

ИИТ - 2015

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

МЕЖДУНАРОДНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
АКАДЕМИЯ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ
(САМАРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ)

САМАРСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ НАУЧНОГО СОВЕТА
ПО ПРОБЛЕМАМ МЕТОДОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА РАН

Международная
научно-техническая конференция

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Advanced Information Technologies
and Scientific Computing

28 – 30 апреля 2015 г.

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

ТОМ 1



САМАРА, 2015

УДК 004

**Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015),
Том 1:** труды Международной научно-технической конференции /
под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского
научного центра РАН, 2015. – 360 с.

**Advanced Information Technologies and Scientific Computing
(PIT 2015) Volume 1:** Proceedings of the International Scientific
Conference / Ed. S.A. Prokhorov, Russia, Samara: Samara Scientific
Center of RAS, 2015. – 360 p.

ISBN 978-5-93424-734-9

В сборник научных трудов включены доклады Международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии – 2015», проходившей с 28 – 30 апреля 2015 г. в Самарском государственном аэрокосмическом университете имени академика С.П. Королева (национальном исследовательском университете).

Рассмотрены актуальные проблемы создания автоматизированных информационных систем, автоматизированных систем научных исследований, интеллектуальных информационных систем, технологий информационной безопасности, информационных технологий в медицине, информационных технологий высоко-производительных вычислений, телекоммуникаций, информационных технологий на транспорте, методик обучения и компьютерных обучающих программ, моделирования и анализа сложных технических систем, философии искусственного интеллекта.

Печатается по решению издательского совета
Самарского научного центра Российской академии наук

Редакционная коллегия

Прохоров С.А. – главный редактор;
Иващенко А.В. – технический редактор;
Востокин С.В., Дерябкин В.П., Еленев Д.В., Заболотнов Ю.М.,
Куликовских И.М., Лёзин И.А., Михеева Т.И., Нестеров А.Ю.,
Новиков С.Я., Солдатова О.П.

ISBN 978-5-93424-734-9

© Оргкомитет конференции, 2015
© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2015



АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Е.А. Борисова

АРМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИССЕРТАЦИОННЫХ СОВЕТОВ УНИВЕРСИТЕТА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Целью работы является создание автоматизированного рабочего места (АРМ) отдела обеспечения деятельности диссертационных советов СГАУ в рамках системы мониторинга подразделений университета. Создание системы направлено на оптимизацию работы службы обеспечения деятельности диссертационных советов университета и автоматизацию формирования отчетных данных.

Совокупность программно–технических средств обеспечивает конечному пользователю обработку данных и автоматизацию управленческих функций в конкретной предметной области. Техническим средством в данном случае является сервер, на котором находится база данных. Программным средством является удобный веб-интерфейс пользователя, через который будет добавляться и запрашиваться информация, а также сама база данных, которая будет хранить информацию о:

- составе диссертационных советов;
- людях, готовящихся к защите кандидатской или докторской диссертации и о уже защитившихся;
- наличии публикаций и назначении оппонентом;
- работах, прошедших защиту.

АРМ обеспечения диссертационных советов предназначено для доступа к базе данных и к информации других АРМ, входящих в объединённую систему, работников данного подразделения.

Компетенция данной системы охватывает весь процесс подготовки и защиты кандидатской или докторской работы, состоящий из следующих этапов:

1. Предварительное рассмотрение диссертации по месту ее выполнения (предзащита). Работа предоставляется на кафедру, назначаются рецензенты. Протокол заседания добавляется в базу АРМ.

2. Составление автореферата диссертации, который также вносится в базу данных.

3. Представление диссертации в диссертационный совет, рассылка ее автореферата. При подаче текста диссертации в диссертационный совет назнача-



ются два оппонента, которые пишут отзывы на представленную им работу. Требуется получение заключения ведущей организации, отражающей в своём отзыве значимость для науки и производства полученных автором диссертации результатов. Копии отзывов и заключения сохраняются на этом этапе в базе данных.

4. Процедура публичной защиты, после которой в базе делаются соответствующие отметки о дате защиты, назначенной кандидату учёной степени, а также документ заключение по диссертации.

Литература

1. Глоссарий по информационным системам [Электронный ресурс]. – URL:<http://bourabai.ru/is/glossary.htm>
2. Научный центр психического здоровья. Часть 5. Порядок защиты диссертации [Электронный ресурс]. – URL:<http://www.psychiatry.ru/lib/99/book/95/chapter/7>

А.И. Бугаков, Д.В. Еленев

СОЗДАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПОРТАЛА СГАУ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Интернет-портал Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П.Королева (национального исследовательского университета) (СГАУ) работает с 1996 года и расположен по адресу <http://www.ssau.ru>. Интернет-портал СГАУ в настоящее время объединяет более 100 сайтов факультетов, институтов, кафедр и других подразделений, включает в себя порядка 6000 страниц и содержит более 2000 документов, включая детальную информацию о структурных подразделениях университета, об образовательных услугах, предоставляемых университетом, учебных специальностях и направлениях по всем формам обучения, аспирантуре и докторантуре, действующих диссертационных советах, конференциях, конкурсах и грантах, о кадровом составе университета, в том числе подробную по всем работникам, относящихся к профессорско-преподавательскому составу и руководящему составу, что составляет более тысячи человек, справочники телефонов и адресов электронной почты сотрудников университета, печатных изданиях и др. [1] Однако доступ с мобильных устройств к интернет-ресурсам университета затруднен в связи со сложной структурой портала и отсутствием мобильной версии.

В то же время мобильные устройства играют немаловажную роль в жизни современного человека. Современные мобильные устройства могут выполнять многие функции наравне с компьютерами, а в некоторых случаях они предпочтительнее, поскольку более компактны и всегда под рукой.

Создание мобильного приложения явилось актуальной задачей для обеспечения удобного и быстрого доступа к наиболее востребованным разделам



портала, включая новости, объявления, события, телефонный справочник и справочник научно-педагогических работников университета. Мобильное приложение, таким образом, предназначено в первую очередь для получения актуальной справочной информации о вузе и событиях.

Разработка мобильного приложения производилась в средах Android Studio 1.1, NetBeans 8.0, pgAdmin III. При реализации проекта для разбора получаемой информации с портала СГАУ использовалась библиотека Java Jsoup, которая позволяет эффективно разбирать содержимое HTML страниц, находя и извлекая данные, используя DOM или CSS селекторы; манипулировать HTML элементами, атрибутами и текстом.

Сохранение информации производится посредством заполнения локально создаваемой БД SQLite на смартфоне, что позволяет минимизировать число запросов к серверу, минимизировать сетевой трафик и обеспечить работу приложения в условиях отсутствия подключения к сети Интернет. Логическая структура БД телефонного справочника и новостного блока представлена на рис. 1.

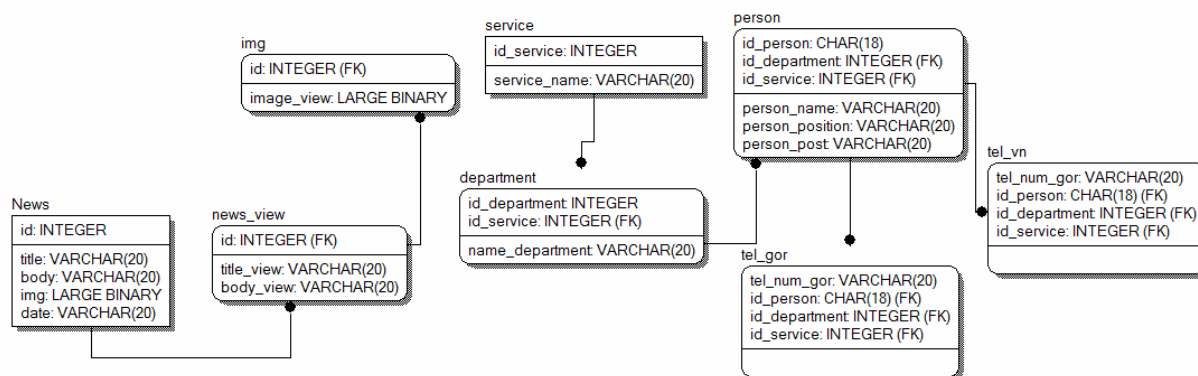


Рис. 1. Логическая модель БД

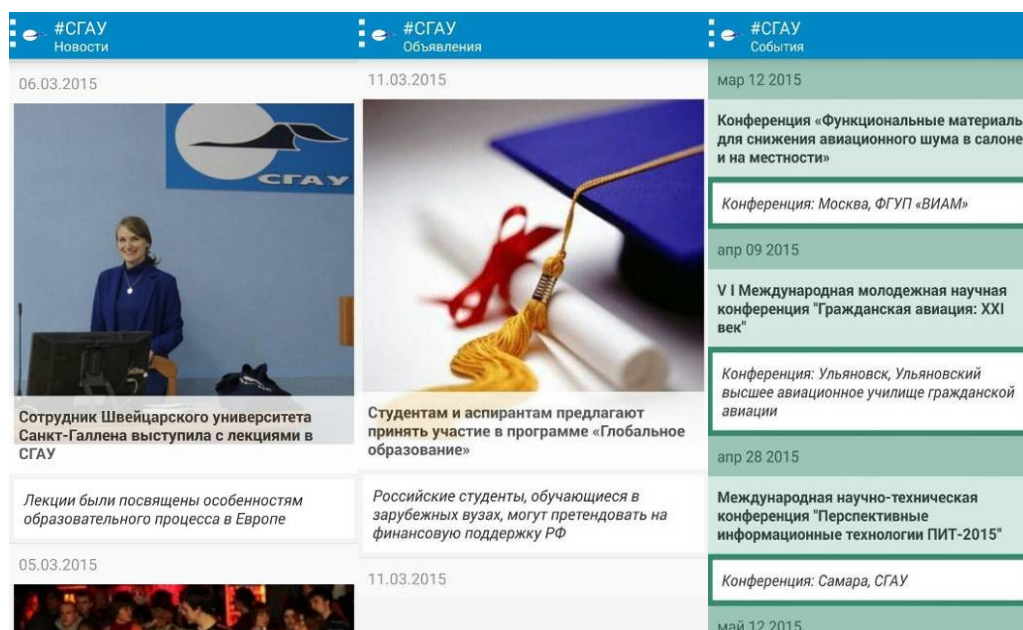


Рис. 2. Новостной блок



База данных телефонного справочника обновляется посредством сверки версий локальной БД и БД, находящейся на сервере. Локальная версия обновляется, если ее номер устарел. Новости сохраняются в базе данных и далее определяются по их идентификатору, а кешированная информация обновляется ежедневно с целями недопущения устаревания информации и снижения нагрузки на мобильное устройство.

