76,9 час.; y_3=156мин.≈2,6часа; y_4=0,576; y_5=0,643; y_6=304 минут ≈ 5 часов; y_7=23,2минуты; y_8=0,41.

Результаты, полученные при оптимизации, хорошо укладываются в диапазоны принятых ограничений.

По результатам проведённой работы сделаны следующие выводы.

1. Методика, предложенная для исследования производственного

процесса обработки деталей на станках с ЧПУ, может быть успешно использована и для исследования других производственных процессов.

2. Формулы, полученные для вычисления значений оптимизируемых

факторов, могут использоваться для определения основных параметров производственных процессов по обработке деталей на станках с ЧПУ в том случае, если значения объективных факторов не выходят за пределы диапазонов, принятых при моделировании. В случае невыполнения этого условия эти формулы рекомендуется переполучить в соответствии с предложено методикой.

3. Математическая модель производственных процессов обработки

деталей на станках с ЧПУ позволяет определить восемь результативных показателей эффективности производственных процессов.

4. Результаты проведённого исследования были использованы для оптимизации конкретного производственного процесса обработки деталей на вертолётном заводе.

Список литературы

1. *Якимов И.М., Кирпичников А.П.* Имитационное моделирование производственных процессов изготовления и монтажа вентиляционного и сантехнического оборудования**.** Вестник Казан. технол. ун-та. 2013. Т.16, №20.- С.295-302.

2. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Костюхина Г.В., Шигаева Т.А.* Комплексный подход к моделированию сложных систем в системе BPwin-Arena. Вестник Казан.технол. ун-та. 2014.Т.17, №6.- С. 287-292.

3. *Якимов И.М.* Компьютерное моделирование. Учебное пособие. Казань: Изд-во Казан**.** гос. техн. ун-та, 2008. 220с.

4. *Нейлор Т.* Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. Изд-во Мир. М. 1975. 502 с.

5. *Боровиков В.П., Боровиков И.П.* STATISTICA. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. Издание 2-е, стереотипное. – М.: Информационно-издательский дом «Филинъ», 1998. – 608 с.

6. *Джон У.* Формулы в Excel 2013. Москва: изд-во Вильямс, 2014. 720 с.

OPTIMIZATION OF PRODUCTION PROCESS OF PROCESSING OF DETAILS ON MACHINE WITH NUMERICAL SOFTWARE CONTROL

Fefilova I.
Supervisor: I. Yakimov, Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The article describes the simulation and optimization of the production process of machining of parts on machines with numerical program control. The production process is represented by the IDEF3 diagram in the BPwin system, structural and simulation modeling was carried out in the Arena system. Based on the results of simulation modeling, a mathematical model has been constructed on which optimization has been carried out and formulas for calculating the values of optimized factors for the values of objective factors have been obtained.

УДК-1082

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ УРОЖАЙНОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ

Хабибуллин И.Ф.
Научный руководитель: В.В. Мокшин, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Данная статья посвящена проблеме управления урожайностью сельскохозяйственных культур на основе математического моделирования[3]. процесса роста в условиях неопределенности. Неопределенность заключается в неточно известных реализациях экологических факторов, таких, как температура и влажность воздуха. Основной упор сделан на изучение влияния влажности почвы и температуры воздуха на изменение зеленой массы растения в течение его роста. Предложен алгоритм построения трубки (ансамбля) возможных вариантов развития растения при заданном разбросе параметров экологических факторов в каждый момент времени.

Как известно, существуют оптимальные уровни влажности и температуры воздуха, при которых достигается максимальный прирост зеленой массы. Диапазон изменения зеленой массы растения в значительной мере зависит от оптимальной, минимальной и максимальной влажности почвы и температуры воздуха. Функция, характеризующая поведение зеленой массы растения во времени, сверху ограничена кривой, построенной при оптимальной температуре воздуха и оптимальной влажности почвы, а снизу – кривой, построенной путем комбинации минимальной и максимальной температуры воздуха и влажности почвы в каждый момент времени. Риски потери урожая перекладываются на риски реализации исходных параметров из заданных интервалов.Применение предложенного математического аппарата позволяет решать задачу управления сельскохозяйственными рисками в условиях неопределенности экологических факторов.

Рассматривается математическая модель, описывающая динамику роста зеленой массы растения во времени в зависимости от температуры воздуха и влажности почвы . В дальнейшем принимаем следующие допущения:

1. Воздействие вредителей несущественное.
2. Антивредители (гербициды, пестициды, инсектициды) не вносятся.
3. Состав воздуха на протяжении всего периода роста растения не изменяется.
4. Плотность земли, тип почвы, количество питательных элементов на протяжении всего периода роста не изменяется.
5. Температура почвы соответствует температуре воздуха.
6. Влияние сорняков не рассматривается.
7. Освещенность на каждом этапе развития растения считается постоянной.
8. Рассматриваются такие культуры, что зеленая масса растения соответствует его урожайности, то есть урожай определяется количеством зеленой массы.
9. Рассматривается корнеобитаемый слой почвы, влажность почвы на разной глубине усредняется, дренаж воды в почве не учитывается, сток и подпитывание из грунтовых вод отсутствуют.

Известно, растения проходят несколько стадий своего развития. Здесь рассматриваются те стадии[5], на которых рост зеленой массы играет основную роль в развитии растения. Рост растения происходит благодаря делению клеток, и на всех стадиях в той или иной степени идет наращивание зеленой массы. Темпы роста зеленой массы зависят от стадии развития растения и от воздействия экологических факторов. Как это обычно делается при моделировании биологических процессов, считается, что темпы роста растения прямо пропорциональны количеству зеленой массы.

Для развития растения необходимо, чтобы были достигнуты благоприятные условия по влажности почвы, по температуре воздуха и другим факторам. Существуют некие максимальные и минимальные значения характеристик экологических факторов, соответственно, выше и ниже которых, невозможно развитие растения. Существуют оптимальные значения характеристик экологических

факторов, при которых достигается наилучшее развитие растения, т.е. максимальный прирост зеленой массы. В связи с этим, предполагается, что коэффициент наращивания зеленой массы K имеет максимальное значение при оптимальных экологических условиях, и уменьшается при отклонении характеристик экологических факторов в ту или иную сторону от оптимальных значений.

Построение ансамбля траекторий изменения зеленой массы растения в зависимости от влажности почвы и температуры воздуха

Диапазон изменения зеленой массы растения в зависимости от температуры воздуха и влажности почвы также будет зависеть от оптимальной, минимальной и максимальной влажности почвы, оптимальной, минимальной [4]. и максимальной температуры воздуха. Функция, характеризующая изменение зеленой массы растения во времени, ограничена кривой, построенной при оптимальной температуре воздуха и оптимальной влажности почвы сверху; и кривой, построенной при комбинации минимальной и максимальной температуры воздуха, влажности почвы в данный период времени снизу, при условии, что изменение зеленой массы описывается системой[2]. уравнений [1-3] .

$$\frac{dM(t)}{dt} = K \cdot M(t), \quad M(t_0) = M_0, \quad t \in [t_0, \infty), \qquad (1),$$

где M(t) – количество зеленой массы растения на некоторой единичной площади, K – коэффициент наращивания зеленой массы, K > 0, t – время, M_0 – количество зеленой массы в начальный момент времени t_0.

Коэффициент K в общем случае является переменной величиной.

$$K = (1 - k_e) \cdot k_w \cdot k_T \cdot k_0, \qquad (2),$$

где k_0 – коэффициент, показывающий влияние массы растения на ее прирост при оптимальных условиях роста,

k_w – коэффициент, отражающий влияние влажности почвы на прирост зеленой массы,

k_T – коэффициент, отражающий влияние температуры воздуха на прирост зеленой массы,

k_e – коэффициент, отражающий влияние прочих экологических факторов.

При оптимальных условиях коэффициенты k_w и k_T равны 1, а k_e равен 0. Коэффициенты k_0 и k_e могут изменяться при переходе от этапа к этапу, но на каждом этапе развития растения предполагаются постоянными. Коэффициенты k_w и k_T зависят, соответственно, от влажности почвы W и температуры воздуха T. Примем эти зависимости параболическими и подберем коэффициенты парабол так, чтобы максимум был равен 1 и достигался при оптимальных значениях соответствующих факторов:

$$k_W(W) = k_{W1} \cdot W^2(t) + k_{W2} \cdot W(t) + k_{W3} \qquad (3)$$

Следовательно, можно сделать вывод, что скорость изменения зеленой массы в каждый момент времени не может превышать скорость изменения зеленой массы при оптимальной температуре воздуха и влажности почвы, и не может быть меньше скорости изменения зеленой массы при комбинации максимальной и минимальной температуры воздуха и влажности почвы.

Если, например, предположить, что температура воздуха и влажность почвы будут находиться в заданных интервалах, зеленая масса сельскохозяйственной культуры будет ограничена показанными кривыми. Изменяя границы интервала температуры воздуха и влажности почвы во времени, имеется возможность изменять границы неопределенности итоговых параметров растения.

Заключение

Предложены алгоритмы для построения ансамбля возможных траекторий роста при заданных уровнях неопределенности тех или иных экологических факторов. К концу роста определяется диапазон возможных урожаев. Алгоритмы, описываемые в данной работе, позволяют проводить исследования для уменьшения неопределенности. За исключением тепличных условий, управлять температурой практически не возможно. Но, можно управлять поливами, соблюдать нормы посева семян, вносить удобрения перед посевом. Внесение удобрений является одним из самых доступных и действенных методов управления урожайностью. В данной рабо-

те предложены инструменты для анализа[1]. и уменьшения неопределенности.

Список литературы

1. *Мокшин В.В., Якимов И.М.* Метод формирования модели анализа сложной системы / Информационные технологии. 2011. № 5. С. 46-51.

2. *Мокшин В.В.* Параллельный генетический алгоритм отбора значимых факторов, влияющих на эволюцию сложной системы / Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2009. № 3. С. 89-93.

3. *Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В.* Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем / Нелинейный мир. 2009. Т. 7. № 1. С. 66-76.

4. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Мухутдинов Т.А.* Обучение имитационному моделированию в пакете Simulink системы MatLAb / Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 5. С. 184-188.

5. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В.* Моделирование сложных систем в имитационной среде AnyLogic / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 13. С. 352-357.

AUTOMATED SYSTEM OF ASSESSMENT OF YIELD IN THE CONDITIONS OF UNCERTAINTY OF TEMPERATURE

Khabibullin I.
Supervisor: V. Mokshin, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

This article is devoted to the problem of crop yield management based on mathematical modeling [3]. Growth process under uncertainty. Uncertainty lies in inaccurately known realizations of environmental factors, such as temperature and humidity. The main emphasis is on studying the effect of soil moisture and air temperature on the change in the green mass of the plant during its growth. An algorithm is proposed for constructing a tube (ensemble) of possible variants of plant development for a given spread of environmental factors at each moment of time.

УДК 658.52

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ РАСЧЕТА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ДЛЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ ПРЕДПРИЯТИЯ

Хакимов Р.Ф.
Руководитель: О.С. Нургаянова, доцент
(Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа)

Данная статья посвящена разработке программного обеспечения для расчета токов короткого замыкания. Описана методика расчета, обоснован выбор средств разработки и архитектуры программного обеспечения.

Введение

В работе электроснабжения предприятий используется релейная защита и автоматика (РЗА) – комплекс устройств, оперативно реагирующий на аварийные ситуации в работе электроснабжения и отделяющий неисправные элементы сети от электроэнергетической системы. Релейная защита обеспечивает безопасность работы электросети и является основным видом электрической автоматики.

При возникновении короткого замыкания на участке сети, устройства РЗА отключают этот участок, обезопасив вышестоящие элементы сети от повреждений.

Для работы устройств РЗА требуются уставки – значения тока, при которых будет срабатывать устройство. Правильно выбранные уставки обеспечивают селективность и надежность защиты. При выборе слишком большого значения уставки защита может не сработать, при выборе слишком низкого значения уставки – защита может сработать некорректно и отключить неповрежденный участок сети.

Уставки РЗА выбираются экспертным методом на основе токов короткого замыкания системы – максимальных значений тока,

возникающих во время короткого замыкания (КЗ). Для каждого участка сети рассчитывается свое значение тока КЗ.

Разработка программного обеспечения для расчета токов короткого замыкания обеспечит высокую точность, вследствие чего повысится надежность работы устройств РЗА.

Программное обеспечение для диспетчерского управления электроснабжением предприятия (ДУЭ) обеспечивает автоматизированный сбор и обработку информации, требующуюся для оперативного управления энергоснабжением промышленного предприятия.

Разработка системы расчета токов короткого замыкания как одного из модулей системы ДУЭ позволит использовать данные о структуре электроснабжения предприятия, а также параметры элементов сети.

Требования к системе

Сформируем список функций, которыми должна обладать система:

1. Создание, редактирование схем электроснабжения.
2. Создание, редактирование элементов схем и их параметров.
3. Импорт схемы электроснабжения из системы ДУЭ.
4. Расчет токов короткого замыкания с учетом подпитки от электродвигателей в произвольных точках сети.
5. Отображение результатов расчетов в табличном виде.
6. Отображение результатов расчетов на мнемосхеме сети.
7. Сохранение результатов расчетов в виде отчета в форматах png, pdf, xls.

Модуль должен быть разделен на серверную и клиентскую часть.

Серверная часть модуля должна представлять собой dll-библиотеку, совместимую с .NET Framework 4.6.

Клиентская часть должна представлять собой набор компонентов пользовательского интерфейса, написанных на JavaScript с использованием фреймворка ExtJs.

Для хранения данных необходимо использовать СУБД MS SQL Server.

Выбор средств разработки

Согласно требованиям системы ДУЭ, при разработке серверной части модуля будет использоваться язык C#, а также технология ASP.NET. При разработке клиентской части будет использоваться язык JavaScript и фреймворк ExtJs. Для хранения данных будет использоваться СУБД MS SQL Server.

Технология ORM (Object-Relation Mapping) сопоставляет реляционным моделям объектные и обеспечивает работу с таблицами в терминах классов.

В качестве ORM будет использоваться фреймворк Entity Framework, так как он является наиболее удобным для работы с .NET, а также позволяет работать с базой данных с помощью LINQ запросов.

Для разработки отчетов предлагается использовать программный продукт DevExpress Reporting, содержащий набор .NET библиотек для создания отчетов, а также имеющий визуальный конструктор отчетов.