Реализованное приложение позволяет (рис. 2), таким образом, осуществлять доступ к информационно-новостным ресурсам СГАУ при наличии и отсутствии текущего подключения к сети Интернет.

Литература

1 Информационная инфраструктура инновационного вуза. Опыт СГАУ: монография / [А.В.Баскаков и др.] – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2013. – 124 с.

Д.В. Еленев, А.О. Линник

СИСТЕМА ЛИЧНЫХ КАБИНЕТОВ НАУЧНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИХ РАБОТНИКОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

1. Мониторинг деятельности работников и подразделений университета

Задачи сбора сведений о достижениях работников и подразделений традиционно решаются при помощи различных информационно-аналитических систем. В Самарском государственном аэрокосмическом университете имени академика С.П.Королева (национальном исследовательском университете) (СГАУ) для этого с 2009 г. используется информационно-аналитическая система мониторинга деятельности подразделений и количественной оценки качества работы университета [1]. Работа системы мониторинга обеспечивается совместным функционированием набора рабочих мест, выполняющих функции сбора и обработки данных, а пользователями рабочих мест являются представители подразделений и уполномоченные по качеству кафедр, ведущие учет активности работников. В то же время основная масса научно-педагогических работников (НПР) университета до недавнего времени не имела персонифицированного доступа в общеуниверситетские системы и к данным, содержащимся в базах данных систем. В связи с этим в СГАУ была начата разработка системы личных кабинетов научно-педагогических работников, направленной на повышение эффективности операционных процессов за счет многоуровневого анализа деятельности научно-педагогических работников, на стимулирование достижений показателей программы развития университета и их оперативное отслеживание как руководством университета, так и непосредственно НПР.



2. Личные кабинеты работников и студентов

Необходимо отметить, что в настоящее время в СГАУ также внедряется в эксплуатацию система личных кабинетов студентов. Для унификации доступа к системе личных кабинетов и информационно-аналитическим системам СГАУ создана подсистема сквозной аутентификации с использованием единого сервера авторизации, которая обеспечивает авторизацию пользователя в информационных системах университета по единой паре «логин/пароль». Введенные пользователем логин и пароль отправляются на сервер авторизации вместе с идентификатором системы, в которой выполняется попытка входа (личный кабинет). Сервер возвращает ответ, содержащий статус прохождения авторизации – успех или ошибка – и, в случае успеха, персональный идентификатор пользователя, необходимый для дальнейшей работы в системе.

Таким образом, личный кабинет ННР (ЛК) представляет собой часть системы личных кабинетов, предназначенную для студентов, преподавателей, аспирантов и научных работников. Личный кабинет ННР – это веб-приложение, расположенное по адресу cabinet.ssau.ru.

На данный момент ЛК (рис. 1) состоит из ряда разделов, позволяющих: 1) управлять своей персональной страницей на сайте университета, 2) вносить и отслеживать сведения о своих опубликованных научных и учебно-методических работах и 3) формировать и подавать анкету для участия в системе стимулирования труда ННР.

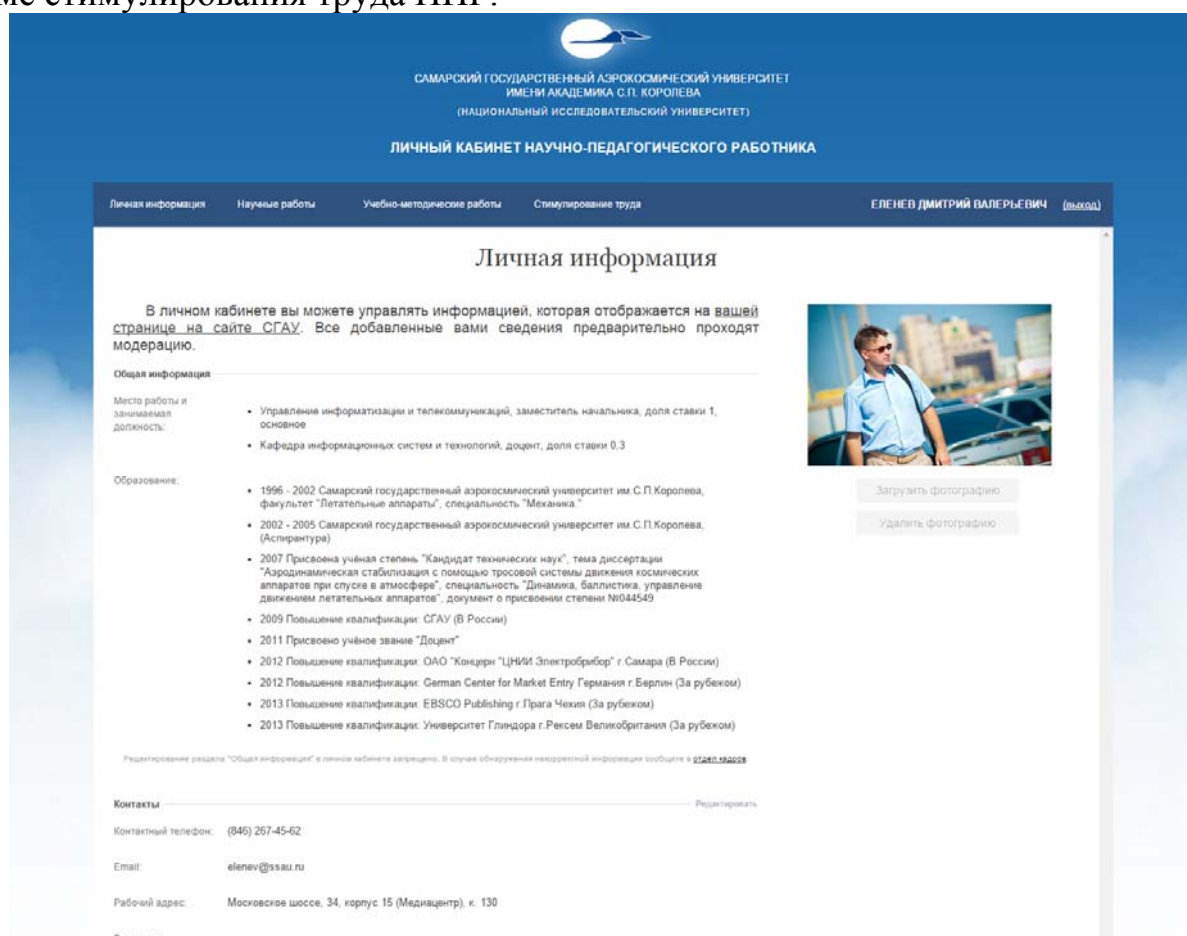


Рис. 1. Личный кабинет



3. Взаимодействие с интернет-порталом университета

На сайте университета ssau.ru для каждого сотрудника существует своя персональная страница, на которой отображается место работы человека, полученное им образование и основные научные публикации. Все эти сведения берутся из общеуниверситетских баз данных (интегрированная автоматизированная информационная система управления вузом и система мониторинга деятельности подразделений [2]), и выводятся на странице автоматически. Система личных кабинетов обеспечивает сбор и модерацию дополнительных сведений о работниках с их последующей публикацией на портале университета.

ЛК позволяет научно-педагогическому работнику загрузить на сайт свою фотографию, указать свои контактные данные (телефон, электронную почту, рабочий адрес, ссылки на социальные сети), описать свои научные интересы и достижения, а также прочую информацию, которую работник посчитает нужным указать на своей странице. Кроме этого, отдельный раздел редактирования персональной информации позволяет ввести ее на английском языке, и, воспользовавшись им, пользователь может предоставить сведения для англоязычной версии сайта.

The screenshot shows the personal page of a staff member on the website of the Samara State Aerospace University. The page is titled "Кузьмичев Венедикт Степанович" and includes a photo of the individual. The page is divided into several sections: "Место работы и занимаемая должность:", "Награды", "Членство в академиях", "Научные интересы", "Научные результаты", "Научно-педагогическая деятельность", "Подготовка научных кадров", and "Образование". The "Награды" section lists several awards, including the "Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации" and the "Почетная грамота Самарской губернской думы". The "Научные результаты" section mentions the author's role in the development of the "Авиационный двигатель" and the "Авиационный двигатель и энергетические установки". The "Научно-педагогическая деятельность" section states that the individual is a professor and a member of the expert council of the university. The "Подготовка научных кадров" section mentions the supervision of a candidate's dissertation. The "Образование" section lists the individual's educational background, including the "Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва" and the "Самарский государственный университет имени академика С.П. Королёва".

Рис. 2. Персональная страница работника



Вся информация, предоставленная пользователем, предварительно проходит модерацию. Для модератора существует отдельная учетная запись в ЛК, в которой формируется список предоставивших информацию пользователей. Для каждого пользователя можно посмотреть данные, отправленные им на проверку, а также подтвердить или отклонить их. При отклонении записи модератор обязательно должен указать комментарий с причиной отказа, который будет выводиться пользователю в личном кабинете на странице редактирования персональной информации. При успешном прохождении модерации информация, введенная пользователем, появляется на его личной странице на сайте СГАУ.

4. Взаимодействие с другими информационными системами

Разделы “Научные работы” и “Учебно-методические работы” служат для отображения, ввода и редактирования публикаций научно-педагогического работника. Качественный учет опубликованных научных работ является важным для формирования внутренних и внешних отчетных документов и рейтингов кафедр и работников. Ранее добавление новых публикаций в базу данных осуществлялось посредством АРМ “Кафедра” и “Управление образовательных программ”, но недостатком такого способа зачастую является неполнота предоставляемых данных из-за недостаточного взаимодействия между работниками и уполномоченными по качеству. В ЛК пользователю доступен список его публикаций с их выходными данными, которые уже существуют в базах данных университета. В случае, если какие-то публикации в списке отсутствуют, пользователь может добавить новую публикацию или привязать к своей учетной записи уже существующую.

Ситуация, в которой публикация содержится в базе данных, но оказывается не привязанной к пользователю, возникает тогда, когда при добавлении публикации в базу данных автор еще не являлся работником университета (например, был студентом СГАУ). Для того, чтобы найти потенциально принадлежащие сотруднику публикации, используется нечеткий поиск по фамилиям авторов [3]. Интерфейс личного кабинета предлагает пользователю научные работы, один из авторов которых имеет фамилию, похожую на фамилию пользователя, а пользователь вправе подтвердить свое авторство.