Данные, необходимые для расчета

Для расчета токов короткого замыкания необходимы следующие данные:

Данные о структуре электроснабжения

Параметры элементов системы:

Кабель:

длина кабеля L, км;

количество линий кабеля N, шт;

удельное сопротивление, X_0 Ом/км;

Трансформатор:

номинальная мощность $S_{ном}$, МВА;

максимальное напряжение КЗ $u^{\%}_{кВН-НН}$, кВ;

минимальное напряжение КЗ $u^{\%}_{кВН-НН1}$, кВ;

минимальное напряжение $U_{\min}$, кВ;

максимальное напряжение $U_{\max}$, кВ;

номинальное высшее напряжение $U_{бВ}$, кВ;

номинальное низшее напряжение $U_{бН}$, кВ;

Реактор:

номинальное сопротивление $X_{ном}$, Ом;

Система (источник напряжения):

ток короткого замыкания $I_к^{(3)}$, кА;

базисная мощность $S_б$, МВА;

базисное напряжение $U_б$, кВ;

Двигатель:

номинальное напряжение $U_{ном}$, кВ;

КПД η;

кратность пускового тока $K_п$;

коэффициент мощности $\cos\varphi$;

номинальная активная мощность $P_{ном}$, МВт;

Методология расчета токов короткого замыкания

Ток короткого замыкания в произвольной точке без учета подпитки от электродвигателей рассчитывается по формуле:

$$I_к^{(3)} = \frac{I_б}{\sum X_{бкi}} \qquad (1)$$

где $I_б$ – базисный ток для соответствующей стороны напряжения, $\sum X_{бкi}$ – сумма индуктивных сопротивлений элементов сети от источника питания до заданной точки,

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} * U_б} \qquad (2)$$

Индуктивные сопротивления элементов рассчитываются по следующим формулам:

Для системы:

$$X_{*бс} = \frac{S_б}{S_{кс}} \qquad (3)$$

где $S_{кс}$ – мощность короткого замыкания системы,

$$S_{кс\min} = \sqrt{3} * U_б * I_к^{(3)} \qquad (4)$$

Для кабеля:

$$X_{*бл} = \frac{X_0}{N} * \frac{S_б}{U_б^2} \qquad (5)$$

Для трансформатора суммируются сопротивления обмоток высшего и низшего напряжения:

$$X_{*B\max=} \frac{u^{\%}_{кВН-НН} * S_б}{S} * (1 - \frac{Kp}{4}) * (\frac{U}{U_б})^2 \qquad (6)$$

$$X_{*Н1} = \frac{u^{\%}_{кВН-НН1} * S_б * K_p}{100 * S_{ном} * 2} * (\frac{U}{U_б})^2 \qquad (7)$$

где Kp – коэффициент расщепления,

$$K_p = 4 * (\frac{u^{\%}_{кВН-НН1}}{u^{\%}_{кВН-НН}} - 1) \qquad (8)$$

Для реактора:

$$X_{*бр} = X_{ном} * \frac{S_б}{U_б^2} \qquad (9)$$

Для двигателя:

$$X_{*бд} = \frac{1}{K_п} * \frac{S_б}{\frac{P_{ном}}{(\eta * \cos\varphi)}} * (\frac{U_{ном}}{U_б})^2 \qquad (10)$$

Расчет токов подпитки электродвигателей выполняется согласно следующему алгоритму:

Находится ток подпитки от каждой секции РП, подключенной к данной секции ГПП:

$$I''_{под} = \frac{E''_* * (\frac{U_{ном}}{U_б}) * S_б}{\sqrt{3} * U_б * (\sum X_{экві} + X_{*бл(ГПП-РП)})} \qquad (11)$$

где $\sum X_{экві}$ – эквивалентное сопротивление всех присоединений на общих сборных шинах, E''_* – эквивалентная сверхпереходная ЭДС.

$$\sum X_{экві} = \frac{1}{\frac{1}{X_{*бд1} + X_{*бл1}} + \frac{1}{X_{*бд2} + X_{*бл2}} + \frac{1}{X_{*бдi} + X_{*блi}}} \qquad (12)$$

Находится суммарный ток КЗ с учетом подпитки на шинах секции ГПП:

$$\sum I_{кi}^{(3)} = \sum I_{кj}^{(3)} + \sum I_{подj}^{"} \qquad (13)$$

Аналогично рассчитывается ток КЗ с учетом подпитки на шинах секции РП:

$$I_{к(i+1)}^{(3)} = \frac{E_{*бэквi}^{"} * S_б}{\sqrt{3} * U_б * (\sum X_{эквi-РП} + X_{*бл(ГПП-РП)}} + I_{подj}^{"} \qquad (14),$$

где $E_{*бэквi}^{"}$ – эквивалентная ЭДС для КЗ на шинах секции ГПП,

$$E_{*бэквi}^{"} = \frac{\sum I_{кi}^{(3)} * \sum X_{экв} * \sqrt{3} * U_б}{S_б} \qquad (15)$$

$\sum X_{экв}$ – суммарное эквивалентное сопротивление для КЗ на шинах ГПП,

$$\sum X_{экв} = \frac{1}{\frac{1}{\sum (\sum X_{эквi} + X_{*бл(ГПП-РП)}} + \frac{1}{X_{*бс\max}}} \qquad (16)$$

Модель данных

Для хранения информации была разработана следующая информационная модель данных, которая содержит структуру и связи таблиц модуля расчета токов короткого замыкания (Рисунок 1).

Хранение расчетных параметров (таких как суммарное сопротивление, токи КЗ) позволяет осуществлять перерасчет отдельного элемента, не пересчитывая при этом остальную схему в целом, а также облегчает расчет токов подпитки от электродвигателей.

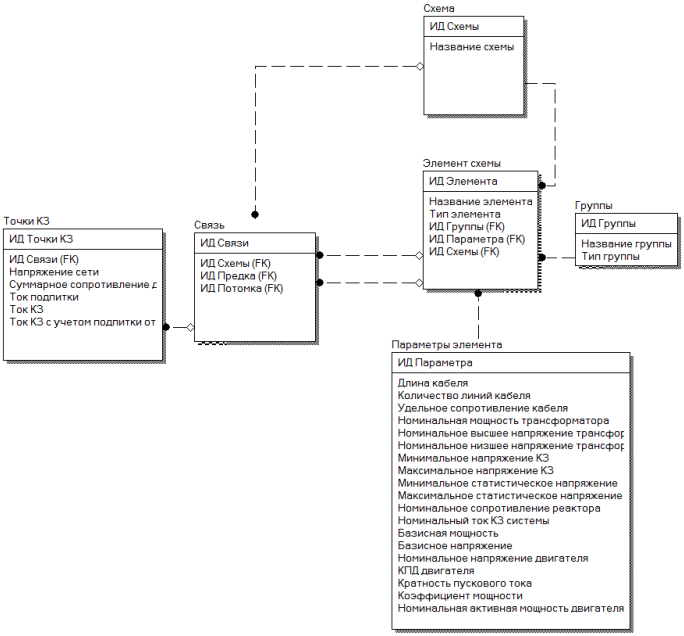


Рис. 4. Модель данных

Архитектура приложения

Для обеспечения наибольшей независимости модуля от остальных компонентов системы, предлагается разрабатывать его с использованием трехуровневой архитектуры.

В трехуровневой архитектуре приложение делится на три уровня:

1. Уровень данных – содержит методы работы с базой данных.
2. Уровень бизнес-логики – содержит основной функционал системы – методы создания, редактирования, вычисления.
3. Уровень представления – содержит контроллеры, обеспечивающие взаимодействие клиента с сервером.

При таком подходе, при возникновении необходимости изменения какого-либо компонента системы, не придется изменять всю систему целиком. Например, при смене СУБД на Oracle Data-

base, необходимо будет реализовать методы уровня данных, не затрагивая при этом уровень бизнес-логики и уровень представления.

Интерфейс программы

Интерфейс веб-приложения состоит из панели, содержащей список схем, и панели, содержащей основной функционал модуля. Панель схем позволяет создавать, редактировать, удалять, копировать схемы.

Вкладка «Элементы схемы» содержит в себе информацию о элементах схемы и позволяет производить основные операции с элементами, а также менять их параметры (Рисунок 2).

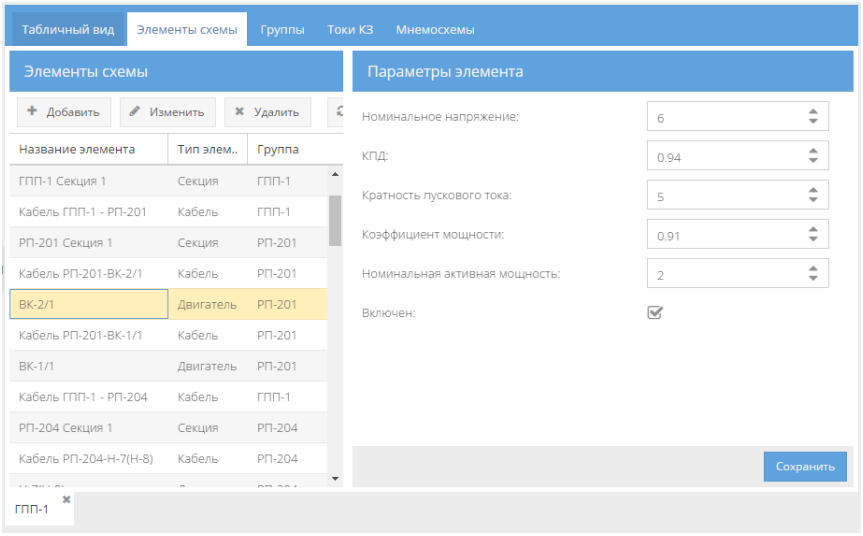


Рис. 5. Панель элементов схемы и их параметров

Вкладка «Табличный вид» содержит информацию о структуре электросети и позволяет производить основные операции со связями (Рисунок 3). Также на вкладке присутствует инструмент для импорта структуры.

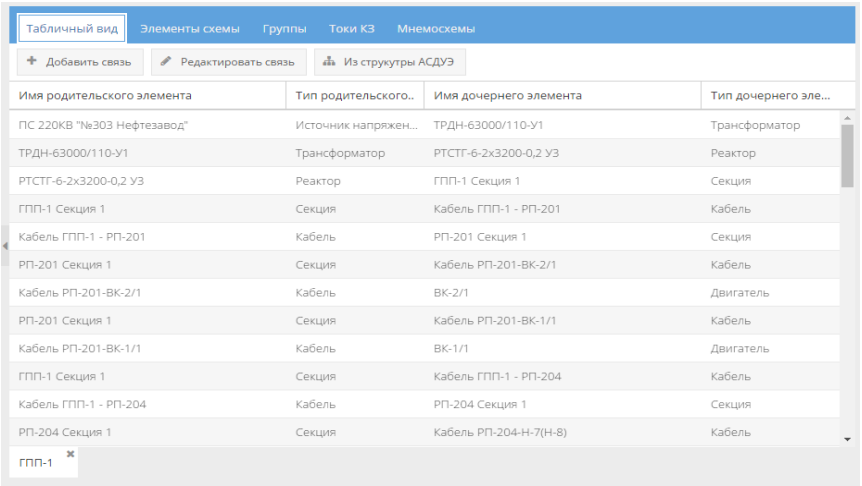


Рис. 6. Панель табличного вида связей

Вкладка «Группы» содержит информацию о группах и позволяет выполнять основные операции с ними (Рисунок 4).

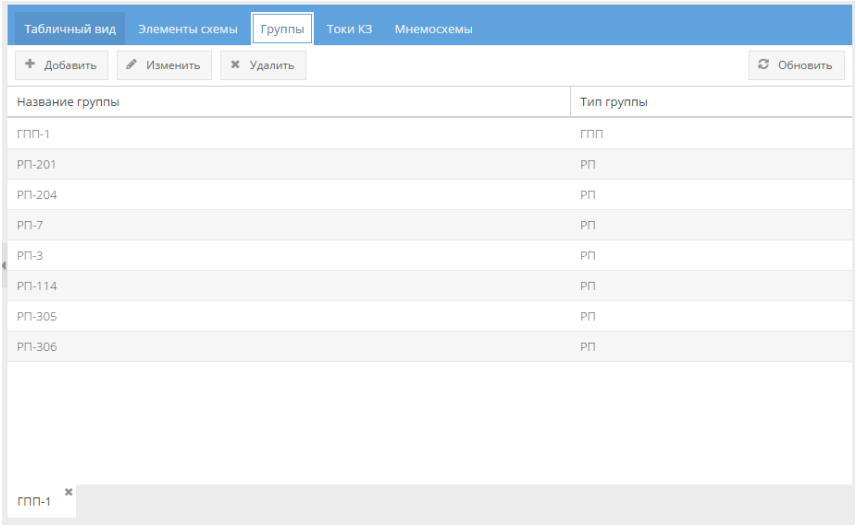


Рис. 7. Панель групп

Вкладка «Токи КЗ» предоставляет основной функционал по расчету токов короткого замыкания и содержит две вкладки «Табличный вид» и «Мнемосхема».

Вкладка «Табличный вид» содержит в себе таблицу точек КЗ, с функциональностью по настройке отображения полей элементов сети и расчету токов КЗ (Рисунок 5).

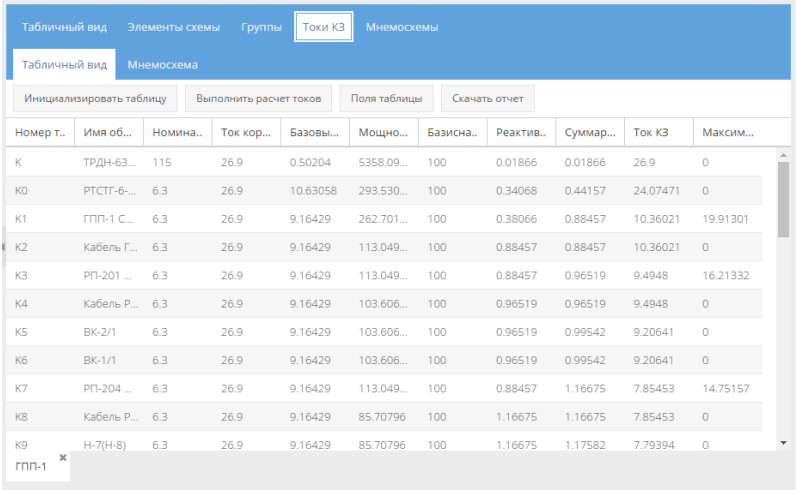


Рис. 8. Результаты расчета токов КЗ

Вкладка «Мнемосхемы» содержит в себе мнемосхему, отображающую принципиальную схему сети (Рисунок 6). На схеме так же отображаются точки КЗ, по нажатию на которые отображается окно с расчетными значениями.

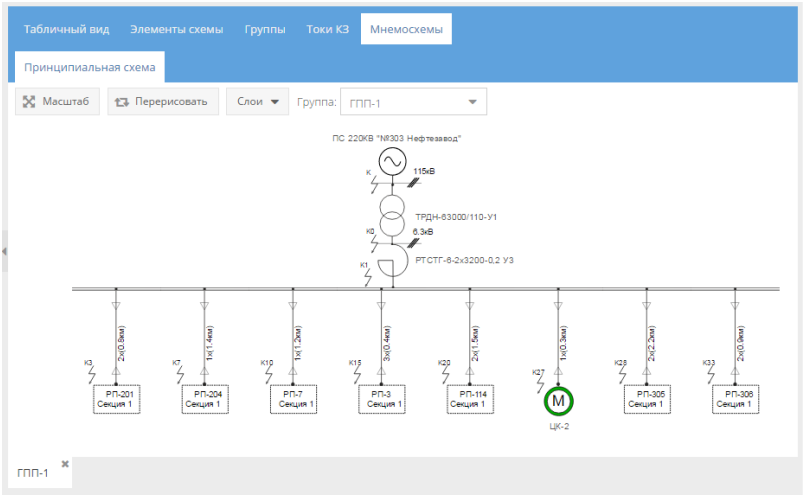


Рис. 9. Принципиальная схема одной из секций ГПП

Список литературы

1. Основы техники релейной защиты / М. А. Беркович, В. В. Молчанов, В. А. Семенов . – 6-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергоатомиздат, 1984 . – 376 с.

2. Многоуровневая архитектура приложения [Электронный ресурс] URL: www.metanit.com/sharp/mvc5/23.5.php (Дата обращения: 11.05.2017)

3. Автоматизированные системы управления энергохозяйством [Электронный ресурс] URL: www.electricalschool.info/main/elsnabg/1536-avtomatizacija-sistem-upravlenija.html (Дата обращения: 12.05.2017)

4. ГОСТ 27514-87 Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением свыше 1 кВ [Электронный ресурс]: Библиотека государственных стандартов, URL: www.gosthelp.ru/text/GOST2751487Korotkiezamyka.html

5. Основные сведения о Entity Framework [Электронный ресурс] URL: https://msdn.microsoft.com/ru-u/library/bb399567(v=vs.110).aspx (Дата обращения : 12.05.2017)

DEVELOPMENT OF SHORT CIRCUIT CURRENT CALCULATION MODULE FOR AUTOMATED ELECTRIC POWER SUPPLY CONTOL SYSTEM WEB APPLICATION

Khakimov R.
Supervisor: O. Nurgayanova, docent
(Ufa state aviation technical university, Ufa)

The article deals with short circuit current calculation software development. It describes calculation methodology and justifies choice of development tools and software architecture.