После того, как пользователь привязывает к себе научную работу или добавляет новую публикацию, эти сведения отправляются на проверку в соответствующую точку ответственности – центр развития публикационной деятельности или в управление образовательных программ. После прохождения проверки публикация появляется в личном кабинете в разделе подтвержденных работ или отклоненных, в зависимости от результата проверки.

5. Личные кабинеты в системе стимулирования труда

Раздел личного кабинета, посвященный стимулированию труда научно-педагогических работников, служит для сбора данных о деятельности сотрудников университета и составления персональных анкет работников.

В 2015 году показателями системы стимулирования являются: подготовка научных кадров, защита диссертации, привлечение к учебной и научно-



исследовательской работе в СГАУ обладателей степени PhD зарубежных университетов, выпуск учебного пособия, монографии или справочника, публикация статей и показатель их цитируемости (для статей, входящих в базы данных Scopus, Web of Science). Кроме этого, учитываются привлечение внебюджетных НИР и ОКР, направление заявки на интеллектуальную собственность и получение патента, а также руководство студентами, получившими награды за научную деятельность, участие в олимпиадах и спортивных соревнованиях.

Часть анкеты формируется автоматически, основываясь на данных, существующих в базах данных университета, такие как публикации научных работ, выпуски учебных пособий, монографий и справочников и получение патентов. Другую часть сведений, необходимых для начисления работнику дополнительных выплат, вводится пользователем самостоятельно и в дальнейшем проверяется уполномоченными работниками ответственных за информацию подразделений. На основе предоставленных сведений в личном кабинете НПП создается анкета работника и осуществляется подсчет баллов в соответствии с требованиями системы стимулирования.

Литература

1. Еленев Д.В., Кузьмичев В.С., Пашков Д.Е. Автоматизация системы управления национальным исследовательским университетом и мониторинга его деятельности // Программные продукты и системы. - 2012. - № 3. - С. 31-34.
2. Информационная инфраструктура инновационного вуза. Опыт СГАУ: монография / [А.В.Баскаков и др.] – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2013. – 124 с.
3. Еленев Д.В., Линник А.О. Автоматизированное снижение дублирования информации в системе мониторинга деятельности подразделений университета / Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции / [под ред. С.А. Прохорова]. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2014. – С. 117-120.

В.П. Дерябкин, В.В. Козлов, Н.О. Кулакова

ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРА РАБОЧИХ ПРОГРАММ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет), Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Сбор рабочих программ по дисциплинам в обычных условиях довольно трудоёмкий и плохо поддающийся контролю процесс. Поэтому возникла задача об автоматизации этого процесса, что позволило обеспечить контроль выполнения и систематический сбор материалов. Рабочие программы являются частью образовательной системы автоматизации учебного процесса университета.

Первые попытки автоматизации учебного процесса описаны в [1, 2, 3].



Сначала была реализована система автоматического формирования сеток реализуемых программ в университете. Сетки формируются автоматически на основе учебных планов по каждому направлению обучения. Это позволило выделить и структурировать всю необходимую сводную информацию. Создается реестр реализуемых программ, где можно увидеть: код образовательной программы высшего образования (ОПВО), направление подготовки, ОПВО, уровень образования, факультет, планы по годам обучения и курсам, форма обучения, группы, количество студентов, стандарты или проекты. Любая автоматизация дает один огромный плюс – сокращается человеческий фактор, а значит ошибки и путаница. От работников требуется ввести минимум информации, все остальное сформирует система.

После этого был создан раздел для прикрепления аннотаций и рабочих программ дисциплин. Он расположен на информационном портале вуза, все работники имеют к нему доступ, но прикрепление документов, ограничено правами, разделение прав описано ниже. При прикреплении аннотации или программы отображается время ввода, при необходимости файл можно удалить, а при нажатии на окно с датой, файл будет скачиваться. Как это выглядит в работе представлено на рисунке 1.

Факультет **ФИСТ** | Форма **очная** | Уровень **бакалавриат**

Направление **Информационные системы и технологии**

ООП **-**

Кафедра **Прикладной математики и вычислительной техники** | ☐ Следующий год

Показать

☐ Действительно кафедр | ☐ Сделано программ | ☐ Сделано аннотаций

[Аннотация рабочей программы дисциплины](#) | [Аннотация программы практики](#)
[Рабочая программа дисциплины](#) | [Рабочая программа практики](#)

Обозначения контроля: Э - экзамен, З - зачет, Г - РГР, Р - курсовая работа, П - курсовой проект

Факультет	ОПВО	Код дисциплины	Дисциплина	Курс	Семестр	Группа	Контроль	Часы (всего)	Лекции	Лаб	Практика	Программа	Аннотация
ФИСТ	090302_01	Б3.Б.8.10	Языки программирования	1	1	ГИП-114	Э	180	36	36	-	01.03.2015 10:23	01.03.2015 10:24
ФИСТ	23040001_62	Б3.ДВ5.1	Эксплуатация информационных систем	4	7	ГИП-111	З	108	18	36	-	Выберите файл Файл не выбран	Выберите файл Файл не выбран
ФИСТ	23040001_62	Б3.Б.5	Управление данными	2	3	ГИП-113	Э	216	36	36	-	Выберите файл Файл не выбран	02.03.2015 07:57
ФИСТ	23040001_62	Б3.Б.4	Технологии программирования	2	4	ГИП-113	РЭ	252	36	54	-	01.03.2015 10:16	01.03.2015 10:24
ФИСТ	23040001_62	Б3.Б.2	Теория информационных процессов и систем	3	6	ГИП-112	Э	180	36	36	-	Выберите файл Файл не выбран	25.02.2015 10:33
ФИСТ	23040001_62	Б2.ДВ3.1	Системы автоматизированного проектирования	2	4	ГИП-113	З	72	18	18	-	Выберите файл Файл не выбран	20.02.2015 12:25
ФИСТ	23040001_62	Б3.В.6.9	Реализация инновационных информационных систем и технологий	4	3	ГИП-111	РЗ	72	-	40	-	Выберите файл Файл не выбран	Выберите файл Файл не выбран

Рис. 1. Ввод рабочих программ по дисциплинам

Такой подход к сбору документации позволил: сократить число лиц принимающих в нем участие, наглядно видеть, как идет работа по прикреплению, снять множество вопросов по разработке аннотаций и рабочих программ, так как вся необходимая информация и образцы оформления находятся на этой же странице.

Сразу формируется статистика по работе, можно просмотреть, сколько аннотаций или рабочих программ ввела кафедра или факультет, это можно сделать двумя способами: с помощью фильтров, расположенных с верху странице,



выбрав необходимое поле и значение в нем, тогда при нажатие на кнопку сделано аннотаций (программ) будет статистика только по выбранной категории или сразу нажать на эту кнопку без фильтров, тогда будет сводная диаграмма по всем кафедрам. Кнопка «Задействовано кафедр» позволяет просмотреть статистику по тому, сколько других кафедр задействовано на каждой кафедре и сколько они сделали.

Использование системы различными пользователями, представлено в виде диаграммы вариантов использования, рисунок 2.

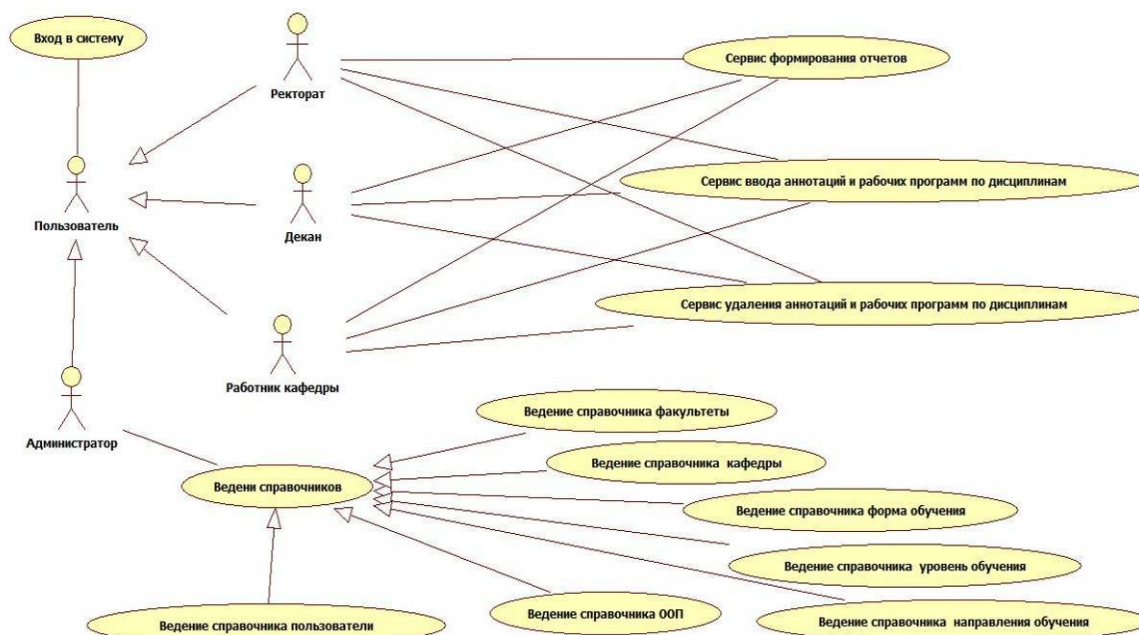


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования

Рассмотрим все варианты использования подробнее.

Администратор отвечает за ведение справочников: факультетов, форм обучения, уровень обучения, направление обучения, основные образовательные программы, кафедры и пользователей.

У работников университета возможности ограничены правами доступа. Ректор и декан имеют свой уникальный логин и пароль. Каждой кафедре выдается один пароль, он либо распространяется среди преподавателей кафедры, либо отдается ответственному лицу, поэтому на диаграмме этот пользователь – работник кафедры.

Ректор прикрепляет, скачивает, удаляет аннотации и рабочие программы по любой дисциплине.

Декан прикрепляет, скачивает, удаляет аннотации и рабочие программы дисциплин своего факультета.

Работники кафедры могут прикреплять, скачивать, удалять аннотации и рабочие программы дисциплин своей кафедры.



Все пользователю могут просмотреть автоматические сформированные отчеты: о результатах ввода аннотаций по кафедрам, о результатах ввода рабочих программ по кафедрам, о кафедрах, задействованных на факультете. Так же представлены сводные отчеты, которые доступны любому пользователю: по контактной информации о кафедре, по факультетам и сочетанию признаков (факультет, форм обучения, уровень обучения, направление обучения, основные образовательные программы, кафедры).

Краткое описание спроектированной системы рассмотрим на диаграмме сущностных классов, рисунок 3.

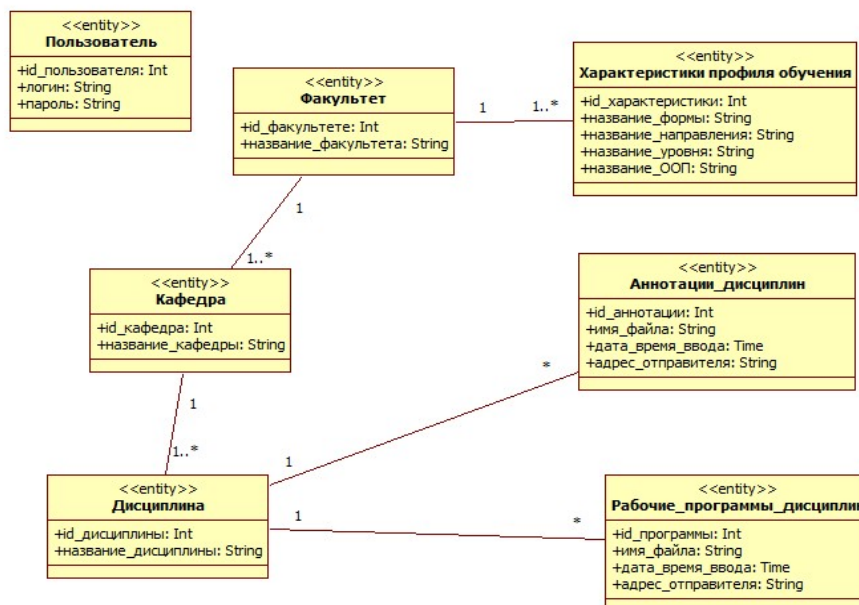


Рисунок 1. Диаграмма сущностных классов

Класс «Пользователь» не связан с другими классами, потому что войти в этот раздел может любой пользователь, а вот уже прикрепить данные только авторизованный. Все остальные классы связаны между собой, аннотации и рабочие программы дисциплин связаны с дисциплинами, дисциплины с кафедрами, кафедры с факультетами, факультеты с характеристиками профиля обучения. Поэтому при прикреплении, например аннотации, видно не только название дисциплины соответствующей ей, но и код дисциплины, код ОПВО, факультет, название группы в которой она читается и семестры. Такая подробная информация позволяет избежать беспорядка с названиями дисциплин.

Конечно, система гораздо сложнее, почти вся информация берется и формируется автоматически из различных источников, разработана большая структурированная база данных, этот раздел внедрен и уже используется всем университетом, лишь доказывая работоспособность разработанного модуля.

Литература

1. Козлов В.В. Индивидуализация учебного процесса в инфокоммуникационной среде вуза//Индивидуализация образовательного



процесса на основе инфокоммуникационных технологий. - Saarbruecken, Germany, 2012.

2. Козлов В.В. Планирование и организация учебного процесса в вузе на основе информационной технологии индивидуализированного обучения//Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Национальный исследовательский технологический университет - "МИСиС". Самара, 2010.

3. Козлов В. В. Опыт автоматизации формирования рабочих графиков и поручений кафедрам на основе анализа учебного плана// Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2014): сб. статей IV международной заочной научно-технической конференции / Поволжский гос. ун-т сервиса. – Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 2014 – С. 151-155.

А.Р. Диязитдинова, В.А. Кольцова

ОРГАНИЗАЦИЯ МОНИТОРИНГА ПРОЕКТНЫХ РАБОТ ДЛЯ СИСТЕМНОГО ИНТЕГРАТОРА

(Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики)

Введение

Эффективным инструментом, применение которого может способствовать успешному конечному результату проектов в различных сферах деятельности, выступает дисциплина «управление проектами». В условиях существующей жесткой конкуренции, а также, учитывая, что сроки жизни отдельных товаров могут исчисляться несколькими месяцами, применение технологий управления проектами является необходимым для выживания практически каждого предприятия.

Проект ограничен, как правило, тремя условиями: сроки, бюджет, содержание работ. Чтобы добиться положительного результата в ходе управления проектом, необходимо найти оптимальное сочетание между перечисленными выше тремя условиями. Управление проектами наиболее актуально для компаний, работающих в сфере информационных технологий, (ИТ-компаний), так как для руководителей ИТ-компаний управление проектами представляет интерес и как технология, которую полезно внедрить на своих предприятиях, и как средство управления собственными проектами, к которым можно отнести и разработку программного обеспечения, и внедрение тех или иных информационных систем.

Обоснование необходимости проектного управления

Объектом исследования выступила компания, оказывающая услуги в области комплексной автоматизации предприятий энергетики и коммунального хозяйства. Как и большинство компаний, работающих в области разработки ПО, объект исследования сталкивается со следующими трудностями:



- цель проекта уточняется по мере выполнения работ, что зачастую приводит к пересмотру и корректировке уже полученных результатов;
- нередко проекты закрываются со значительным превышением сроков и перерасходом запланированного бюджета;
- несогласованность действий участников, вызванная различием целей и неэффективными коммуникациями;
- мониторинг за исполнением планов проекта нередко является формальной процедурой;
- после окончания проекта отсутствует этап «разбора ошибок»;
- значительное влияние на успех проекта «человеческого фактора».

Успешность проекта во многом зависит от роли менеджера проекта (другое название – руководитель проекта), основная задача которого заключается в том, чтобы выполнить работы качественно, без превышения заданных бюджета и сроков. Уникальность менеджера состоит в том, что он «видит» проект целиком со всеми присущими трудностями, в то время как директор видит потенциальную прибыль, заказчик – возможности, а исполнители – список работ.

Одна из сложностей для менеджера проекта в проектном управлении заключается в том, что он должен руководить сотрудниками и решать возникающие проблемы (такие как, подбор команды проекта, постановка задач перед командой в целом и перед каждым членом команды в отдельности, формулировка целей, распределение обязанностей между сотрудниками, разрешение конфликтных ситуаций и пр.), то есть должна быть создана уникальная организационная структура в рамках проекта. Повысить эффективность работы менеджера проекта, быстро реагировать на изменения окружающей среды, оптимально организовать бизнес-процессы возможно за счет использования в ИТ-компаниях формализованных методов управления проектами. Система управления проектами является одной из важных компонент всей системы управления организацией для достижения стратегических целей компании.

Система управления проектами включает в себя комплекс методологических, нормативных документов, а также программно-аппаратных решений. Под информационной системой управления проектами (ИСУП) понимают организационно-технологический комплекс методических, технических, программных и информационных средств, направленный на поддержку и повышение эффективности процессов планирования и управления проектами, в основе которого лежит комплекс специализированного программного обеспечения [1].

В настоящее время на российском рынке ИСУП представлены различные программные продукты. Следует также отметить, что на рынке различают два класса задач: системы управления проектами и системы управления задачами. При этом зачастую между этими группами не делают различий [3]. Ниже приведено сравнение нескольких программных продуктов, использующихся в проектной деятельности и получивших широкое распространение (Таблица 1).



Таблица 1. Сравнительные характеристики систем управления проектами

	Бесплатный ак- каунт	Диское про- странство бес- платно	Число подклю- ченных пользова- телей бесплатно	Число проектов бесплатно	Наличие trial- версии	Период try & buy	Стоимость плат- ного пользования	Число пользова- телей
MS Project	Нет	Не ука- зано	Не ука- зано	1	Нет	Нет	зависит от вида постав- ки	Не указа- но
Asana	Есть	Не ука- зано	От 1 до 14	Не указа- но	Нет	Нет	\$50 / мес. - \$800 / мес.	15 - 100
Basecamp	Нет	Нет	Нет	Не указа- но	Да	60 дней	\$20 / мес. - \$150 / мес.	Неог- рани- ченно
JIRA	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	30 дней	\$10 / мес. - \$1500 / мес.	10 - 2000
Redmine	Есть	Не ука- зано	Не ука- зано	Неог- рани- ченно	Нет	Нет	Принимает пожертвова- ния	Неог- рани- ченно
GanttProject	Нет	Не ука- зано	Не ука- зано	Не указа- но	Бес- плат- ная	Бес- плат- ная	Бесплатная	Не указа- но
Trello	Есть	Не ука- зано	Не ука- зано	Неог- рани- ченно	Нет	Нет	\$5 чел. / мес. - \$45 чел. / год	Неог- рани- ченно
«Мега- план»	Есть	300 МБ	От 1 до 7	50	Есть	14 дней	\$66 / мес. - \$1824 / мес.	5 - 99
ПланФикс	Есть	Не ука- зано	Не ука- зано	Не указа- но	Есть	Неог- рани- ченно	\$0 / мес. - \$ 99 / мес	5 -90
«Бит- рикс24»	Есть	5 ГБ	12	1	Нет	Нет	\$143 / мес. - \$287 / мес.	Неог- рани- ченно

Каждый из приведенных программных продуктов имеет свои достоинства и недостатки, что, в совокупности с особенностями деятельности в каждой компании, не позволяет однозначно делать выбор в пользу той или иной программы. Большинство ИТ-компаний, как правило, строят собственную систему управления проектами, используя, при необходимости, в качестве вспомогательного инструмента тот или иной популярный на рынке продукт.

В исследуемой компании для стратегического планирования задач руководителями проектов используется MS Project, а для оперативного назначения задач и отслеживания их исполнения – программы управления инцидентами.

Были выделены следующие присущие практике управления недостатки:



- невозможно оперативно получить отчетную информацию, например, как долго сотрудник работал над той или иной задачей, сколько сотрудников работали над одной задачей и т.д.;
- как следствие, сложно или невозможно спланировать трудоемкость последующих схожих проектов;
- невозможность сохранения знаний о проекте, так, при увольнении руководителя проекта в большинстве случаев проект становится «провальным», т.к. большая часть сведений о ходе проекта хранится у руководителя проекта «в голове».

Таким образом, актуальной задачей в проектном управлении является организация и выполнение мониторинга проектных работ с целью определить состав команды и скорость работы проектной команды для более точного планирования.