УДК 004.932.75

МЕТОДЫ ОПТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ ИНВЕНТАРНЫХ НОМЕРОВ ОБЪЕКТОВ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ

Чесноков А.А.
Научный руководитель: З.Х. Захарова, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Проблемы распознавания рукописного «печатного» и стандартного рукописного текста, а также печатных текстов других форматов (особенно с очень большим числом символов) в настоящее время являются предметом активных исследований.

Распознавание рукописного ввода — это способность компьютера получать и интерпретировать рукописный ввод. Задача распознавания рукописного текста носит название HWR (handwriting recognition).

Распознавание текста может производиться «офлайновым» методом из уже написанного на бумаге текста (оптическое распознавание символов) или «онлайновым» методом считыванием движений кончика ручки, к примеру, по поверхности специального компьютерного экрана. [1, с. 1— 2]

Офлайновый метод считается более сложным по сравнению с онлайновым. Для офлайнового распознавания требуется обучение системы распознавания человеком или готовая обучающая выборка. Подобный механизм реализован в программном продукте ABBYY FineReader. Качество распознавания можно повысить, используя структурированные документы (формы). [3]

Кроме того, можно улучшить качество, уменьшив диапазон возможных вводимых символов. Применяется в сферах деятельности, где необходимо обрабатывать большое количество рукописных документов, к примеру, в страховых компаниях.

Распознавание рукописного текста проходит в несколько этапов:

1. Предварительная обработка изображения (preprocessing): на этом этапе происходит обработка изображения с целью повышения его качества и приведения его к виду, удобному для сегментации.

2. Сегментация (segmentation): на этом этапе происходит выделение текста на изображении и его разделение на составные части.

3. Извлечение признаков (feature extraction): на этом этапе формируются признаковые описания выделенных на этапе сегментации частей.

4. Классификация (classification): на этом этапе по признаковым описаниям, построенным на этапе извлечения признаков, система принимает решение о том, к какому заранее известному классу отнести выделенный на этапе сегментации элемент.

5. Обработка результатов (postprocessing): на этом этапе происходит построение итогового текста по результатам классификации выделенных частей текста. [4]

Этап сегментации проводится при помощи гистограммы входного изображения. В этом методе гистограмма вычисляется по всем пикселям изображения и её минимумы и максимумы используются, чтобы найти кластеры на изображении. [2, с. 1501— 1502]

Для прогнозирования могут быть использованы методы распознавания образов, описанные в работах [1, с.348; 2, с.120; 3, с.89; 8, с.148; 9, с.297; 10, с.130; 11, с.66; 12, с.249; 13, с.287; 14, с.236].

В качестве метода для реализации алгоритма классификации был выбран метод k – ближайших соседей (kNN).

Выбор обусловлен простотой реализации, низкими требованиями к ресурсам процессора и высокой скоростью обучения.

Недостатки данного метода являются незначительными в данном случае, поскольку количество классов объектов ограничено и не велико, рукописный текст имеет один выраженный стиль, а условия съемки предопределены.

Для классификации изображений использовался классификатор с использованием одной из трех метрик по выбору пользователя.

Данное решение позволяет наглядно определить какую метрику использовать в готовом решении при обучении и в работе классификатора.

На выбор предоставляется метрики Евклида, Минковского и Махаланобиса.

Расстояние Минковского $$p(x,y) = \left(\sum_{i=1}^{n} |x_i - y_i|^p\right)^{\frac{1}{p}}$$

Расстояние Евклида $$d(p,q) = \sqrt{\sum_{k=1}^{n}(p_k - q_k)^2}$$

Расстояние Махаланобиса $$D_M(x) = \sqrt{(x-\mu)^T S^{-1}(x-\mu)}$$

Обучение производилось на 120 объектах выборки при помощи каждой метрики. Средняя точность распознавания при обучении представлена в таблице 1:

Таблица 1

Средняя точность распознавания символов

	Минковского	Евклида	Махаланобиса
k = 1	48 %	48 %	52 %
k = 2	64 %	66 %	70 %
k = 3	66 %	67 %	72 %

Алгоритм распознавания тестировался с использованием выборки из 80 цифр, подготовленных из фотографий инвентарных объектов на предприятии.

Была достигнута точность 72,5%. Точность распознавания для каждой цифры приведена в таблице.

Время работы на одном изображении составляет ≈ 0.1 секунды, включая считывание изображения, извлечение признаков и классификацию.

Таблица 2

Средняя точность распознавания по объектам

	Расстояние Махаланобиса, k = 3
0	75 %
1	80 %
2	85 %
3	100 %
4	62 %
5	68 %
6	40 %
7	78 %
8	83 %
9	45 %



Рис. 1. Примеры объектов распознавания

Список литературы

1. *Сайфудинов И.Р., Мокшин В.В., Кирпичников А.П.* Многоклассовое обнаружение и отслеживание транспортных средств в видеопоследовательности / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 19. С. 348-355.

2. *Сайфудинов И.Р., Мокшин В.В., Кирпичников А.П.* Группирование контуров объектов структурных изображений на основе сети заметности элементов / Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. № 9. С. 120-123.

3. *Мокшин В.В.* Параллельный генетический алгоритм отбора значимых факторов, влияющих на эволюцию сложной системы / Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2009. № 3. С. 89-93.

4. Mansi Shah, Gordhan B Jethava. «A literature review on hand written character recognition». В: Indian Streams Research Journal 3.2 (2013), с. 1— 19.

5. Zhixin Shi и Venu Govindaraju. «Segmentation and recognition of connected handwritten numeral strings». B: Pattern Recognition 30.9 (1997), с. 1501— 1502.

6. База знаний ABBBY. Как распознать текст, набранный нестандартным шрифтом? (2016) [Электрон. ресурс] - Режим доступа: http://kb.abbyy.ru/article/533 (дата обр. 19.04.2017)

7. *Козлов В.Д.* Алгоритмы оффлайн-распознавания рукописных цифр. (2015) [Электрон. ресурс] / В.Д. Козлов. // Режим доступа: http://www.machinelearning.ru/wiki/images/2/25/2015_427_KozlovVD.pdf

8. *Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Якимов И.М., Сайфудинов И.Р.* Определение транспортных средств на участках дорог классификатором Хаара и оператором LPB с применением Adaboost и отсечением по дорожной разметке / Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 18. С. 148-155.

9. *Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М.* Отслеживание объектов в видеопотоке по значимым признакам на основе фильтрации частиц / Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 18. С. 297-303.

10. *Мокшин В.В., Сайфудинов И.Р., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М.* Распознавание транспортных средств на основе эвристических данных и машинного обучения // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 5. С. 130-137.

11. *Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В.* Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем / Нелинейный мир. 2009. Т. 7. № 1. С. 66-76.

12. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Махмутов М.Т., Пейсахова М.Л., Валиева А.Х., Низамиев Б.А.* Структурное моделирование бизнес процессов в системах BPMN Editor, Elma,RUNAWFE / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 10. С. 249-256.

13. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Костюхина Г.В., Шигаева Т.А.* Комплексный подход к моделированию

сложных систем в среде BPWN-Arena / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 6. С. 287-292.

14. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Аляутдинова Г.Р., Пайгина Л.Р.* Имитационное моделирование бизнес-процессов в системе Bigazi Modeler / Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 9. С. 236-239.

METHODS OF RECOGNITION OF HANDWRITTEN INVENTORY NUMBERS OF FIXED ASSETS

Chesnokov A.
Supervisors: Z. Zakharova, docent
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

Submitted by the expert method of forecasting demand services and its algorithm.

УДК 004.931

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНЫХ МЕТОДОВ

Чеснокова А.С.
Научный руководитель: Ф.И. Эминов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлен экспертный метод прогнозирования спроса услуги. Описан алгоритм вычисления оценок.

Задача прогнозирования спроса в области оказания услуг и продаж решается с привлечением информационных систем, которые используют распределенную среду передачи данных [1, с.7]. Решение указанной задачи напрямую строится исходя из специфики предприятия [2, с.44]. Так, в розничной сети торговых предприятий, спрос может зависеть от таких факторов как ценовая политика конкурентов, курс валюты, инфляция, сезонность и прочие не столь очевидные влияния.

В то время как прогнозирование спроса на природные ресурсы и драгоценные материалы может оказаться задачей совсем непосильной даже для опытных аналитиков, поскольку охват и объем факторов, влияющих на спрос в данном сегменте невероятно обширен и, чаще всего, совсем не предсказуем. Для прогнозирования могут быть использованы методы распознавания образов, описанные в работах [3, с.89; 4, с.130; 7, с.66; 8, с.348; 9, с.309; 10, с.120; 11, с.148; 12, с.297; 13, с.184; 14, с.287].

В настоящее время популярность набирают экспертные методы прогнозирования спроса, основанные на экспертных оценках. Растущая популярность этих методов обуславливается оптимизацией и появлением новых, более совершенных методов машинного обучения с использованием как старых, проверенных временем, так и современных инструментов [5].

В рамках данного тезиса рассмотрим один из таких методов.

Речь пойдет о методе из подкласса логических методов распознавания образов, алгоритм вычисления оценок (АВО).

Принцип работы данных алгоритмов основан на отнесении распознаваемого объекта *X* в класс, имеющий большее число «информативных» признаков эталонных объектов, приблизительно равных соответствующим признакам объекта X.

Вычисляются близости – «голоса» (равные 1 или 0) распознаваемого объекта к эталонам некоторого класса по различным информативным фрагментам объектов класса. Данные близости («голоса») суммируются и нормируются на число эталонов класса. В результате вычисляется нормированное число голосов, или оценка *Г(X)* объекта *X* за класс ω – эвристическая степень близости объекта *X* к классу ω . После вычисления оценок объекта за каждый из классов, осуществляется отнесение объекта к одному из классов с помощью порогового решающего правила

В условиях высокой размерности пространства признаков неизвестной оценки информативности данный метод отлично подходит для решения поставленной задачи.

Пусть имеется таблица эталонов T, называемая таблицей обучения.

Тестом таблицы T называется совокупность таких столбцов {i1, i2, …, ik}, что после удаления из T всех столбцов, за исключением имеющих номера {i1, i2, …, ik}, в полученной таблице все пары строк, принадлежащих разным классам, различны. Тест {i1, i2, …, ik} называется тупиковым, если любое его собственное подмножество не является тестом [4].

Пусть найдено множество {I} тупиковых тестов таблицы T,

I = {i1, i2, …, ik}. Выделим в описании распознаваемого объекта X фрагмент описания, соответствующий признакам с номерами {i1, i2, …, ik}.

Сравним этот фрагмент со всеми соответствующими фрагментами объектов таблицы T. Число совпадений для каждого класса ω j обозначим через Gj(I), j = 1, …, N.

Определим оценку объекта X по классу ω j по формуле

$$\Gamma_j(X) = \frac{1}{L_j} \sum G_j(I)$$

где Lj – число эталонов класса ω j в таблице T, j = 1, 2, …, N. Имея оценки для всех классов, объект X легко классифицируется с помощью решающих правил. Например, он относится в тот класс, за который получена его максимальная оценка. В случае наличия нескольких классов с максимальными оценками, происходит отказ от его классификации.

На вход алгоритму распознавания подаётся вектор признаков, соответствующих факторам, влияющим прямо или косвенно на спрос услуги или товара. Выходом служит цифра (номер класса) в текстовом виде. Каждому классу ставится в соответствие качественное выражение спроса (небольшой, средний спрос, большой и т.д.).

Выводы. В данной статье были определены задачи прогнозирования спроса и выявлена проблемная область исследования. Подробно описан метод прогнозирования спроса – алгоритм вычисления оценок (АВО).

Список литературы

1. *Эминов Ф.И.* Офисные и промышленные информационные сети. Казань: Мастер Лайн, 2016. 346 с.

2. *Эминов Ф.И.* Информационные технологии управления предприями. Казань: Мастер Лайн, 2015. 144 с.

3. *Мокшин В.В.* Параллельный генетический алгоритм отбора значимых факторов, влияющих на эволюцию сложной системы / Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2009. № 3. С. 89-93.

4. *Мокшин В.В., Сайфудинов И.Р., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М.* Распознавание транспортных средств на основе эвристических данных и машинного обучения // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 5. С. 130-137.

5. *Воронцов К.В.* Машинное обучение. (2015) [Электрон. ресурс] / К.В. Воронцов. // Режим доступа: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Машинное_обучение_(курс_лекций,_К.В.Воронцов)

6. *Дьяконов А.Г.* Алгебра над алгоритмами вычисления оценок: Учебное пособие. - М.: Издательский отдел ф-та ВМиК МГУ,

2006.

7. *Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В.* Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем / Нелинейный мир. 2009. Т. 7. № 1. С. 66-76.

8. *Сайфудинов И.Р., Мокшин В.В., Кирпичников А.П.* Многоклассовое обнаружение и отслеживание транспортных средств в видеопоследовательности / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 19. С. 348-355.

9. *Степанова М.А., Сытник С.А., Кирпичников А.П., Мокшин В.В.* Оптимизация процесса ремонта грузоподъемных машин по математической модели / Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 20. С. 309-314.

10. *Сайфудинов И.Р., Мокшин В.В., Кирпичников А.П.* Группирование контуров объектов структурных изображений на основе сети заметности элементов / Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. № 9. С. 120-123.

11. *Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Якимов И.М., Сайфудинов И.Р.* Определение транспортных средств на участках дорог классификатором Хаара и оператором LPB с применением Adaboost и отсечением по дорожной разметке / Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 18. С. 148-155.

12. *Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М.* Отслеживание объектов в видеопотоке по значимым признакам на основе фильтрации частиц / Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 18. С. 297-303.

13. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Мухутдинов Т.А.* Обучение имитационному моделированию в пакете Simulink системы MatLAb / Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 5. С. 184-188.

14. *Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Костюхина Г.В., Шигаева Т.А.* Комплексный подход к моделированию сложных систем в среде BPWN-Arena / Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 6. С. 287-292.

ANALYSIS AND FORECASTING OF DATA USING EXPERT METHODS

Chesnokova A.
Supervisors: F. Eminov, candidate of technical sciences, docent
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

Submitted by the expert method of forecasting demand services and its algorithm. The described algorithm of calculation of estimates.

УДК 004.772

КОРПОРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СЕТЬЮ СТАНЦИЙ ТЕХОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Чеснокова А.С.
Научный руководитель: Ф.И. Эминов, к.т.н., доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассмотрен один из путей повышения качества управления корпоративными информационными системами (КИС). Предлагаемый подход способствует повышению актуальности данных, используемых информационными системами. Ключевые слова: КИС, сетевые технологии.

Рассматриваются особенности создания сети автомобильных услуг, образуемых двумя или более предприятиями, предоставляющими услуги населению и организациям, по плановому техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонтам, устранению поломок, замене и монтажу колес и мойке автомобилей. Общность владения и обработки данных для решения задач предприятия является основным отличительным признаком корпоративной сети [1]. Общая среда обработки данных образуется с использованием сочетания различных сетевых технологий [2] в пределах одного предприятия. Создание корпоративной сети предприятия должно осуществляться [3] в соответствии с определенной методикой.

Успешное функционирование предприятия, использующее для управления корпоративную информационную систему [4], основывается на возможности добиваться ценовых преимуществ над независимыми торговцами благодаря увеличению объема продаж и снижению размеров наценок. Сети обеспечивают свою рентабельность несколькими способами. Они способны создавать действенные организационные структуры, привлекая квалифицированных управляющих и разрабатывая специальные методики в области

прогнозирования спроса, управления товарно-материальными запасами, ценообразования и стимулирования.

Изучение существующих автоматизированных систем станций технического обслуживания показывает, что применение корпоративных информационных систем является эффективным средством управления процессом реализации услуг и товаров. Информационные системы позволяют повысить эффективность работы сотрудников, обеспечить контроль назначений и выявление необходимых товаров в данном конкретном пункте. Для управления движением информационных и материальных потоков в информационной системе должны выполняться следующие основные функции.

• Управление запасами и автоматический заказ товаров. Сведения о текущем запасе товаров могут постоянно обновляться. Наличие информации о фактическом наличии позволяет выполнять автоматический заказ товаров и позволяет управляющим магазином анализировать расход товаров по номенклатуре товаров и по поставщикам.

• Расчет себестоимости услуги. Анализ материальных затрат на производство товаров и услуг позволяет калькулировать их стоимость.

• Прогнозирование спроса услуг. Интеллектуальные информационные системы способны решать задачи анализа и прогнозирования спроса наряду с экспертами, опираясь на накопленный опыт оказанных услуг.

Корпоративная сеть может включать в себя несколько тысяч различных разнообразных компонентов: различные типы компьютеров, системное и прикладное программное обеспечение, сетевые адаптеры, концентраторы, многопортовые коммутаторы и маршрутизаторы, структурированные кабельные системы. В корпоративной сети обязательном порядке будут использоваться различные типы компьютеров, несколько типов операционных систем, большое количество различных коммуникационных протоколов, несколько СУБД и множество других приложений.

Так как объем обрабатываемой информации увеличивается и усложняются, то и содержание корпоративной информации, интен-

сивность ее потоков и способы ее обработки постоянно меняются. В корпоративных сетях большую роль играет поддержка в актуальном состоянии баз данных, использующихся в информационных системах. Для достижения целей корпорации автосерва необходимо выполнение следующих задач:

- формирование оценки эффективности функционирования;
- формирование оценки актуальности данных;
- разработка интерфейсов взаимодействия пользователей;
- разработка баз данных сети.

Для конкретного сервиса реализация корпоративной информационной системы будет отличаться своей структурой, так как от нее зависит от количества конечных узлов, зданий, потребностей заказчика и количества выделенных средств.

В данной работе сформулированы задачи для создания учебного проекта корпоративной информационной системы, управляющей сетью станций техобслуживания автомобилей. Созданная система для решения данной задачи должна стать частью учебного полигона [5], предназначенного для обучения студентов основам создания корпоративной информационной системы. В рассматриваемом примере предприятие состоит из самого автосервиса, шиномонтажной станции, станции автомобильной мойки и офиса руководящей компании. Внутри системы также необходимо организовать связь с кассовыми аппаратами, связь между тремя различными зданиями, которые находятся на определенном удалении друг от друга.

Список литературы

1. *Эминов Ф.И.* Сетевые технологии. Часть 2: Учебное пособие. Казань: ЗАО “Новое знание”, 2006. 52 с.

2. *Эминов Ф.И.* Офисные и промышленные информационные сети. Казань: Мастер Лайн, 2016. 346 с.

3. *Эминов Б.Ф., Эминов Ф.И.* Проектирование корпоративных информационных сетей: Учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2010. 60 с.

4. *Эминов Ф.И.* Технологии информационно-коммуникационной инфраструктуры предприятий. Казань: Мастер Лайн, 2014. 126 с.

5. *Эминов Ф.И.* Формирование конкурентоспособных специалистов для IT-служб предприятий. Educational Technology & Society 2009. V.12. №1. С. 436-442. ISSN 1436-4522. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-konkurentosposobnyh-spetsialistov-dlya-it-sluzhb-predpriyatiy

CORPORATE INFORMATION SYSTEM OF CAR SERVICE'S NETWORK MANAGEMENT

Chesnokova A.

Supervisors: F. Eminov, candidate of technical sciences, docent

(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this article, one of the ways to improve the management of corporate information systems (CIS) is considered. The proposed approach helps to increase the relevance of data used by information systems. Keywords: CIS, network technologies.

УДК 681.324

АНАЛИЗ ПЛАТФОРМ ДЛЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ КЛАСТЕРНОЙ СИСТЕМЫ

Шайдуллин А.А.
Научный руководитель: Ф.И. Эминов, к.т.н, доцент
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Представлен анализ наиболее популярных платформ для развертывания отказоустойчивой кластерной системы для реализации миграции серверной системы, ориентированной на безотказную работу всей информационной системы предприятия. Полученные результаты должны стать основой для создания учебной отказоустойчивой кластерной системы.

По мере развития компьютерной техники и ее интеграции в бизнес-процесс предприятий проблема увеличения времени, в течение которого доступны вычислительные ресурсы, приобретает все большую актуальность. Надежность серверов становится одним из ключевых факторов успешной работы компаний с развитой сетевой инфраструктурой [1]. Всем таким предприятиям жизненно необходимы серверы, которые работают и предоставляют информацию в круглосуточном режиме. Для подготовки квалифицированных специалистов в области информационных технологий [2] необходимо иметь полигон, который бы позволял студентам получать необходимые умения в развертывании отказоустойчивой кластерной системы.

Надежность корпоративных систем обработки информации [3], их способность в режиме реального времени обеспечивать пользователей оперативной и достоверной информацией – одно из важнейших условий эффективной работы и, в конечном счете, конкурентоспособности современных компаний. Сегодня существует множество технических решений, обеспечивающих необходимый уровень надежности и отказоустойчивости информационных систем, и одним из таких решений является кластеризация вычислительных систем, за счет которой поддерживается высокий уровень

готовности.

Кластер - это объединение двух и более устройств (модулей), которые связаны между собою и функционируют как один узел обработки информации. Спектр предлагаемых кластерных решений весьма обширен. Основное назначение кластера состоит в обеспечении высокого – по сравнению с разрозненным набором компьютеров или серверов – уровня доступности, иначе называемого уровнем готовности, а также высокой степени масштабируемости и удобства администрирования. Повышение готовности системы обеспечивает работу критических для бизнеса приложений на протяжении максимально продолжительного промежутка времени. Использование кластера позволяет гарантировать, что в случае, если сервер перестает нормально функционировать, другой сервер в кластере, путем миграции продолжит выполнять свои задачи, и минимизирует последствия простоя.

Выясним, отказы каких компонентов, приводят к полной потере работоспособности сервера, а какие только к частичной его потере, не влияя существенным образом на выполнение его основных функций [4].

Отказ HDD & SSD. Современные серверные решения содержат минимально два жестких диска, а в среднем четыре на сервер. Такое количество жестких дисков обусловлено необходимостью построения RAID-массивов, повышающих скорость обработки данных и/или обеспечивающих их более надежную сохранность. Чем больше избыточных дисков используется в сервере для организации RAID-массивов, тем более надежной становится его система хранения данных. Отказы твердотельных накопителей встречаются крайне редко, ввиду их повышенной надежности (в их конструкции полностью отсутствуют движущиеся части).

Отказ BBU. Отказы батарей RAID-контроллеров не могут привести к полному выходу сервера из строя. Известно, что RAID-контроллеры могут осуществлять операции записи данных в соответствии с тремя политиками. Политика "Write through" позволяет осуществлять запись данных непосредственно на жесткие диски. Политика "Write back" – в кэш-память RAID-контроллера, где данные могут временно храниться перед тем, как они будут записаны

на жесткие диски. Политика "Write back with BBU" – тоже что и "Write back", но с использованием батареи, подключенной к кэш-памяти RAID-контроллера. С точки зрения сохранности данных, первая политика является более надежной, а вторая и третья — менее надежны.

Отказ RAID-контроллера. Отказы RAID-контроллеров могут привести к нарушению работы RAID-массивов и вызвать некорректную работу системы хранения данных сервера. Как правило, подобные отказы не приводят к потере информации, хранящейся на жестких дисках, а также к полному выходу из строя самого сервера. Однако такие отказы могут повлиять на полный выход из строя сервера, если они затрагивают массивы данных, с которых осуществляется загрузка операционной системы сервера.

Отказ MB. При отказе материнской платы сервера может произойти его полный выход из строя лишь в том случае, если проблема связана с нарушением питания ее основных компонентов.

Отказ PSU. Отказ единственного блока питания в сервере может повлечь за собой его полный выход из строя. Однако в современных серверах, предусматривается резервирование по питанию. В этом случае отказ одного из блоков питания не влечет за собой полный выход сервера из строя, сервер продолжит свою работу. Неисправный блок можно заменить, не выключая сервер.

Отказ Chassis. Отказы элементов серверного шасси могут повлиять на полный выход сервера из строя в случае, если проблема связана с компонентами системы распределения питания. При отказах компонентов системы охлаждения сервера (вентиляторы серверного шасси) может произойти только снижение производительности сервера за счет автоматического снижения вычислительной мощности (тактовой частоты) центральных процессоров.

Отказ Software. Отказы программной части сервера не могут повлиять на полный выход его из строя, а лишь могут вызвать некорректную совместную работу его отдельных функциональных компонентов. Такие отказы могут быть оперативно устранены администратором сервера при помощи новейших версий прошивок компонентов (Firmware) и установки соответствующих обновлений программного обеспечения (BIOS & Drivers).

Отказ RAM. В современные модели серверов в среднем устанавливается по 6-8 модулей оперативной памяти (по 3-4 модуля на каждый центральный процессор). Отказ одного из нескольких модулей оперативной памяти сервера, как правило, не приводит к его полному выходу из строя. При отказе модулей оперативной памяти сервер может продолжать свою работу, сигнализируя администратору об ошибках.

Отказ CPU. Отказы центральных процессоров серверов встречаются крайне редко ввиду высокого качества их изготовления и надежности. Можно сказать, что центральные процессоры являются самыми надежными из основных компонентов серверов.

Отказы дискретных устройств. Отказы опциональных дискретных устройств сервера (оптического привода, сетевого адаптера, видеоадаптера и т. п.) не могут вызвать его полный выход из строя ввиду ограниченной специфики их применения.

Существуют множество решений для обеспечения развертывания отказоустойчивой кластерной системы предприятия с организацией её миграции. Существуют программные продукты, реализующие развертывание кластера и миграцию его узлов между собой, в случае отказа одного из них, посредством виртуальной машины. Непрерывность работы приложений обеспечивается средствами виртуальной платформы, которые осуществляют постоянный мониторинг виртуальных машин. В случае остановки виртуальной машины из-за отказа сервера она автоматически перезапустится на другом сервере. После устранения причины отказа и включения сервера виртуальные машины автоматически вернутся на «свой» сервер без прерывания работы.

Рассмотрим некоторые продукты, которые можно рассматривать в качестве платформ для учебного полигона.

Платформа Cloudera. Ключевой продукт – CDH (Cloudera Distribution including Apache Hadoop) – связка наиболее популярных инструментов из инфраструктуры Hadoop под управлением Cloudera Manager. Менеджер берёт на себя ответственность за развёртывание кластера, установку всех компонентов отказоустойчивого кластера и их дальнейший мониторинг. Кроме CDH компания развивает и другие свои продукты, например, Impala.

Платформа Hortonworks Data Platform (HDP). Так же, как и Cloudera, они предоставляют единое решение. Их отличительной чертой является то, что они больше вкладывают в развитие продуктов Apache. Например, вместо Cloudera Manager они используют Apache Ambari, вместо Impala – дальше развивают Apache Hive.

Платформа MapR. MapR занимается продажей своих наработок. Платформа MapR так же позволяет развернуть отказоустойчивый кластер с установкой всех компонентов и ролей. В разработке много оптимизационных решений. Бесплатная версия (M3) имеет урезанный функционал. MapR является основным идеологом и главным разработчиком Apache Drill.

Компонент Failover Cluster. Входящий в состав ОС Windows Server 2012 компонент отказоустойчивой кластеризации предлагает широкий набор функций для развертывания отказоустойчивого кластера. Графическая консоль диспетчера отказоустойчивой кластеризации так же позволяет осуществлять организацию миграции узлов кластерной системы. Функционал не столь широкий, как у конкурентного решения от HDP.

В ряде случаев у кластерных решений нет альтернативы. Достоинство кластерных решений – достижение высокой готовности и масштабируемости информационных систем, позволяющих, вместе с ростом потребностей, увеличивать вычислительную мощь платформы. Правильный выбор технологии обеспечения отказоустойчивой кластерной системы с её миграцией должен быть продуман и технически обоснован.

В работе осуществлен анализ наиболее популярных платформ для развертывания отказоустойчивой кластерной системы, представляющие наибольший спрос на рынке программного обеспечения по развертыванию отказоустойчивой кластерной системы предприятия. Внедрение решения по развертыванию отказоустойчивой кластерной системы и организации миграции повысит надежность работы приложений, ускорит восстановление после сбоя, упростит администрирование и обслуживание. Уровень использования серверных ресурсов возрастет. Так как виртуальные машины работают в среде гипервизора, они независимы от оборудования, следовательно, их можно без изменений перенести на

сервер с иной аппаратной конфигурацией. Кроме того, гипервизор полностью совместим со всеми ОС, и установка операционной системы в среде гипервизора часто оказывается проще, чем установка непосредственно на «чистую» конфигурацию. Полученные результаты должны стать основой для разработки учебной отказоустойчивой кластерной системы.

Список литературы

1. *Эминов Ф.И.* Информационные технологии управления предприятиями. Казань: Мастер Лайн, 2015. 144 с.

2. *Эминов Ф.И.* Формирование конкурентоспособных специалистов для IT-служб предприятий. Educational Technology & Society 2009. V.12. №1. С. 436-442. ISSN 1436-4522. URL: http://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-konkurentosposobnyh-spetsialistov-dlya-it-sluzhb-predpriyatiy

3. *Эминов Ф.И.* Офисные и промышленные информационные системы сети. Казань: Мастер Лайн, 2016. 346 с.

4. *Борзенко А.И.* Кластеры. Журнал BYTE № 5 (46), май 2009 г. [Электронный ресурс] URL: http://www.computermuseum.ru/technlgy/klaster.htm.

ANALYSIS OF PLATFORMS FOR DEPLOYING A FAILOVER CLUSTER SYSTEM

Shaydullin A.
Supervisors: F. Eminov, candidate of technical sciences, docent
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

There is the analysis of the most popular platforms for the deployment of a failover cluster system for the implementation of server system migration aimed at the failover work of the whole information system of the enterprise. The obtained results should form the basis for the creation of an educational failover cluster system.

УДК 004.932.72

ПОИСК ИЗОБРАЖЕНИЙ ОДЕЖДЫ НА ОСНОВЕ СРАВНЕНИЯ КОНТУРОВ

Шильников К.В.
Научный руководитель: Шлеймович М.П. доцент, к.т.н.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной работе предлагается метод поиска изображений одежды на основе сравнения контуров при помощи инвариантных моментов, позволяющий находить изображения со схожими объектами и не требующий глобального сходства изображений.

Потребность человека в поиске необходимых изображений из какой-либо коллекции существует во многих областях, например, медицина, архитектура, инженерия, мода, графический дизайн, поиск людей и т.д. Так как, графические образы содержат значительное количество информации, было бы удобно иметь автоматизированный метод для индексирования и поиска образов на основе их содержания.

Несмотря на повсеместное использование систем анализа изображений с помощью компьютерного зрения, задача распознавания образов до сих пор не решена в полном объеме. Метод поиска визуальной информации, опирающийся на индексирование ключевых слов, ассоциированных с изображением, является наиболее часто используемым (Yandex и Google используют именно такой метод поиска по картинкам). Такой тип поиска имеет ряд ограничений. Назначение ключевых слов человеком является трудоёмкой задачей. Но, что гораздо хуже, эта задача допускает неоднозначное выполнение. Из-за этого некоторые из найденных изображений могут сильно отличаться от ожиданий пользователя.