Предлагаемое решение архитектуры ИСУП

Основой ИСУП является единое информационное пространство, предполагающее ведение [2]:

- единой базы данных планов всех проектов компании;
- единого справочника доступных для использования ресурсов (трудовых, временных, материальных);
- единой базы данных документов всех проектов компании;
- единых форм документов, шаблонов проектов и отчетных документов.

Обобщенная архитектура ИСУП приведена на рис. 1. Центральной составляющей модуля ИСУП является база знаний (БЗ), содержащая правила, по которым в зависимости от входной информации принимается то или иное решение. Факты, хранимые в базе, данных (БД), используются БЗ для построения правил. Наполнение базы знаний правилами основывается на таких входных переменных, как сотрудники, подразделения, компетенции, проекты. Выходными переменными в БЗ будет являться результат – определение сотрудника на текущий проект.

Заключение

Внедрение ИСУП в практику ИТ-компании может способствовать достижению следующих результатов:

- оптимизация процесса подбора компетентных сотрудников на проект в соответствии с их компетенциями, специализацией, текущей загруженностью;
- возможность регламентирования процедур управления проектами для обеспечения прозрачности управленческой деятельности;
- использование математических методов расчета временных, ресурсных, стоимостных параметров проектов с целью снижения рисков недостижения показателей по проекту;

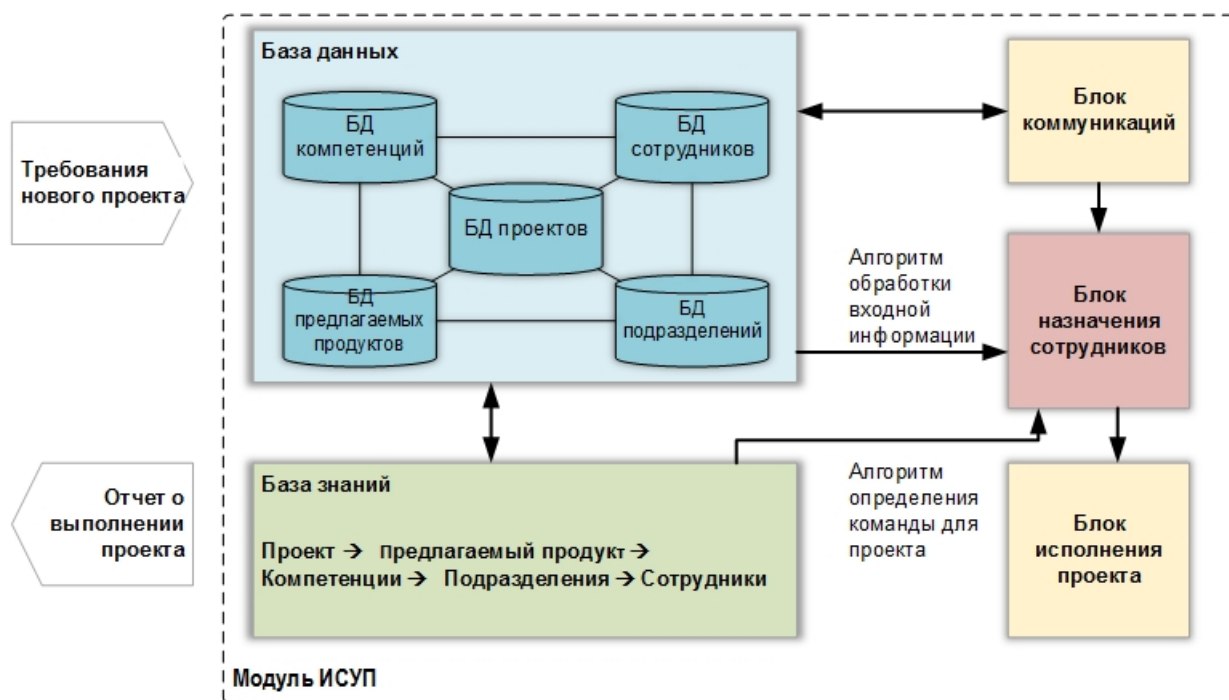


Рис. 1. Обобщенная архитектура ИСУП

- централизованное хранение информации по графику работ, ресурсам и стоимостям;
- контроль исполнения составленного плана, анализ фактических показателей и своевременная корректировка хода работ;
- определение информационных потоков проектной деятельности;
- поддержка использования архива проектов и накопления знаний.

Литература

1. Математические основы управления проектами: Учебн. пособие [текст]/ С.А. Баркалов, В.И. Воропаев, Г.И. Секлетова и др. Под ред. В.Н. Буркова. – М.: Высш. шк., 2005. – 423 с.: ил.
2. Концепция ИСУП для усовершенствования управления распределением трудовых ресурсов [текст] // Инфокоммуникационные технологии, №4, 2014, с. 71 – 76
3. Какая система управления задачами лучше – выбор ИТ-менеджеров и предпринимателей [электронный ресурс] / ЦП. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://siliconrus.com/2014/06/task-management/>. – Загл. с экрана.



Е.И. Чигарина, Д.М. Наширванов

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Управление проектами выделилось в самостоятельную задачу в работе многих компаний относительно недавно, но уже активно используется руководителями многих предприятий, фирм и организаций. Для реализации задачи управления процессами в настоящее время используются средства автоматизации. Автоматизация процесса управления проектами позволяет:

- улучшить планирование задач для различных проектов;
- контролировать состояние проекта;
- быстро реагировать на возникающие проблемы;
- повысить качество мониторинга прогресса каждой задачи и времени, затраченного на нее;
- улучшить взаимодействие заказчиков и исполнителей;
- удобно распределить задачи по ролям.

В виду необходимости хранения, обработки и вывода большого количества информации для автоматизации процесса управления проектами в компании, автоматизированные информационные системы являются удобным, качественным и оптимальным решением.

Управление проектами рассмотрено на примере IT-компании.

Штат IT-компании обычно включает (рисунок 1) руководителя компании, менеджеров проектов, аналитический отдел, команду разработчиков, QA-отдел (или отдел обеспечения качества). [1]

Менеджер общается с заказчиком, выясняет основную задачу, требования к ней. Аналитиками составляется техническое задание, и затем оно передается группе разработчиков. Разработчики изучают техническое задание, выполняют поставленную задачу и при возникновении вопросов, уточняют их у заказчика через менеджера. После того, как задача была завершена, она отправляется в отдел обеспечения качества, задачей которого является продемонстрировать разработчикам и заказчикам, что программа соответствует требованиям, или выявить ситуации, в которых поведение программы является неправильным, нежелательным или несоответствующим спецификации. Во втором случае задача возвращается на доработку.

Весь процесс контролируется руководителем. Когда задача выполнена и соответствует спецификации, подводятся итоги работы, каждый сотрудник должен отметить, сколько времени он затратил на задачу.

Следовательно, автоматизированная система управления проектами должна быть многопользовательской, то есть необходима регистрация, авторизация и аутентификация пользователей.

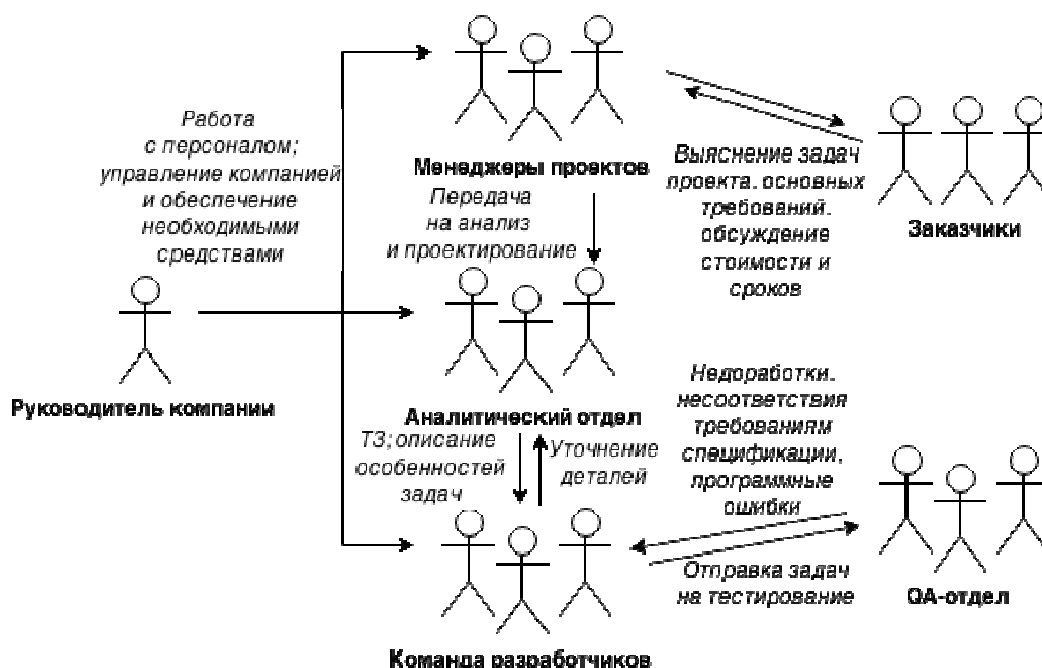


Рис. 1. Структура IT-компании и основные функции отделов

Для реализации управления проектами создана автоматизированная система, в которой пользователь при регистрации заполняет такую информацию, как логин, пароль (зашифрован), e-mail адрес, реальное имя, телефонный номер, и выбирает свою должность из списка, определенного администратором системы. Система может выводить полную информацию о проектах и задачах. Каждому проекту назначается ответственное лицо, которое будет следить за его состоянием и управлять им. В системе предусмотрены категории проектов и задач с возможностью добавления новых.

Информация о каждой задаче содержит даты добавления в систему, начала исполнения и выполнения задачи. Также отображается оценка времени, реально затраченное время работы и процент готовности для сравнения. Каждая задача имеет свой приоритет относительно других задач этого проекта и свой статус исполнения. Помимо автора задачи отображается исполнитель этой задачи (ответственный за её выполнение). Для более быстрого поиска к задачам можно прикреплять определенные метки (тэги), по которым в будущем можно будет легко получить список задач, соответствующих определенной метке. Возможна иерархическая структура задач, то есть одна задача (родительская) может иметь несколько подзадач, которые разделят между сотрудниками компании.

Система реализована с использованием СУБД PostgreSQL, Microsoft Visual Studio 2010 на языке программирования высокого уровня C# и решает задачу автоматизации управления проектами с обеспечением всех критериев безопасности.