Распознавание изображения одежды – сложная задача с теоретической и практической точек зрения. Человек, например, задействует для этого весь комплекс знаний и опыта. Он определяет содержимое изображения из совокупности сигналов органов

чувств, выделяет каждый ключевой объект, характерные признаки, цвет и на основании своих знаний и опыта приходит к выводу о типе и назначении данного вида одежды.

Сегодня не существует абсолютно точного метода определения одежды по изображению. Многие разработанные коммерческие проекты используют свои запатентованные методы и не могут похвастаться идеальным решением задачи. Поэтому, несмотря на то, что существует множество проектов в этой области, задача разработки методов контекстного поиска изображений одежды является актуальной.

Цель данной работы – исследовать возможность использования метода поиска изображений одежды на основе сравнения контуров при помощи инвариантных моментов.

С интуитивной точки зрения форма объекта во многом определяется его границами. На плоском изображении границами являются контуры. Исследования психологов показывают, что мозг человека при распознавании изображений в наибольшей степени опирается именно на контурную информацию.

Самым популярным методом выделения границ является детектор границ Кенни.Хотя работа Кенни была проведена на заре компьютерного зрения (1986), детектор границ Кенни до сих пор является одним из лучших детекторов [1].

Алгоритм состоит из пяти отдельных шагов:

1. Сглаживание;
2. Поиск градиентов;
3. Подавление не-максимумов;
4. Двойная пороговая фильтрация;
5. Трассировка области неоднозначности.

Сравнение контуров – распространённая задача, возникающая, например, при решении проблемы поиска заданного объекта на изображении.

Одной из ключевых проблем при сравнении контуров на двух цифровых изображениях является выбор атрибутов, определяющих индивидуальные особенности контура. При этом можно выделить несколько основных типов признаков: метрические (дли-

на, ширина, угол), аналитические (прямолинейность, кривизна), топологические (вложенность, соседство, пересечение).

В данной работе рассматривается вариант сравнения пары контуров при помощи сравнения их моментов [2].

Момент — это суммарная характеристика контура, рассчитанная интегрированием (суммированием) всех пикселей контура. Пусть задан контур объекта перечислением своих n точек (x_i, y_i). Тогда момент (p,q) определяется как:

$$m_{p,q} = \sum_{i=1}^{n} I(x,y)x^p y^q$$

Здесь p – порядок *x*, q – порядок y, где порядок означает, мощность, на которой соответствующий компонент взят в сумме с другими отображенными. Как правило производится определение моментов порядка не выше третьего.

Таким образом, сравнение двух контуров можно свести к сравнению их моментов.

Однако, моменты, найденные по формуле, приведённой выше, имеют недостатки:

1) они не позволяют сравнить контуры одинаковой формы, но разных размеров, поэтому их, сначала нужно нормализовать;

2) зависят от системы координат, а значит не позволят определить повёрнутую фигуру.

Для устранения этих недостатков используются нормализованные инвариантные моменты. Для их вычисления необходим расчет центральных моментов (*centralmoments*):

$$m_u(p,q) = \sum_{i=1}^{n} I(x,y)(x - X_c)^p (y - Y_c)^q$$

где Xc, Yc–координаты центра масс:

$$X_c = \frac{m_{10}}{m_{00}}, Y_c = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

На основе центральных моментов вычисляются нормализованные центральные моменты (*normalizedcentralmoments*):

$$n_u(p,q) = \frac{m_u(p,q)}{m_{00}^{\frac{p+q}{2}+1}}$$

После этого вычисляются нормализованные инвариантные моменты, (*huinvariantmoments*), которые представляют собой линейные комбинации нормализованных центральных моментов.Идея их применения состоит в том, что комбинируя различные нормализованные центральные моменты возможно создать инвариантное представление контуров, не зависящее от масштаба, вращения и отражения:

hu[0] = nu20 + nu02

hu[1] = $(nu20 - nu02)^2 + (4 \cdot nu11)^2$

hu[2] = $(nu30 - 3 \cdot nu12)^2 + (3 \cdot nu21 - nu03)^2$

hu[3] = $(nu30 + nu12)^2 + (nu21 + nu03)^2$

hu[4] = $(nu30 - 3 \cdot nu12) \cdot (nu30+nu12)[(nu30 + nu12)^2 - 3 \cdot (nu21 + nu03)^2] + (3 \cdot nu21 - nu03)(nu21 + nu03)[3 \cdot (nu30 + nu12)^2 - (nu21 + nu03)^2]$

hu[5] = $(nu20 - nu02)[(nu30 + nu12)^2 - (nu21 + nu03)^2] + 4 \cdot nu11 \cdot (nu30 + nu12) \cdot (nu21 + nu03)$

hu[6] = $(3 \cdot nu21 - nu03)(nu21 + nu03)[3 \cdot (nu30 + nu12)^2 - (nu21 + nu03)^2] - (nu30 - 3 \cdot nu12)(nu21 + nu03)[3 \cdot (nu30 + nu12)^2 - (nu21 + nu03)^2]$

В качестве меры сходства двух изображений (A и B) используется функция:

$$I(A,B) = \sum_{i=1}^{7} \left| m_i^A - m_i^B \right|$$

Где $m_i^A = sign(h_i^A) * log|h_i^A|$

$m_i^B = sign(h_i^B) * log|h_i^B|$

h_i^B и h_i^A - моменты Hu изображений A и B соответственно.

Объекты *A* и *B* тем более похожи друг на друга, чем меньше значение функции I(A, B).

Проверим работу метода инвариантных моментов на следующем примере. Пусть имеется три изображения одежды (Рис. 2). Посчитаем инвариантные моменты каждого контура и сравним их.



1) 2) 3)

Рис. 2. Исходные образы

Т.к. инвариантные моменты позволяют сравнить контуры разных размеров, не зависят от системы координат и позволяют определить повёрнутую фигуру, то логично предположить, что разница моментов первого и второго образа одежды будет меньше, чем между первым и третьим или вторым и третьим. Результаты вычисления инвариантных моментов приведены в таблице 1.

Таблица 1

	1	*2*	*3*
hu[1]	5,65E-03	5,58E-03	5,94E-03
hu[2]	3,07E-06	2,94E-06	7,11E-06
hu[3]	4,89E-09	4,61E-09	7,46E-08
hu[4]	8,47E-10	8,19E-10	6,43E-09
hu[5]	-1,03E-19	-3,78E-19	6,02E-17
hu[6]	1,45E-12	1,40E-12	7,09E-12
hu[7]	-1,72E-18	-1,55E-18	-1,27E-16

Произведем сравнение инвариантных моментов по формуле 1.

$$I_2(A,B) = \sum_{i=1}^{7} \left| m_i^A - m_i^B \right|$$

Где $m_i^A = sign(h_i^A) * log|h_i^A|$; $m_i^B = sign(h_i^B) * log|h_i^B|$

h_i^B и h_i^A - моменты Hu изображений A и B соответственно. Разница между моментами объектов 1 и 2 приведена в таблице 2.

Таблица 2

$\left\|m_1^3 - m_1^4\right\|$	0,004941089
$\left\|m_2^3 - m_2^4\right\|$	0,01829751
$\left\|m_3^3 - m_3^4\right\|$	0,02616508
$\left\|m_4^3 - m_4^4\right\|$	0,014519635
$\left\|m_5^3 - m_5^4\right\|$	0,564511358
$\left\|m_6^3 - m_6^4\right\|$	0,016839141
$\left\|m_7^3 - m_7^4\right\|$	0,046690266
$I(1,2) = \sum_{i=1}^{7} \left\|m_i^3 - m_i^4\right\|$	0,691964

Разница между моментами объектов 2 и 3 приведена в таблице 3.

Таблица 3

$\left\|m_1^6 - m_1^4\right\|$	2,156346463
$\left\|m_2^6 - m_2^4\right\|$	5,558579563
$\left\|m_3^6 - m_3^4\right\|$	9,366479773
$\left\|m_4^6 - m_4^4\right\|$	7,124889032
$\left\|m_5^6 - m_5^4\right\|$	14,81309624
$\left\|m_6^6 - m_6^4\right\|$	15,74846088
$\left\|m_7^6 - m_7^4\right\|$	22,85196592
$I(2,3) = \sum_{i=1}^{7} \left\|m_i^6 - m_i^4\right\|$	3,619818

Разница между моментами объектов 1 и 3 приведена ниже:

$\left\|\mathrm{m}_1^1 - \mathrm{m}_1^5\right\|$	0,026948602
$\left\|\mathrm{m}_2^1 - \mathrm{m}_2^5\right\|$	0,383010379
$\left\|\mathrm{m}_3^1 - \mathrm{m}_3^5\right\|$	1,209405411
$\left\|\mathrm{m}_4^1 - \mathrm{m}_4^5\right\|$	0,895004231
$\left\|\mathrm{m}_5^1 - \mathrm{m}_5^5\right\|$	34,6434352
$\left\|\mathrm{m}_6^1 - \mathrm{m}_6^5\right\|$	0,705670953
$\left\|\mathrm{m}_7^1 - \mathrm{m}_7^5\right\|$	1,916105583
$I(1,3) = \sum_{i=1}^{7} \left\|m_i^1 - m_i^5\right\|$	5,779580

Разница между моментами объектов 1 и 2, а также 3 и 4 не превышает единицы. В свою очередь, разница между объектами 1 и 3, а также 2 и 3 в несколько раз больше. Таким образом наше предположение оправдалось.

Заключение

По результатам проведенного эксперимента можно сказать, что методика поиска изображений на основе сравнения контуров вполне применима для поиска изображений одежды. К достоинствам контурного представления можно отнести значительное уменьшение объема информации, обрабатываемой при сравнении двух или нескольких изображений, за счет того, что контурные точки составляют небольшую часть всех точек на изображении. Также контуры более устойчивы к изменениям освещенности, ракурсным искажениям, они инвариантным к повороту и изменениям масштабов.

Список литературы

1. *Роджерс Д., Адамс Дж.* Математические основы ма- шинной графики. – М.: Машиностроение, 1980. − 240 с.

2. *Dudani S. A., Breeding K. J., McChee R. B.* Aircraft identification by moment invariants. – IEEE transaction on computers, vol. C26, No 1, 1977, pp.39-45.

SEARCH CLOTHES IMAGES ON THE BASIS OF CONTOUR MATCHING

Shilnikov K.
Supervisor: M. Shleimovich, Candidate of Engineering Sciences, Assistant professor
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

In this paper we propose a method of searching for clothing samples for comparing contours with the help of invariant moments, which allow finding images with many objects and not requiring global similarity of images.

УДК 004.93'11

МЕТОД СУПЕР-РАЗРЕШЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Щербаков Д.В.
Научный руководитель: М.П., Шлеймович, к.т.н.
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

В данной статье рассмотрен метод супер-разрешения для повышения разрешения изображений. Проанализированы этапы метода супер-разрешения. Представлено сравнение метода супер-разрешения с интерполяционными методами.

Благодаря современному уровню развития информационных технологий, успешно решается множество задач в области компьютерного зрения, которые ранее считались необрабатываемыми ввиду отсутствия производительного оборудования.

На сегодняшний день существует множество научных и технологических задач, для решения которых требуются изображения с высоким разрешением. Именно такие изображения используются для анализа и обработки в большинстве случаев, так как они позволяют увидеть детали, которые не различимы, или плохо различимы на изображениях с низким разрешением. Поэтому важным этапом обработки цифровых изображений является получение изображения высокого разрешения. Чем выше разрешение изображения, тем больше информации можно получить для дальнейшей обработки.

Простейшим методом повышения разрешающей способности изображений является использование оборудования со светочувствительной матрицей высокого разрешения. Однако использование данного типа оборудования повышает затраты и требует специализированных условий для съемки.

Рост производительности компьютеров в настоящее время позволяет в реальном времени использовать сложные итерационные методы повышения разрешающей способности изображений, в том числе методов супер-разрешения. Методы супер-разрешения

позволяют качественно увеличить разрешение изображения с нужным объектом, используя несколько слабо отличающихся изображений данного объекта в низком качестве.

Распространенными проблемами при увеличении разрешения изображений являются появление искажающих эффектов: алиасинг (ступенчатость контуров объектов на изображении), размытие и эффект Гиббса (ложное оконтуривание, появление ореола около резких границ). Кроме того, источниками искажения могут быть неточности аппаратуры или случайное смещение устройства видеосъемки.

При анализе методов повышения разрешающей способности изображений качество восстановленного изображения определяется степенью отличия его от исходного изображения.

В сравнении с интерполяционными алгоритмами повышения разрешения [1], супер-разрешение использует информацию с последовательности из нескольких изображений. Выходное изображение высокого разрешения, при таком подходе, содержит в себе больше полезной информации, что положительно сказывается на качестве и дальнейшей обработке.

Источником информации для алгоритма супер-разрешения является изображение объекта, который в процессе съемки совершает незначительные движения. Пиксели оборудования съемки имеют ненулевой размер, в результате наблюдаемое значение пикселя соответствует не конкретной точке на реальном изображении, а является усреднением по некоторой окрестности.

Смещение объекта производится, как правило, на нецелое число пикселей, поэтому на разных кадрах усреднение производится по разным окрестностям (Рис. 1.1). Если движение объекта и функция усреднения известны, то для построения высококачественного изображения можно использовать информацию, полученную со всех кадров. В реальной ситуации движение объекта неизвестно и в качестве априорной информации выдвигается предположение о том, что движение в небольшой окрестности точки (в которой вычисляется движение), является плоскопараллельным.

Такой подход повышает точность методов оценки движения объектов и устойчивость к шуму. В случае резкого движения объ-

екта на неподвижном фоне результаты вычисления могут содержать неточности и ошибки [2-3].

В общем случае, формирование высококачественного изображения подразделяется на три последовательных этапа:

1) Регистрация – оценка параметров движения между LR кадрами последовательности. На данном этапе производится сопоставление геометрических преобразований между соседними кадрами и системой координат, в которой фиксируются изображения.

2) Интерполяция – объединение LR изображений между собой, отображение полученного набора на сетку с меньшим шагом и интерполяция промежуточных значений.

3) Восстановление – устранение искажений и артефактов полученного HR изображения.

Задача о супер-разрешении набора изображений ставится в виде задачи минимизации: необходимо найти такое высококачественное изображение, которое в результате уменьшения разрешения и с учётом движения будет давать минимальное суммарное квадратичное отклонение от исходного набора низкокачественных изображений.

Представленную формулировку можно записать в виде уравнения:

$$Az = u, \qquad (1)$$

где A – оператор понижения разрешения, z – искомое высококачественное изображение, u – исходное низкокачественное изображение. Задача (1) является некорректно поставленной, а для решения используются методы, опирающиеся на априорную информацию о наборе исходных изображений. Корректность постановки задачи достигается за счёт добавления различных ограничений.

Для задач повышения разрешения изображений используются нормы L_1 и L_2:

$$\|f\|_1 = \int_0^{R_x} \int_0^{R_y} |f(x,y)| dxdy, \qquad (2)$$

$$\|f\|_2^2 = \int_0^{R_x} \int_0^{R_y} |f(x,y)|^2 dxdy. \qquad (3)$$

Дискретные аналоги норм L_1 и L_2 представляются следующими выражениями:

$$\|z\|_1 = \sum_{i=0}^{N_x} \sum_{j=0}^{N_y} |z_{i,j}|, \quad (4)$$

$$\|z\|_2^2 = \sum_{i=0}^{N_x} \sum_{j=0}^{N_y} |z_{i,j}|^2. \quad (5)$$

Выражение нормы определяется исходя из априорной информации о типе шума низкокачественного изображения. Для импульсного шума обычно используется нома L_1. В случае, если шум имеет характер распределения близкий к гауссовскому, то выбирается норма L_2 [7].

Задача SR формулируется в виде обратной задачи к задаче понижения разрешения. Таким образом, необходимо произвести поиск высококачественного изображения z, располагая информацией о последовательности u^k и операторе движения F_k. Формулировка качественного супер-разрешения основывается на минимизации ошибки:

$$z_R = \underset{z}{\operatorname{argmin}} \sum_{k=1}^{N} \left\| A_k z - u^k \right\|_2^2, \quad (6)$$

где $\|\cdot\|_2^2$ – норма Евклида:

$$\|\cdot\|_e = \sqrt{\sum_{i,j} |a_{i,j}|^2}. \quad (7)$$

Решением задачи будет высококачественное изображение, которое наиболее близко одновременно ко всем изображениям последовательности u^k.

Существует множество оценок, используя которые можно построить высококачественное изображение на базе последовательности низкокачественных изображений. Однако, необходимо выбрать метод оценки, который обещает оптимальную оценку высококачественного кадра, основываясь на наборе предположений о данных и модели шума. В случае если предположения неточно описывают результаты расчётов – точность оценки измерений уменьшается. Кроме того, наличие артефактов, которые существенно различаются с предполагаемой моделью данных, приводят к ошибочной оценке. Метод, который обещает оптимальную оценку для ограниченного класса моделей данных и шума не является эффективным, в случае его обобщения на всё множество классов. Часто, субоптимальные методы оценки, которые менее чувстви-

тельны к моделированию и ошибкам по данным, дают хорошие и стабильные результаты.

Для задач повышения разрешения изображений используются стабилизаторы. Для повышения точности информации о полной вариации изображения используется функционал билатеральной полной вариации [4]:

$$\|z\|_{BTV} = h\sum_{s,t=-p}^{p}\left(\gamma_{s,t}\sum_{i,j}\left|z_{i+s,j+t} - z_{i,j}\right|\right), \quad (8)$$

где p – оператор ограничения количества направлений. С увеличением значения p возрастает точность работы алгоритма, но повышается и его вычислительная сложность. Параметр $Y_{s,t}$ отвечает за веса для каждого из направлений. *BTV* функционал производит вычисление взвешенной суммы разностных производных на изображении *z*.

Рассмотрим этапы алгоритма супер-разрешения.

1 этап. Вычисление уровня искажений при сжатии изображений (*PSNR*) с помощью среднеквадратического отклонения (*MSE*) – рассчитывается соотношение между изображением-эталоном и зашумленным изображением, полученным с помощью линейной интерполяции. Уровень искажения измеряется в децибелах. В случае использования среднеквадратичного отклонения, оба изображения переводятся в монохромное пространство цветов. *MSE* определяется по следующей формуле:

$$MSE = \frac{1}{mn}\sum_{i=0}^{m-1}\sum_{j=0}^{n-1}|I(i,j) - K(i,j)|^2 \quad (9)$$

где *I* и *K* – монохромные изображения размера *m* на *n*.

PSNR определяет следующим образом:

$$PSNR = 10log_{10}\left(\frac{MAX_I^2}{MSE}\right) \quad (10)$$

где MAX_I – это максимальное значение, принимаемое пикселем изображения. Если пиксели имеют разрядность *8* бит, то $MAX_I = 255$. Типичные значения *PSNR* для сжатия изображений лежат в пределах от *30* до *40* дБ [5].

2 этап. Конвертация матрицы зашумленного изображения в одномерный вектор. Этот этап служит для упрощения обработки изображений в дальнейшем.

3 этап. Применение регуляризации. Регуляризация сводит некорректно поставленную задачу к корректной за счет ввода до-

полнительных ограничений. В данной работе применяется стабилизатор двунаправленной полной вариации (см. формула 8). Благодаря регуляризации, после каждой итерации на изображении сохраняются резкие границы, что отличает данный алгоритм от других методов супер-разрешения.

4 этап. Ухудшение текущего оценочного изображения. Происходит разреживание матрицы. «Разреженный» значит, что хранятся только ненулевые элементы (хотя в результате пользовательских операций над разреженной матрицей, некоторые ее элементы на самом деле могут и обнулиться). Ненулевые элементы хранятся в хеш-таблице.

5 этап. Сравнение ухудшенного и входного изображений. Применение выбранной нормы. В данной работе применяются нормы L_1 или L_2 (см. формулы 2-5).

6 этап. Снова применяется разреживание матрицы для размытия сложенного вектора с транспонированной матрицей.

7 этап. Добавление разностного вектора, объединение изображений малого разрешения и добавление гладкости.

8 этап. Переход к следующей итерации (этап 3). После выполнения всех итераций переход к этапу 9.

9 этап. Конвертация полученного одномерного массива в матрицу изображения и сохранение конечного изображения.

На Рис. 2 представлен результат увеличения изображения (Рис. 1) в 4 раза работы методов: 1 – супер-разрешение; 2 – интерполяция методом ближайшего соседа; 3 – билинейная интерполяция; 4 – бикубическая интерполяция;



Рис. 1. Исходное изображение

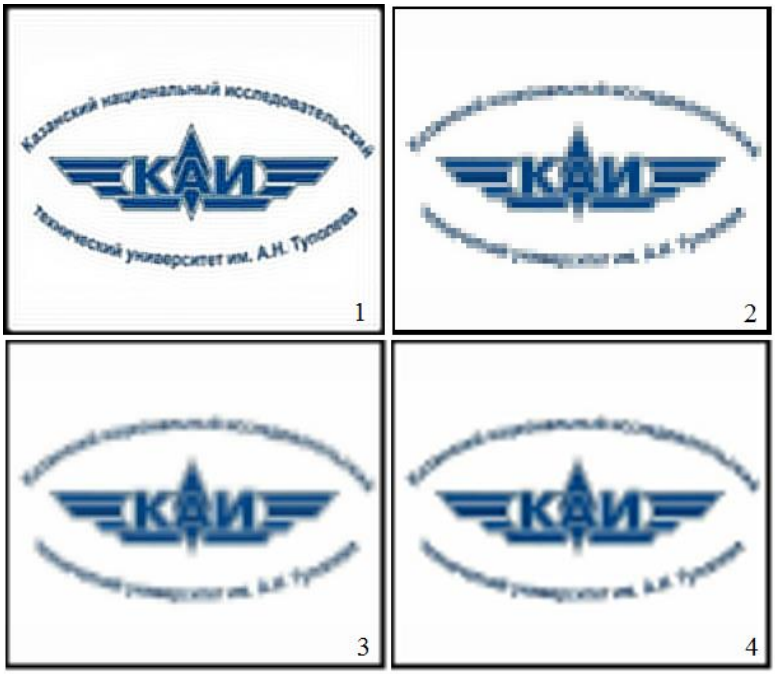


Рис. 2. Результат работы методов повышения разрешения изображения

Таким образом, качество изображений, обработанных методом супер-разрешения, значительно выше, по сравнению с интерполяционными методами.

Список литературы

1. Интерполяция цифрового изображения // Учебник цифровой фотографии. Cambridge in colour [Электронный ресурс]. // Режим доступа: URL: http://www.cambridgeincolour.com/ru/tutorials/image-interpolation.htm.

2. Super Resolution for Multimedia, Image, and Video Processing Applications / K. Malczewski, R. Stasinski / Recent Advances in Multimedia Signal Processing and Communications, Vol. 231, 2009, pp. 171–208.

3. Super-Resolution from Image Sequences — A Review / S. Borman, R.L. Stevenson / Midwest Symposium on Circuits and Systems, 1998, pp. 374–378.

4. Fast and Robust Multiframe Super Resolution / Sina Farsiu, M. Dirk Robinson, Michael Elad, Peyman Milanfar / IEEE transactions on image processing – vol. 13, no. 10 – 2004.

5. https://ru.wikipedia.org/wiki/Пиковое_отношение_сигнала_к_шуму.

THE METHOD OF SUPER-RESOLUTION IN THE PROBLEM OF RESOLUTION ENHANCEMENT OF IMAGES

Shcherbakov D.
Supervisor: M. Shleimovich, Candidate of Technical Sciences
(Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev, Kazan)

This article describes the method of super-resolution to enhance image resolution. Analyzed the stages of the method of super-resolution. Provides a comparison of the method of super-resolution interpolation methods.

УДК 62-503.51

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДВЕСКОЙ АВТОМОБИЛЯ[1]

Юмашев А.Ю.
Научный руководитель: А.И. Маликов, д.т.н., профессор
(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань)

Система автоматического управления автомобильной подвеской предназначена для регулирования отклонений на неровностях дорожного покрытия и при маневрах, для обеспечения комфорта и безопасности при движении.

Математическая модель динамики автомобильной подвески. При описании подвески одного колеса (рис.1), для системы активного управления, наиболее популярной считается модель с двумя степенями свободы. В данном случае регулятор может изменять динамику системы путем управления исполняющим механизмом. Элементами данной модели являются: автомобильное шасси массой m_b, колесный узел m_w, коэффициенты упругости пружины k_s и амортизатора b_s. Пружина k_t является сжимаемой пневматической шиной. Переменные x_b, x_w и r – это коэффициенты перемещение кузова автомобиля, колес, а также неровности дороги, соответственно. Сила f_s, которая создается между кузовом и колесом, управляется посредством обратной связи. Она представляет собой активный компонент системы.

[1] **Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительством Республики Татарстан (проект 17-41-160814 р_а).**

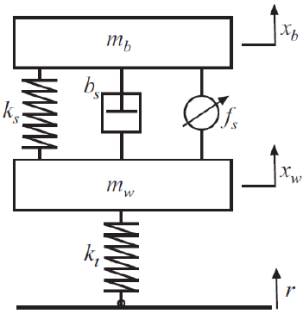


Рис. 1. Система активного управления подвески для одного колеса

Следующие уравнения в пространства состояний описывают динамику одного из 4-х колес автомобиля [1]:

$$\dot{x}_1 = x_2,$$

$$\dot{x}_2 = -\frac{1}{m_b}\left[k_s(x_1 - x_3) + \varphi(x_1 - x_3) + b_s(x_2 - x_4) - f_s\right] - w_1,$$

$$\dot{x}_3 = x_4,$$

$$\dot{x}_4 = \frac{1}{m_w}\left[k_s(x_1 - x_3) + \varphi(x_1 - x_3) + b_s(x_2 - x_4) - k_t(x_3 - r) - f_s\right] - w_2$$

Численные значения параметров [1]:

$$m_b = 300kg, m_w = 60kg,$$

$$b_s = 1000N/m/s, k_s = 16000N/m, k_t = 190000N/m$$

Модель рассматриваемой системы представляется в виде:

$$\dot{x} = A(t)x + B_1(t)u(t) + D_1(t)w + \Phi(t)\varphi(t,x),$$

$$y = C_y(t)x + B_2u(t) + D_2(t)w,$$

где переменные состояния системы определяются как:

$$x = \left(x_1 = x_b \quad x_2 = \dot{x}_b \quad x_3 = x_w \quad x_4 = \dot{x}_w\right)^T,$$ и

$$A=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\frac{k_s}{m_b} & -\frac{b_s}{m_b} & \frac{k_s}{m_b} & \frac{b_s}{m_b} \\ 0 & 0 & 0 & \\ \frac{k_s}{m_w} & \frac{b_s}{m_w} & -\frac{k_s+k_t}{m_w} & -\frac{b_s}{m_w} \end{bmatrix},\ B_1^T=\begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{m_b} & 0 & -\frac{1}{m_w} \end{bmatrix}*1000,$$

$$C_y=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix},\ D_1^T=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \frac{k_t}{m_w} \end{bmatrix}/40,\ D_2=\begin{bmatrix} 0{,}02 & 0 \\ 0 & 0{,}02 \end{bmatrix},\ \Phi^T=\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$C_f=\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Постановка задачи. Требуется синтезировать регулятор, который будет обеспечивать подавление влияния возмущений на колебания кузова. Для реализации управления в виде обратной связи по состоянию требуется также синтезировать наблюдатель. Далее необходимо проверить работоспособность полученного регулятора на основе с использованием полученных математических решений, получить переходные процессы системы при использовании регуляторов.

Результаты моделирования. На рис. 2 показан переходный процесс в системе без регулятора.

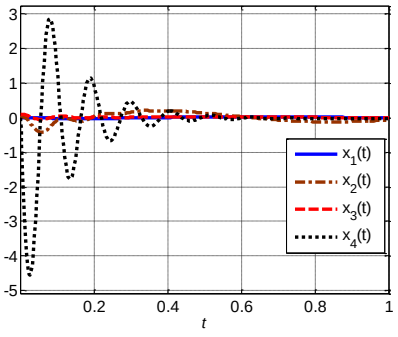


Рис. 2. Переходный процесс в системе без регулятора

На основе теоремы 1 с помощью разработанной программы в пакете MatLab был получен регулятор в виде обратной связи по состоянию $u = Kx$ с матрицей

$$K = \begin{bmatrix} -56.9947 & -7.6888 & 171.9057 & 2.0850 \end{bmatrix}.$$

Регулятор обеспечивает минимум следу матрицы эллипсоида, ограничивающего состояние. Переходный процесс в системе с полученным регулятором изображен на рисунке 3. Время переходного процесса в 2 раза меньше, чем без регулятора.

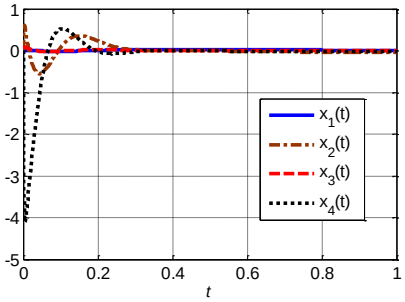


Рис. 3. Переходный процесс в системе с регулятором из условия минимума следа матрицы эллипсоида, ограничивающего состояние

Также был получен регулятор с матрицей $K = \begin{bmatrix} -0.5025 & -0.062 & 0.8683 & 0.068 \end{bmatrix}$ из условия максимума следа матрицы эллипсоида, принадлежащего области притяжения. Переходный процесс в системе с регулятором показан на рис. 4.

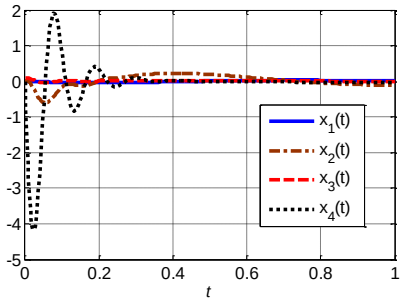


Рис. 4. Переходный процесс в системе с регулятором обеспечивающим максимальную оценку области притяжения

На основе теоремы 2, путем решения задачи минимизации TrQ при ограничениях (10), (12) был получен наблюдатель состояния с матрицей

$$L = \begin{bmatrix} 3.2586 & 2.8500 \\ 3.7352 & -19.1004 \\ 0.4085 & -5.4147 \\ -37.1297 & -38.8087 \end{bmatrix}$$

Наблюдатель производит оценку вектора состояния $x(t)$ в каждый момент времени t. Управление берется в виде обратной связи по состоянию наблюдателя. На рис. 5 представлен переходный процесс в системе с регулятором по состоянию наблюдателя из условия минимума следа матрицы эллипсоида, ограничивающего состояние.