Литература

1 Штефан И.А. Как навести порядок в IT-подразделении? [Электронный ресурс] – 2006 – <http://www.cnews.ru/reviews/index.shtml?2006/06/28/204667>



И.В. Никашина¹, А.Н. Филатов¹, В.А. Комаров²

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКИМИ ДАННЫМИ В ЕДИНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

(¹АО «РКЦ «Прогресс»,

²Самарский государственный аэрокосмический университет имени
академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Введение

В современном мире невозможно представить себе разработку новой ракетно-космической техники без применения инновационных подходов к проектированию и современных технических средств. В соответствии с концепцией развития информационных технологий в промышленно-оборонном комплексе на сегодняшний день перед предприятием стоят сложные научно-технические и организационные задачи, такие как сокращение сроков проектно-конструкторских работ и постоянное совершенствование уровня проектирования.

Электронный технический документооборот – «ядро» ЕИП (единого информационного пространства) предприятия. Таким образом, возникает необходимость внедрения электронной подписи на предприятии и узаконивания понятия «электронный подлинник» конструкторской документации, а также реинжиниринга существующих бизнес-процессов в соответствии со всем выше перечисленным.

ЕИП

Информационные технологии – важнейший инструмент современного машиностроительного предприятия. Основопологающей идеей ИТ является создание единого информационного пространства предприятия АО «РКЦ «Прогресс».

Можно выделить основные свойства ЕИП (рис. 1):

- вся информация и документация представлена в электронном виде;
- ЕИП содержит всю имеющуюся информацию об изделии;
- ЕИП является единственным источником всех данных об изделии;
- ЕИП строится только на основе международных, государственных и отраслевых информационных стандартов.

Основой ЕИП является электронный технический документооборот, который состоит из следующих компонентов:

- Проектирование и конструирование
- технологическая подготовка производства (КТПП);
- Управление производством.
- Общий документооборот.

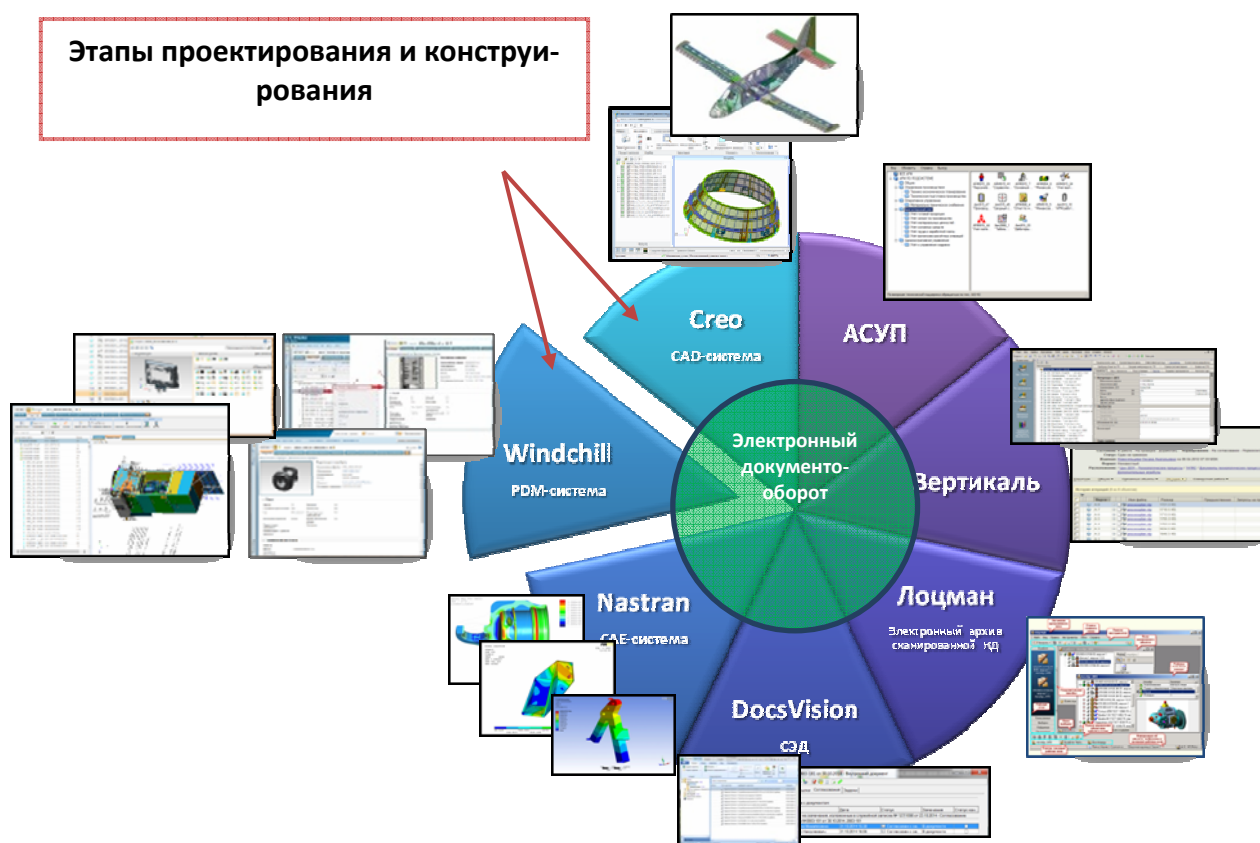


Рис. 1. Единое информационное пространство предприятия

В рамках исследований данной области интересов, я рассматривала этап проектирования и конструирования РКТ, который основывается на решениях Creo и Windchill.

Жизненный цикл изделия

Жизненный цикл изделия можно разделить на следующие этапы:

- 1) ТЗ;
- 2) проектирование и конструирование;
- 3) ТПП;
- 4) производство;
- 5) эксплуатация.

В рамках интересующей области исследований остановимся на следующих этапах:

- Проектирование и конструирование;

Для построения эффективного процесса проектно-конструкторских работ на предприятии разработана, прошла апробацию и внедрена технология нисходящего проектирования. Далее в статье подробнее рассмотрим ее основные аспекты.

- ТПП;

Следующим важнейшим этапом ЖЦ изделия является этап технологической подготовки производства. На данном этапе, на предприятии используется система автоматизированного проектирования технологических процессов



(САПР ТП) ВЕРТИКАЛЬ, интегрированная с системой Windchill. При проектировании оснастки и разработке управляющих программ для оборудования с числовым программным обеспечением (ЧПУ) используется САПР Creo.

В рамках единой системы управления инженерными данными технологи получив конструкторскую документацию и конструкторский состав изделия, формируют технологический состав разрабатываемого изделия, от которого в системе создаются технологические процессы (ТП) с использованием САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ.

Полученные конструкторский и технологический составы автоматизированным способом передаются в автоматизированную систему управления предприятием (АСУП) собственной разработки.

Реализована возможность автоматизированной выгрузки актуальных данных о составе изделий из Windchill для дальнейшего их использования в задачах автоматизированной системы управления предприятием (АСУП).

Под данными понимается применяемость деталей и сборочных единиц (ДСЕ) в изделиях, т.е. конструкторско-технологический состав изделий с учетом количества на изделие и маршрутов изготовления ДСЕ, цехов-потребителей, испытаний по видам расхода с указанием цеха-потребителя испытаний.

Выгрузка производится с учетом всех изменений конструкторских и технологических спецификации (СП): по машино-серии – для изделий серийного счета; по комплектam – для изделий комплектного счета.

➤ Производство;

Имея в АСУП календарный план изготовления, имея технологически данные в техпроцессе и структуру изделия в Windchill, мы имеем возможность автоматизированного построения внутрицехового плана с возможностью его оперативного изменения и оптимизации.

Перечисленные системы обеспечивают получение данных о производстве в режиме реального времени и позволяют осуществлять формирование планов цехов основного производства и оперативный расчет оптимизированных производственных расписаний для рабочих центров. Построение такого плана и производственных расписаний осуществляется на базе системы PREACTOR.

PREACTOR, Windchill, САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ и АСУП, позволяют создать мощный программный комплекс для эффективного решения задач подготовки, планирования и диспетчеризации производства в едином информационном пространстве.

В результате всего вышеперечисленного были поставлены следующие задачи:

- Электронный документооборот (согласование документов, контроль выполнения и отслеживание изменений);
- Электронный архив документации (конструкторской, технологической, организационно-распорядительной, проектной, нормативно-технической);
- Управление разработкой данных и документации (совместная работа в рабочей группе, управление составами и конфигурацией изделий);



- Управление структурой изделия, включая управление конфигурацией изделия;
- Возможность универсального, безопасного и управляемого доступа к данным об изделии;
- Поддержание целостности и актуальности информации, определяющей изделие на протяжении всего его жизненного цикла;
- Ведение классификаторов, справочников, библиотек стандартных изделий;
- Управление и поддержка бизнес-процессов, используемых при согласовании разрабатываемой документации.

Стратегия внедрения электронного документооборота

В соответствии с концепцией развития информационных технологий в промышленно-оборонном комплексе, с целью построения единого информационного пространства (ЕИП) на предприятии активно внедряется электронный документооборот (рис. 2).

Стратегия перехода от бумаги к ЭД помогла выделить основные причины перехода к электронному документообороту:

- Внедрение электронной подписи;
- Задействование в согласовании всех служб предприятия;
- Сокращение времени, затрачиваемого на КТПП;
- Получение экономической выгоды от внедрения методологии нисходящего проектирования и электронного технического документооборота в КТПП;

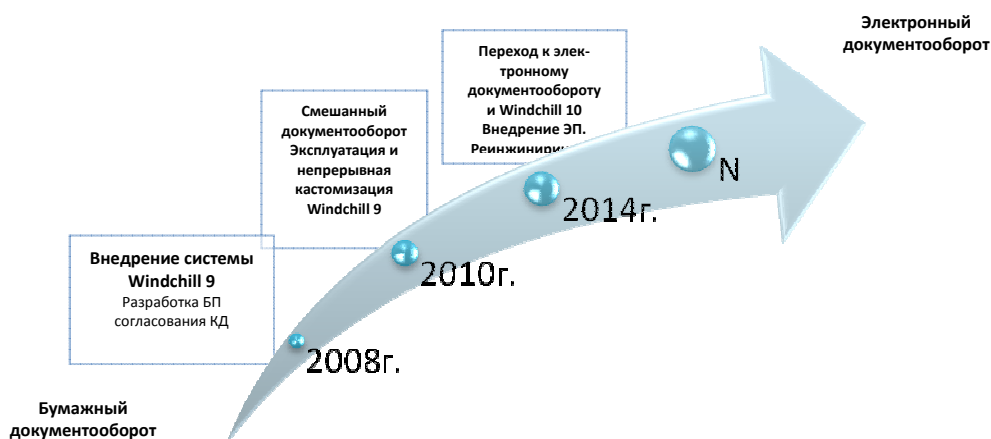


Рис. 2. Стратегия внедрения электронного технического документооборота

Основные и наиболее ожидаемые положительные результаты от внедрения электронного документооборота:

- существенное сокращение сроков разработки конструкторской и всей сопутствующей документации с минимальным количеством извещений об изменении (разработка изделия «с первого захода»);



- коллективная работа проектно-конструкторских подразделений предприятия над проектами с разграничением прав доступа к его составным частям;
- надежное хранение и быстрый поиск информации в электронных архивах;
- максимальное использование в новых разработках отработанных и проверенных технических решений, хранящихся в базе данных (БД);
- исключение ошибок за счет устранения нескольких источников хранения одной и той же информации разных версий;
- быстрый и качественный выпуск на рынок изделия, соответствующего требованиям стандартов;

Электронный технический документ

Ядром электронного технического документооборота является электронный технический документ (рис. 3).

ЭТД – это конструкторский документ, выполненный в электронной форме как структурированный набор данных, создаваемых программно-техническим средством. ЭТД состоит из реквизитной и содержательной части.

В данный момент конечным результатом конструкторской интеллектуальной деятельности является бумажный документ (чертеж). Но после внедрения электронной подписи, силу подлинника приобретает не только чертеж, выполненный в электронном виде, но и ассоциативно связанная с ним 3D модель, которая подписывается электронной подписью так же, как и чертеж.

Реквизитная

Реквизитная часть состоит из структурированного по назначению набора реквизитов и их значений

Содержательная

Содержательная часть состоит из одной или нескольких информационных единиц, содержащих необходимую информацию об изделии. информации.

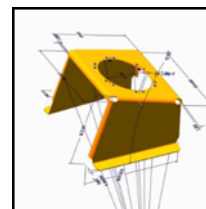
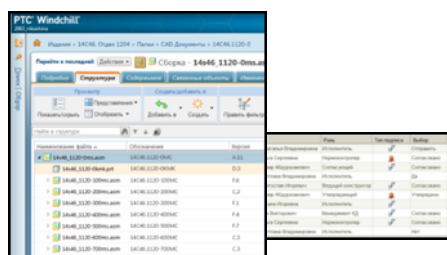


Рис. 3. Электронный технический документ

Электронная подпись (ЭП) на предприятии

ЭП на внедрена на предприятии с положением, основанном на Федеральном законе №63-ФЗ «Об электронной подписи» от 06.04.2011.

Существует два вида ЭП:

- 1) Простая ЭП - учетная запись пользователя (логин и пароль);



2) Усиленная - ключ электронной подписи, полученный в Удостоверяющем центре АО РКЦ Прогресс.

ЭП - неотъемлемая часть реквизитной части ЭТД, предназначенная для удостоверения и подтверждения его подлинности и целостности.

Электронная структура изделия (ЭСИ)

Основной единицей хранения данных об изделии является электронная структура изделия (ЭСИ), которая определяет совокупность составных частей изделия и связей между ними, определяющих входимость этих составных частей. Из общей структуры изделия можно перейти к каждому конкретному узлу или агрегату, открыть его графическое представление, просмотреть основные атрибуты и получить полную информацию об объекте.

Структура изделия позволяет:

- Генерировать спецификацию изделия;
- Поддерживать актуальность данных об изделии;
- Отслеживать проводимые изменения;
- Управлять конфигурациями изделия.

Из правильно сформированной структуры изделия (у которой правильно заданы все атрибуты), спецификация на изделие формируется нажатием одной кнопки с помощью генератора спецификаций.

Бизнес-процессы на предприятии

В данный момент на предприятии АО РКЦ Прогресс существуют следующие БП: предварительное согласование КД; предварительная проработка на технологичность КД; согласование и запуск КД; изменение КД; ПИ/ДПИ КД; запуск и изменение КД смежников; листок запуска

В рамках поставленных перед предприятием задач, был проведен реинжиниринг всех бизнес-процессов. Более подробно мы остановимся на процессах согласования и изменения КД с ЭП.

Процесс согласования КД С ЭП

Данный бизнес-процесс предназначен для согласования и утверждения вновь запускаемой конструкторской документации. Согласование идет последовательно. На каждую роль в контексте изделия назначены соответствующие участники.

Завершающим этапом проверки КД каждой из представленных служб, является простая или усиленная ЭП. Усиленная ЭП выделена красным цветом. На следующем слайде представлена принципиальная схема процесса согласования КД с ЭП (рис. 4).



Рис. 4. Принципиальная схема процесса согласования КД с ЭП

С помощью стандартного редактора шаблонов маршрутов (рис. 5) были существенно модернизированы и оптимизированы БП, созданные в 2010г. БП состоит из узлов процессов, роботов, задач, коннекторов, блоков и подпроцессов. В свою очередь робот содержит Java-код, который определяет, какую из веток согласования выбрать в определенной задаче. В самих задачах есть «переходы», которые обозначают состояние задачи. Для каждого перехода есть свой Java-код, который исполнится, как только задача перейдет в это состояние.

ЖЦ процесса согласование КД с ЭП состоит из следующих этапов: открыт; на проверке; согласовано; выпущено; отменено.

Примечание: Процесс изменения КД с ЭП предназначен для проведения согласования и утверждения изменений КД. Принципиальных отличий процесса согласования от изменения нет, кроме того, что изменение КД сопровождается созданием новой версии документа в соответствии с извещением.

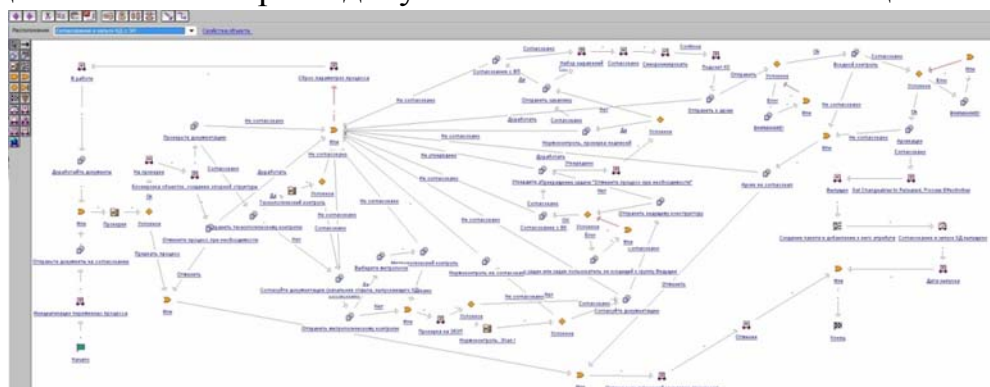


Рис. 5. Процесс согласования КД с ЭП в стандартном редакторе шаблонов маршрутов Windchill



Экономический эффект от внедрения применяемых технологий

За исходные данные для расчёта берется трудоемкость конструкторско-технологической подготовки производства космического аппарата, выполненной по традиционной технологии, и трудоемкость на конструкторско-технологическую подготовку производства космического аппарата, с применением сквозного процесса построенного на решениях, представленных выше.

Расчет экономического эффекта производится по разнице между Экономией и Инвестициями. В качестве Экономии принимается уменьшение средств, получаемых при уменьшении времени на конструкторско-технологическую подготовку производства с применением сквозного процесса, реализуемого на решениях, представленных выше. Экономическую эффективность будем считать через коэффициент ROI (от англ. return on investment) - возврат инвестиций по формуле (1):

$$ROI = \frac{(\text{Экономия} - \text{Инвестиции})}{\text{Инвестиции}} * 100\%, \quad (1)$$

Исходные данные для расчета Экономического эффекта (ЭЭ) были известны:

- трудоемкость на конструкторско-технологическую подготовку производства по традиционной технологии;
- трудоемкость на конструкторско-технологическую подготовку производства с применением технологии нисходящего проектирования;
- Стоимость одного ч. дня.

Т.о. при подстановке известных величин в формулу (1), получаем (2):

$$ROI = \frac{\text{ЭЭ}}{И} * 100\% = 20,16\%, \quad (2)$$

Вывод: Эффективность от указанных затрат становится положительной и начинает оправдывать себя при увеличении числа разрабатываемых изделий. При данном уровне вложений и при имеющемся снижении трудозатрат эффект наступает начиная со второго изделия.

Литература

1. Никашина И.В., Филатов А.Н., Микушкина С.М., Рогова Т.С. Электронный технический документооборот конструкторской документации как основа единого информационного пространства ОАО «РКЦ «Прогресс» // Мат-лы XX Научно-технической конференции молодых ученых и специалистов, г. Москва, ОАО РКК «Энергия» имени С.П. Королева, 2014г. – с.627-629.
2. Никашина И.В., Филатов А.Н., Микушкина С.М. Электронный технический документооборот конструкторской документации как основа единого информационного пространства предприятия аэрокосмической отрасли // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т.15, №6(4), 2013. – с.998-1003.



3. Филатов А.Н., Стерликов К.В., Микушкина С.М. Технология нисходящего проектирования изделий РКТ, основанная на решениях компании РТС. // Автоматизация проектирования, №2/2013 - с.46-49.

4. Филатов А.Н. «Фундамент для управления жизненным циклом ракетно-космической техники уже создан!» // CAD/CAM/CAE Observer #8 (92) / 2014. - с.8-22.

К.С. Попов, С.А. Ляшева

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ

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

Рабочее время сотрудников - это ценный и очень важный ресурс для любого предприятия. В современных условиях, проблема учета рабочего времени становится одним из самых важнейших факторов, который повышает конкурентоспособность компании. Внедрение разрабатываемой системы поможет повысить уровень дисциплины, приведёт к росту производительности труда, к экономическому росту.

В настоящее время актуальна проблема учета рабочего времени сотрудников на предприятиях. Процесс учета рабочего времени является очень трудоемким. Поэтому, для упрощения процедуры подсчета времени, своевременного и оперативного упорядочения всех данных о сотрудниках, применяются автоматизированные системы учета рабочего времени. Основной принцип работы таких систем - это учет общего количества отработанных каждым сотрудником часов, проведение и учет всех опозданий.