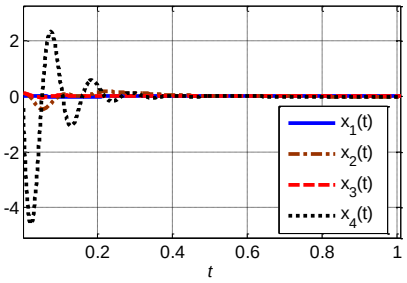


Рис. 5. Переходный процесс в системе с регулятором по состоянию наблюдателя

Переходный процесс по координате x_1 в системе с регулятором по состоянию наблюдателя при действии возмущения $w(t) = 0.2(\sin(3t) + \cos(2t))$ представлен на рис. 6.

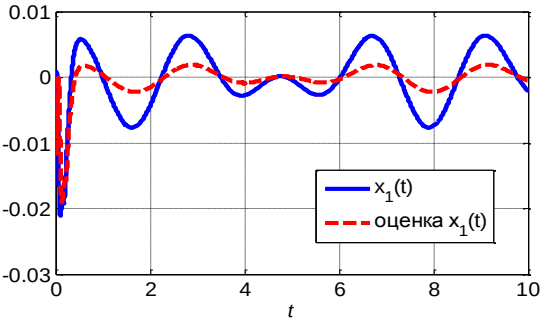


Рис. 6. График перемещения кузова в системе с регулятором в виде обратной связи по состоянию наблюдателя

Из рис. 6 можно видеть, что перемещения кузова составляют менее 0.01 м. Таким образом, регулятор по состоянию наблюдателя обеспечивает регулирование с требуемой точностью при действии возмущения

Список литературы

1. Guido P. A. Koch. Adaptive Control of Mechatronic Vehicle Suspension Systems // die Fakultät für Maschinenwesen, 2011, C. 10-13.

2. *Маликов А.И.* Оценивание состояния и стабилизация непрерывных систем с неопределенными нелинейностями и возмущениями //Автоматика и телемеханика, 2016, №5. С. 19–36.

3. *Маликов А.И.* Управление на конечном интервале нелинейных систем одного класса с H_∞-критерием качества // Известия ран. Теория и системы управления. 2017. № 3. С. 12-33.

AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF VEHICLE SUSPENSION

Iumashev A.
Supervisor: A. Malikov, Doctor of Technical Sciences, professor
(Kazan National Research Technical
University named after A.N. Tupolev - KAI, Kazan)

The automatic control system of vehicle suspension is designed to regulate deviations of the road roughness and during maneuvers, to provide driver comfort and safety.

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ 4. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ 3

ПОДСЕКЦИЯ 4.1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ.....4

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕВОЖНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ АКУШЕРСКОГО МОНИТОРА НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ОБРАБОТКИ ПЕРВИЧНЫХ ИНФОРМАТИВНЫХ СИГНАЛОВ
Абдрахимова Д.Р. 5

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕКТОРА ВЕТРА НА СТОЯНКЕ ВЕРТОЛЕТА
Арискин Е.О., Глушкова Н.В. 11

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ НА БОРТУ ВОЗДУШНОГО СУДНА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ВЕКТОРА ВЕТРА
Арискин Е.О., Лисин Р.А., Миннебаев М.Р. 18

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ МАССОВОГО РАСХОДА И КОЛИЧЕСТВА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ
Бахтиозин Р.Р., Кораблев А.М. 24

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДЛЯ ТУРБИННОГО РАСХОДОМЕРА
Кораблев А.М., Бахтиозин Р.Р. 29

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕФТЯНЫХ МАСЕЛ В БАКАХ ТРАНСФОРМАТОРОВ.
Борминский С.А., Паршина А.В., Пирогова А.А. 32

УСТРОЙСТВО ОЦЕНКИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ РАССТРОЙСТВ
Васильева Е.В. 39

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЕКТОРА ВЕТРА НА СТАРТОВЫХ И ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ РЕЖИМАХ ВЕРТОЛЕТА
Габитова Д.М., Дементьев Ю.Н. 44

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ БИОПОТЕНЦИАЛОВ МЫШЦ
Казакова М.В. 50

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОКВАРТИРНОГО ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ
Карпов К.А. 56

КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ СЧЕТЧИКА ТЕПЛА
Карпов К.А. 59

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ ОБНУЛЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕШЕХОДНОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ КРЕПЛЕНИЯ БЛОКА ДАТЧИКОВ ПЕРВИЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ
Купоросова Е.С. 62

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ СОСТАВА, ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ
Майоров А.А., Сафиуллин Р.Р., Назаров А.И. 68

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ПОРТАТИВНОЙ МЕТЕОСТАНЦИИ ДЛЯ НУЖД СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
Майоров А.А., Сафиуллин Р.Р., Назаров А.И. 71

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСХОДОМЕТРИЧЕСКОГО КАНАЛА УРОФЛОУМЕТРА
Миннуллина А.М. 74

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ И УГЛА НАПРАВЛЕНИЯ ВЕТРА, ДРУГИХ ВЫСОТНО-СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА СТОЯНКЕ, СТАРТОВЫХ И ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ РЕЖИМАХ ВЕРТОЛЕТА
Никитин А.В. 80

ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТРОМБОЭМБОЛИИ
Рыжова Э.А. 86

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ВЕРТОЛЕТОВ С КОМБИНИРОВАННЫМИ СИЛОВЫМИ УСТАНОВКАМИ
Хисматуллин Х.И., Архипов С.А. 91

АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРИБОРА КОНТРОЛЯ СТЕПЕНИ ИЗНОСА ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ
Штейнфельд М.П. 94

ПОДСЕКЦИЯ 4.2. УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ 98

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PID CONTROLLER AND FUZZY LOGIC CONTROLLER FOR CONTROLLING THE SPEED OF A DC MOTOR
Bikmurzin A. 99

СТАБИЛИЗАЦИЯ ПРОДОЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ САМОЛЕТА В СКОЛЬЗЯЩЕМ РЕЖИМЕ НЕ ИНВАРИАНТНОМ К ВОЗМУЩЕНИЯМ
Богданов С.О., Султанова А.Ф. 105

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АКСИАЛЬНОГО РЕГУЛИРУЕМОГО ДЕЛИТЕЛЯ ПОТОКА
Болдырев А.В., Карелин Д.Л., Мулюкин В.Л. 112

СИНТЕЗ КОМБИНИРОВАННОГО ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО КАНАЛА БЛА МУЛЬТИКОПТЕРНОГО ТИПА
Виноградов С.С.....118

К ЭФФЕКТИВНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ОБОРОТОВ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА
Гатауллина Л.А., Каратаева М.В.....124

РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ УГЛОМ КРЕНА И КУРСОМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА РАЗНЫХ ВЫСОТАХ
Кабирова А.Н., Нургалиев Р.Р.....131

К УПРАВЛЕНИЮ МНОГОРАЗОВЫМ КОСМИЧЕСКИМ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ ОТ СХОДА С ОРБИТЫ ДО ПРИЗЕМЛЕНИЯ
Калимуллин Р.Ф., Туктаров Э.А. 138

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАДАЧ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ
Ковалева А.В. 145

РАЗРАБОТКА ЗАКОНОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ ВЕРТОЛЁТНОГО ТИПА ПРИ ОБЛЁТЕ ПРЕПЯТСТВИЙ В ЗОНЕ НЕВИДИМОСТИ
Коныk Д.А., Ломакин А.Ю., Кильдияров А.А. 149

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВОМ ДЛЯ МАНИПУЛИРОВАНИЯ ГИБКИМ КОНТЕЙНЕРОМ ПРИ НАПОЛНЕНИИ СЫПУЧИМ МАТЕРИАЛОМ.
Мушкин О.В., Лапиков М.А.....152

ВЛИЯНИЕ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ НА МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСХОДОМЕРОВ СЧЕТЧИКОВ ВОДЫ
Петрова Я.С.....160

ПОДСЕКЦИЯ 4.3. ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ 165

РАЗРАБОТКА ОПТИЧЕСКОГО ТРАНСОРМАТОРА ТОКА НА БАЗЕ ЯЧЕЙКИ ФАРАДЕЯ
Бакшаев М.К. 166

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЙ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВИБРАЦИЙ НА ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ
Богачев Э.А. 172

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСИРОВАННОГО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ
Бурдинов К.А., Гайнулов Е.Р. 176

СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРАБЕЛЬНОГО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА ПО КУРСУ
Галиев Э.Х.....183

СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ МОРСКОГО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА, УПРАВЛЯЕМОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ ГИРОСКОПОМ ПО УГЛУ МЕСТА.
Гилязов А.И. 189

ОСОБЕННОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОЛЛИМИРУЮЩЕГО ОБЪЕКТИВА ТИПА «πSHAPER» ДЛЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛУЧЕВОЙ СТОЙКОСТИ ДИФРАКЦИОННЫХ РЕШЁТОК
Коренной К.С. 195

ОПТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА СПЕКЛОГРАММ ПРИ ДЕФЕКТОСКОПИИ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ
Левкович А.Д. 201

АФОКАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, СОСТАВЛЕННЫЕ ИЗ ТРЕХ ЗЕРКАЛЬНЫХ ВНЕОСЕВЫХ ПАРАБОЛОИДОВ
Марчик В.А., Пероса Лаура 204

ЦИФРОВОЙ БЛОК ИНДИКАЦИИ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ
Михайлов Р.А. 210

СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА МОРСКОГО БАЗИРОВАНИЯ, УПРАВЛЯЕМОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ ГИРОСКОПОМ ПО КУРСУ
Салахов Р.Н. 216

ПОЛУЧЕНИЕ МУЛЬТИПЛЕКСНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ГОЛОГРАММЕ
Сафина Д.М., Киямутдинова Д.Р. 222

ПОЛЯРИМЕТР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСТОЯННОЙ ВЕРДЕ ПРОЗРАЧНЫХ ВЕЩЕСТВ
Фаттахова М.В. 226

ПОДСЕКЦИЯ 4.4. СТАНДАРТИЗАЦИЯ, МЕТРОЛОГИЯ И МЕНЕДЖМЕНТ КАЧЕСТВА
В АВИА- И МАШИНОСТРОЕНИИ.....233

АНАЛИЗ И ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОСОДЕРЖАНИЯ
В МНОГОФАЗНЫХ ПОТОКАХ
Борисова О.К.....234

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВА В РОССИИ
Гнусарева А.А. 240

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУР ГАЗОВОГО ПОТОКА,
ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В ИЗДЕЛИЯХ
АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ
Киселева А.А., Гулькова А.А. 244

ДАТЧИК КОНТРОЛЯ ПОКОЯ ОХРАНЯЕМОГО ОБЪЕКТА
НА ФИЗИЧЕСКОМ ЭФФЕКТЕ ДИНАМИЧЕСКОГО
КОНТАКТИРОВАНИЯ
Кошелева Е.С., Кораблева А.В., Луканина Е.И.....251

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ
ПОКОЯ ОБЪЕКТА
Кошелева Е.С., Кораблева А.В., Луканина Е.И.....257

РАСЧЕТ ДАВЛЕНИЯ ЖИДКОСТИ В ВЫХОДНЫХ
КАНАЛАХ ПУЛЬСАТОРА РАСХОДА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА MATHCAD
Мазитова К.Д., Мингалимова Р.Р. 261

ВЫБОР ЧИСЛА ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ЗАДАННОЙ
ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ
Салахутдинова Г.В. 266

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ КРИВОЙ ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ АВИАЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ ТЕМПЕРАТУРЫ ГАЗОВ
Сафина И.А., Алёшина Д.А. 269

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ
Смоленцева А.С. 275

ОЦЕНКА И АНАЛИЗ РИСКОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ВНУТРЕННЕГО АУДИТА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА
Хуснуллина К.П., Фёдорова Э.Ю. 281

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЪЕМА ВЫБОРКИ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ИЗДЕЛИЙ
Фёдорова Э.Ю., Хуснуллина К.П., Ирган В.Д. 287

ПОДСЕКЦИЯ 4.5. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ НАЗЕМНЫХ И ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ.....293

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛЕГКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ВМЕСТИМОСТЬЮ ОТ 2 ДО 6 ЧЕЛОВЕК
Алибек К. 294

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
Ахмеров Р.И. 298

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ РЕГИОНАЛЬНОЙ АВИАЦИИ
Выонг З.Х. 305

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЁТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И РЕГЛАМЕНТИРУЮЩЕЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НЕФТЕПРОМЫСЛОВ
Гатауллин Р.Р. 310

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ПРИ ПРЯМОМ УДАРЕ МОЛНИИ В КАБИНУ АВТОМОБИЛЯ «КАМАЗ»
Гильфанов Н.К. 316

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ УСТРОЙСТВ
Загидуллин Р.Р. 320

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ КАК СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ
Иванов Д.Ю., Соколова А.Ф. 324

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ МОДЕЛИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Иванов Д.Ю., Соколова А.Ф. 330

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ E3.SERIES
Игнатьев А.П., Кузьминых Н.М. 336

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ГОЛОВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА
Камалов Р.Р. Загидуллин Р.Р. 340

СИСТЕМЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Кочкарова Л.М., Шушакова А.А. 346

ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДРОССЕЛЬНОЙ ЗАСЛОНКОЙ ВОЗДУШНОГО КАНАЛА
Кугергин В.В., Миннебаев М.Р. 350

КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ КОМФОРТА БЕСПИЛОТНОГО АВТОБУСА. СИСТЕМЫ КОМФОРТНОГО ОСВЕЩЕНИЯ САЛОНА БЕСПИЛОТНОГО АВТОБУСА БИЗНЕС КЛАССА
Мухаметшин Э.М. 354

ЗАПОЛНЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ E3.SERIES ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ
Насыпов А.И., Никоноров Д.А. 360

СТАТИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК АЭРОДРОМНОГО ПИТАНИЯ НА БАЗЕ МАТРИЧНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ 50/400 Гц.
Нигаматзянов Р.А. 364

ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА
Низамов Р.А. 370

СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ
Тихонов Я.С. 375

АЛГОРИТМ РАБОТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗАПУСКА С ФУНКЦИЕЙ АВТОЗАПУСКА ДВС БЕСПИЛОТНОГО ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ
Умутбаев Р.Р. 378

СТАТИЧЕСКИЙ АЭРОДРОМНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ
Черных Д.А., Петрухин О.М. 383

АПРОБАЦИЯ ПРОГРАММЫ АНАЛИЗА РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
Шатский А.П. 389

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ СКОРОСТИ БЕСПИЛОТНОГО ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ
Шигапов Р.Р. 399

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА НЕЗАВИСИМОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ
Шушакова А.А., Кочкарова Л.М. 403

СЕКЦИЯ 5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ 407

ПОДСЕКЦИЯ 5.1. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....408

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАНАРНОГО ТРАНСФОРМАТОРА
Алексеев А.В. 409

АНАЛИЗ И СИНТЕЗ РАЗМЕЩЕНИЯ АНТЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С УЧЕТОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВЗАИМОВЛИЯНИЙ
Байтемиров Э.Д. 415

СИНТЕЗ СТРУКТУРЫ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ МОЛНИЕСТОЙКОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА
Блинова К.П. 420

ВНЕДРЕНИЕ PDM-СИСТЕМЫ (TEAMCENTER). АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА
Васильева И.В. 424

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ
В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ CST MICROWAVE STUDIO
Голубович Д.А. 430

РАЗМЕЩЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО БОРТОВОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ВО ВНУТРИФЮЗЕЛЯЖНОМ
ПРОСТРАНСТВЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО
АППАРАТА НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИОННОГО АЛГОРИТМА
Исмагилов Р.Н. 434

ИСПЫТАНИЯ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ИНТЕРФЕЙСОВ
БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ
КОНДУКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ
Касс Д.Р. 440

ТРАССИРОВКА МЕЖСОЕДИНЕНИЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ
ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ, НА ОСНОВЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО
МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА
Латыпов И.Р. 444

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТА
ИНСТРУМЕНТА МАШИН ЛИСТОВОЙ РЕЗКИ С ЧПУ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ API T-FLEX CAD
Шипачева Е.Н. 449

ПОДСЕКЦИЯ 5.2. ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА
И ИНФОРМАТИКА.....455

ВЫВОД ТИПОВ В ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ C++
Абдуллов Т.С. 456

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РАБОТЫ КЛАССИФИКАТОРОВ
В ЗАДАЧАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ
Агафонова Р.Р., Габдуллин И.М, Мингалев А.В. 462

МИНИМИЗАЦИЯ ГЛАДКОЙ ФУНКЦИИ НА ГРАНИЦЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ДВУХ ОБОБЩЕННЫХ СЕГМЕНТОВ СФЕРЫ
Александров А.А. 470

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Александров И.П. 477

РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА УСЛОВНОГО ГРАДИЕНТА ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ЗАДАЧ С ПРЕДВЫПУКЛЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ.
Валиев И.И. 482

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОНЛАЙН ОБУЧЕНИЯ МЕТОДАМ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ
Гавриков А.С., Мещеряков А.М., Мутигуллин А.В.....489

RECOGNITION OF MONOCHROME IMAGES USING NON – CLASSIC NEURAL NETWORK: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES
Garaeva A. 494

ЛОКАЛИЗАЦИЯ И АДАПТАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ Math-Bridge В ЭЛЕКТРОННУЮ СРЕДУ УНИВЕРСИТЕТА
Давлетшин Д.Р. 499

ОДНО СВОЙСТВО ФРАКТОВЫПУКЛЫХ МНОЖЕСТВ В S2(S^2)
Кондратьев В.В. 503

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ
Кузьмин И.А. 507

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПИЛОТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОГНИТИВНЫХ СРЕДСТВ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
Кузьмин И.А. 513

СРАВНЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ БОЛЬШИХ И МАЛЫХ ОТКРЫТЫХ ВОДОЁМОВ
Макарова Т.П. 518

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА КОМПЬЮТЕРНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ КУРСА ТЕОРИЯ ИГР И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ
Мингулов К.А. 524

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА ОГРАНИЧЕНИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ СЕМЕЙСТВА ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ
Михненко Н.К. 530

ПОЛИНОМИАЛЬНАЯ ФОРМУЛА: ЕЁ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЁННЫХ ВИДОВ МНОГОЧЛЕНОВ И ОБЛАСТЬ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ
Павлова А.А. 537

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРЕТИКО-МНОЖЕСТВЕННОГО ПОДХОДА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
Попельнюк И.А. 543

СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА ВЕРХНИХ ЧАСТОТМЕТОДОМ БИЛИНЕЙНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
Романов В.В., Шебалов Д.И. 549

СИНТЕЗ ЦИФРОВОГО ФИЛЬТРА МЕТОДОМ БИЛИНЕЙНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ
Романов В.В., Шебалов Д.И. 553

РАЗРАБОТКА КОНТЕНТА ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕГО КУРСА ПО ТЕМЕ «ЗАДАЧА О РАНЦЕ»
Саитов И.А. 557

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ КОАГУЛЯЦИИ ЧАСТИЦ В ДВУХФАЗНОМ ПОЛИДИСПЕРСНОМ ПОТОКЕ
Тукмаков Д.А., Тукмакова Н.А. 562

СОЗДАНИЕ АНДРОИД ПРИЛОЖЕНИЯ СРЕДСТВАМИ WEB-ИНСТРУМЕНТОВ
Хайдаров И.И., Бадыков И.В. 567

АЛГОРИТМ ОЦЕНИВАНИЯ -ПОСТОЯННОЙ ЛИПШИЦА НЕПРЕРЫВНОЙ НА ОТРЕЗКЕ ФУНКЦИИ
Чернышевский П.А. 573

ПОЛУЧЕНИЕ УРАВНЕНИЙ СЛОЖНЫХ ФУНКЦИЙ МЕТОДОМ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПО MICROSOFT EXCEL И РАБОТА С НИМИ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK
Черняховский В.А. 580

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ ПО РАСЧЁТУ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА ВЫСОКОГО УРОВНЯ
Шафигуллин И.Д. 586

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ СКВАЖИНЫ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО СИГНАЛА ПЛАСТА
Щеглова Е.П. 590

РАЗРАБОТКА КОНТЕНТА ОБУЧАЮЩЕГО КУРСА ПО ТЕМЕ «МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В «ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ»
Якупов Р.Р. 595

О ПРИБЛИЖЕННОМ РЕШЕНИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ ПРАВОЙ ЧАСТЬЮ
Яруллин А.А. 599

ПОДСЕКЦИЯ 5.3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ.....603

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В СФЕРЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ОБЩЕГО ИМУЩЕСТВА
Андриянова О.В. 604

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА КОНТУРНОГО АНАЛИЗА
Андриянова О.В. 607

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ СОРТИРОВКИ И ОТБОРА ВТОРИЧНЫХ ЛИСТОВ МЕТАЛЛА
Белозеров М.И. 614

К ПРОБЛЕМЕ СЕГМЕНТАЦИИ В СИСТЕМАХ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПО РАДУЖНОЙ ОБОЛОЧКЕ ГЛАЗА
Валиуллин Д.Р. 619

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ
Вдовин П.С., Щукина О.О. 623

ПОВЫШЕНИЕ ОПЕРАТИВНОСТИ ОБРАБОТКОЙ БАНКОВСКИХ СООБЩЕНИЙ
Вишняков А.В. 630

СПОСОБ РАСПОЗНАВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ТЕСТ-ОБЪЕКТОВ НА ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ С СУБПИКСЕЛЬНОЙ ТОЧНОСТЬЮ
Габдуллин И.М., Агафонова Р.Р., Мингалев А.В. 634

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СЧИТЫВАНИЯ УГЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ РЕФРАКТОМЕТРА
Гаврилов А.Б. 639

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ ДИСПЕРСИИ РЕФРАКТОМЕТРА
Гаврилов А.Б. 643

НЕЧЕТКИЕ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ПОРОКОВ СЕРДЦА
Ганиева Г.А. 646

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ МЕТОДОМ АНАЛИЗА АССОЦИАТИВНЫХ ПРАВИЛ
Гараева А.Р. 653

РАСПОЗНАВАНИЕ ЛЮДЕЙ В ВИДЕОПОТОКЕ ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОСЕТИ
Герасимов Н.В., Медведев М.В. 659

КЛАССИФИКАЦИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПОРОД В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЕ DEDUCTOR
Гибадуллин А.Р. 664

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ КАРТ ПОТОКА СОЗДАНИЯ ЦЕННОСТИ
Гиниятова З.Ф. 670

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВА АВТОМОБИЛЕЙ, ПРОЕЗЖАЮЩИХ ЧЕРЕЗ ОЖИВЛЕННЫЙ ПЕРЕКРЕСТОК
Глазов А.В. 676

СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «АВИАКОМПАНИЯ»
Григорьева И.А. 682

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МАСТЕРСКОЙ ПО РЕМОНТУ КОМПЬЮТЕРОВ
Демкин Д.В. 684

РАСПОЗНАВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ НОМЕРОВ
Егоров А.И. 688

КОНТЕКСТНЫЙ ПОИСК ИЗОБРАЖЕНИЙ
Емельянов С.А. 694

РАЗРАБОТКА УЛУЧШЕННОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОИСКА ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО БАЗЕ ДАННЫХ
Жукова К.С. 700

РАЗРАБОТКА ИНТЕРНЕТ-ПРИЛОЖЕНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО МАРКЕТИНГА НА ОСНОВЕ ОТКРЫТЫХ ДАННЫХ
Жукова С.А., Пинаев А.Ю. 706

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ
Заляева А.Р. 712

ПРИМЕНЕНИЕ НАИВНОГО БАЙЕСОВСКОГО КЛАССИФИКАТОРА В ОБРАБОТКЕ ТЕКСТОВ
Зиннатуллин А.Ф. 718

МЕТОД И АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА
Зиннатуллин А.Ф. 723

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПОСТУПЛЕНИЙ ТОВАРА
Иванова С.В. 727

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ В СФЕРЕ ТОРГОВЛИ
Иванова С.В. 731

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АКТИВНОГО ГАШЕНИЯ ШУМА В ТРУБОПРОВОДЕ
Иволга Д.В., Макаров А.С. 735

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА АНАЛИТИЧЕСКОГО ОБЛАЧНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ
Ильина Т.В., Девятков Т.В. 741

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ МЕТОДАМ КОММУТАЦИИ В IP-СЕТЯХ
Исхаков А.Р. 747

МЕТОДЫ СЖАТИЯ РАСТРОВЫХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
Каримов А.И. 752

МОДЕЛЬ ОБУЧАЕМОГО
Каримова В.М., Мусина З.И., Захарова З.Х. 760

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ КОНТУРА
Касимов А.Э. 766

РАСПОЗНАВАНИЕ СИМВОЛОВ ЯПОНСКОГО ЯЗЫКА НА МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ
Костин В.Д. 771

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА, ФУНКЦИОНИРУЮЩЕГО В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
Куличенко Н.С. 776

ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ЭС ДЛЯ ВЫБОРА ЭЛЕКТРОННОГО ПОЛЕТНОГО ПЛАНШЕТА ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ EFB ДЛЯ ЛЕТНОГО ЭКИПАЖА ВОЗДУШНОГО СУДНА
Марценюк Е.А., Мельничук А.В. 781

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ШАБЛОНОВ СОВМЕСТНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ, СКОНСТРУИРОВАННЫЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ
Махмутова Ф.Т. 786

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОТБОРА СЕМЕННОГО КАРТОФЕЛЯ
Мещеряков Н.Д. 792

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕАЛИЗАЦИИ ПРОДУКЦИИ МНОГОПРОФИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WEB-САЙТА
Мещеряков Н.Д. 796

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ОБЪЕКТОВ НА СНИМКАХ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
Назыров А.А. 802

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОТДЕЛА ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ
Нигаметзянова Н.Т. 807

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ СИЛЫ УДАРА
Никитина Е.В., Исмагилов Н.И., Галявиев Б.А. 812

ПОИСК И РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ
Оконечников И.А. 816

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ДЕТАЛЕЙ
НА ПРОМЫШЛЕННОМ КОНВЕЙЕРЕ ПРИ ПОМОЩИ
ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ
Павлов М.П. 819

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ
СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ
Сайдашев Р.Р.....826

ОТБОР ЗНАЧИМЫХ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ АНАЛИЗА
СЛОЖНЫХ СИСТЕМ..
Салихова Э.И. 832

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К АВТОМАТИЗАЦИИ
ЗДРАВООХРАНЕНИЯ
Сафиуллин Б.И.....838

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
«АИС УЧЕТА И МОНИТОРИНГА БУРОВЫХ РАБОТ»
Елисеев И.А., Спиридонов Г.В.....843

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЁТА РЕСУРСОПОТРЕБЛЕНИЯ
Спиридонов Г.В., Елисеев И.А.....848

МОДЕЛЬ УМНОГО ДОМА
Суменко А.А. 855

ПОДСИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БЮДЖЕТНЫХ СРЕДСТВ
КОРПОРАТИВНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
Тимербаев Ф.И.....857

ОБНАРУЖЕНИЕ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ
НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ
Трусфус М.В. 861

БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ КОРПОРАЦИЙ
Трусфус М.В. 867

РАЗРАБОТКА ПО ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ЗАДАЧЕ ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ РАБОТОДАТЕЛЕЙ
Усманов А.М. 873

ОРГАНИЗАЦИЯ ДВУСТОРОННЕЙ СВЯЗИ НА .NET REMOTING
Усманов Р.Т., Михайлов К.С. 879

ОРГАНИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ НА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОЩНОСТЯХ ГРУППЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Фатыхов Т.Р. 882

ПРИНЦИПЫ ОБЪЕДИНЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МОЩНОСТЕЙ ГРУППЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Фахриев М.Г 886

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ
Фефилова И.С. 891

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ УРОЖАЙНОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ
Хабибуллин И.Ф. 899

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ РАСЧЕТА ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ ДЛЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ ПРЕДПРИЯТИЯ
Хакимов Р.Ф. 904

МЕТОДЫ ОПТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ ИНВЕНТАРНЫХ НОМЕРОВ ОБЪЕКТОВ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ
Чесноков А.А. 916

АНАЛИЗ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭКСПЕРТНЫХ МЕТОДОВ
Чеснокова А.С. 922

КОРПОРАТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СЕТЬЮ СТАНЦИЙ ТЕХОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ
Чеснокова А.С. 927

АНАЛИЗ ПЛАТФОРМ ДЛЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ КЛАСТЕРНОЙ СИСТЕМЫ
Шайдуллин А.А. 931

ПОИСК ИЗОБРАЖЕНИЙ ОДЕЖДЫ НА ОСНОВЕ СРАВНЕНИЯ КОНТУРОВ
Шильников К.В. 937

МЕТОД СУПЕР-РАЗРЕШЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ
Щербаков Д.В. 945

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДВЕСКОЙ АВТОМОБИЛЯ
Юмашев А.Ю. 953

Подсекции 5.4-5.7 содержатся в томе 3.

МАТЕРИАЛЫ СЕКЦИЙ РАСПРЕДЕЛЕНЫ ПО ТОМАМ В СЛЕДУЮЩЕМ ПОРЯДКЕ:

ТОМ 1.

СЕКЦИЯ 1. 3
ПОДСЕКЦИЯ 1.1. 4
ПОДСЕКЦИЯ 1.2. 118
СЕКЦИЯ 2. 212
ПОДСЕКЦИЯ 2.1. 213
ПОДСЕКЦИЯ 2.2. 392
ПОДСЕКЦИЯ 2.4. 450
ПОДСЕКЦИЯ 2.5. 570
ПОДСЕКЦИЯ 2.6. 688
СЕКЦИЯ 3. 766
ПОДСЕКЦИЯ 3.1. 767
ПОДСЕКЦИЯ 3.2. 1036

ТОМ 2.

СЕКЦИЯ 4. 3
ПОДСЕКЦИЯ 4.1. 4
ПОДСЕКЦИЯ 4.2. 98
ПОДСЕКЦИЯ 4.3. 165
ПОДСЕКЦИЯ 4.4. 233
ПОДСЕКЦИЯ 4.5. 293
СЕКЦИЯ 5. 407
ПОДСЕКЦИЯ 5.1. 408
ПОДСЕКЦИЯ 5.2. 455
ПОДСЕКЦИЯ 5.3. 603

ТОМ 3.

СЕКЦИЯ 5 (продолжение). 3
ПОДСЕКЦИЯ 5.4. 3
ПОДСЕКЦИЯ 5.5. 75
ПОДСЕКЦИЯ 5.6. 137
ПОДСЕКЦИЯ 5.7. 178
СЕКЦИЯ 6. 269
ПОДСЕКЦИЯ 6.1. 270
ПОДСЕКЦИЯ 6.2. 402
ПОДСЕКЦИЯ 6.3. 640

ТОМ 3.

СЕКЦИЯ 7. 3
ПОДСЕКЦИЯ 7.1. 4
ПОДСЕКЦИЯ 7.2. 196
ПОДСЕКЦИЯ 7.3. 260
ПОДСЕКЦИЯ 7.4. 412
ПОДСЕКЦИЯ 7.5. 606
ПОДСЕКЦИЯ 7.7. 684

Международная молодежная научная конференция «XXIII ТУПОЛЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ (школа молодых ученых)»

ТОМ II

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

ISBN 978-5-9690-0394-1

Подписано в печать 03.11.2017. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура «Times New Roman».
Усл. печ. л. 57,2. Тираж 30 экз. Заказ 03.11/17-2.

Издательство Академии наук РТ.
420111, г. Казань, ул. Баумана, 20.