Целью данной работы является разработка системы, которая, кроме учёта времени прихода и ухода с работы, так же будет отслеживать, какие задачи были выполнены в течение рабочего дня, и сколько времени понадобилось на выполнение каждой из поставленной задачи. Кроме этого, система будет отслеживать те моменты, когда сотрудник отлучается с рабочего места на некоторое время.

Информация о каждом сотруднике и о задачах, которые были ему поставлены, хранятся в Базе Данных, и на основании этих данных система будет иметь возможность формировать отчеты о продуктивности каждого из сотрудников.

Разрабатываемая система работает по принципу клиент – сервер (т.е. состоит из двух частей: клиента и сервера).

На рисунке приведена общая схема системы в целом:

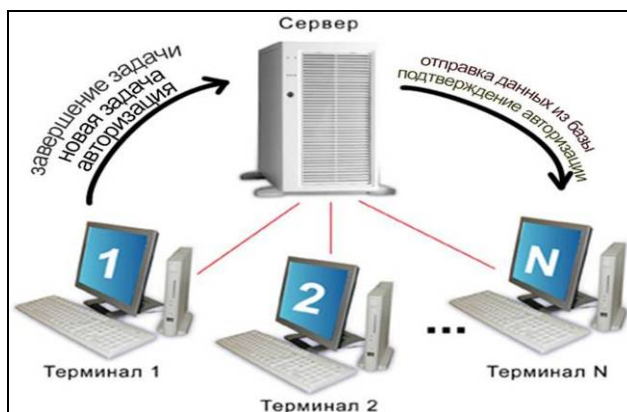


Рис. 1

Для решения задачи используется язык программирования C# и технологии Windows Communication Foundation (WCF). Среда разработки: Visual Studio 2012. В качестве базы данных используется PostgreSQL.

Службы данных WCF взаимодействуют с базой данных напрямую, что позволяет возвращать данные с помощью стандартных операций HTTP.

Таким образом, службы данных WCF оптимально подходят для приложений, используемых при работе с базами данных.

Каждому сотруднику, в зависимости от должности, которую он занимает, отведена определенная роль. При авторизации пользователя, в зависимости от этой роли будет открываться определенный модуль. Каждый модуль имеет свой собственный функционал. Тем самым система имеет несколько режимов работы, вследствие чего происходит распределение прав и возможностей между всеми пользователями системы.

Для примера приведем несколько вариантов работы системы.

Модуль администратора (рис. 2).

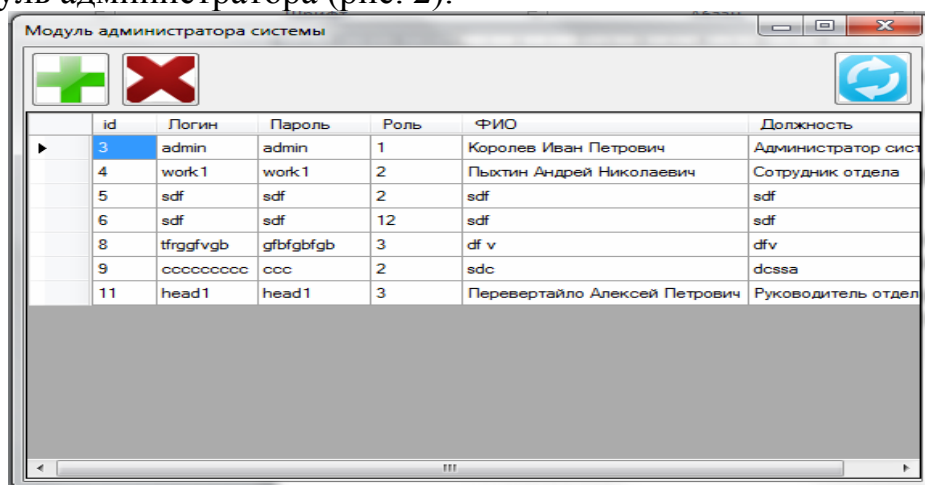


Рис. 2

При загрузке формы администратора происходит отображение уже существующих пользователей системы. Предусмотрена возможность редактирования – добавление пользователя и удаление пользователя.

Модуль сотрудника (рис. 3):

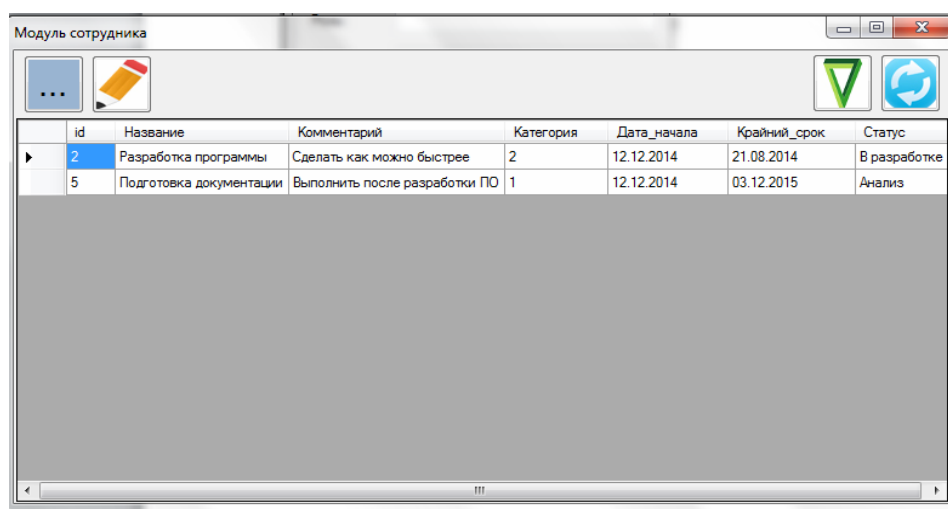


Рис. 3

В данном окне (рис. 3) отображаются задачи, поставленные сотруднику, прошедшему авторизацию. При открытии этого модуля, кроме просмотра самих задач, доступна возможность открыть дополнительные сведения о задаче, изменить текущий статус, определить фильтрацию данных.

Получение и отправка всех данных, отображаемых в выше представленных формах, происходит при помощи классов и методов, реализованных на WCF сервере.

Для хранения всей информации в базе данных используются три таблицы: Task, Users, Visit.

В таблице “Task” (рис. 4) находится информация о задачах, поставленных кому-либо из сотрудников (название, категория, статус, даты начала и окончания выполнения задания, различные комментарии, логин пользователя, на которого возложена данная задача). Доступ к данной таблице будет у всех пользователей, но с некоторыми ограничениями, которые будет накладывать отведенная роль.

id	login	task_name	comment	category	date_beg	date_end	state
integer	character varying	character varying	character varying	numeric	date	date	character varying

Рис. 4

В таблице “Users” (рис. 5) хранятся данные обо всех пользователях (логин, пароль для входа в систему, отведенная роль, ФИО, занимаемый пост). Доступ к этой таблице будет только у администратора системы.

id	login	password	role	fio	post
serial	character varying	character varying	numeric	character varying	character varying

Рис. 5

Таблица “Visit” (рис. 6) предусмотрена для хранения информации о посещаемости сотрудников. Доступ к данной таблице будет у пользователей, занимающих руководящие должности.

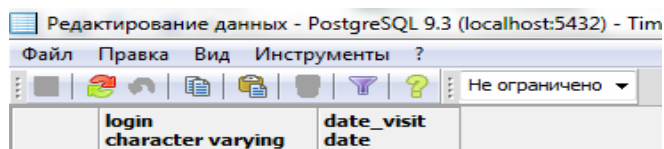


Рис. 6

Подводя итог, можно сказать, что разрабатываемая система учёта рабочего времени имеет неоспоримое преимущество перед традиционными способами контроля:

- она автоматизирована;
- лишена человеческого фактора.

Взвешенные решения по оптимизации рабочего времени можно принимать только при точном понимании, сколько времени тратится непродуктивно. С системой контроля рабочего времени трудовые показатели непременно возрастут. Для любого бизнеса, учёт рабочего времени сотрудников - неотъемлемая часть технологического процесса, и без специальных систем, контролирующих работников, ни одному предприятию, если оно хочет получать наибольший экономический эффект, никак не обойтись.

М.С. Соколова

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС С ОЦЕНКОЙ АЛЬТЕРНАТИВ ПО КРИТЕРИЯМ ЛПР ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА (НА ПРИМЕРЕ ПРИЕМА НА РАБОТУ)

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Чуть ли не каждый месяц подписываются документы о принятии на работу. Зачастую, принимая человека на какую-либо должность, работодатель не до конца уверен, что именно этот кандидат подходит.

Цель работы - разработка программного комплекса, позволяющего оценить уровень нервно-психической устойчивости кандидатов, при приеме на работу (на примере приема в ведомственную охрану на железной дороге).

Основная задача работы - компьютерное преобразование теста НПУ[1] с бумажного носителя в программный продукт, оценка альтернатив на основе разработки и программной реализации метода ПРИНН (Принятие Решений в условиях Неопределенности)[2].

Актуальность разработки специализированного программного комплекса определяется необходимостью автоматизации процесса прохождения тестов соискателями для устранения недостатков существующей системы приема, а именно: бумажная волокита, субъективный выбор, низкая производительность труда.

На данный момент существует множество программ для определения нервно-психической устойчивости, но они требуют связь с Интернетом, ни одна не предлагает применение методов многокритериального принятия решений.



Например, «Тест - оценка нервно-психической устойчивости педагога» – выдает количество баллов, а характеристику устойчивости нужно выбирать самостоятельно [3].

Один из Интернет-ресурсов [4], позволяет любому пользователю проверить устойчивость психики без участия психолога, но для работодателя, принимающего решение, недостаточно информации о результатах прохождения теста.

Исходными данными для разработанного программного комплекса являются вопросы теста, таблица ответов для анализа психической устойчивости, таблица ответов для определения процента искренности при ответах на вопросы теста, представленные в виде текстовых документов на бумажном носителе. Программный комплекс выдает результат уровня психической устойчивости (в баллах) и прогноз о целесообразности принятия на работу. Обработку начинают со шкалы искренности, которая складывается из суммы баллов полученных при ответе на 15 специально разбросанных по основному тесту вопросов. Полученное число соответствует значению шкалы искренности в баллах. Если соискатель получил 10 и более баллов, то использовать данные теста не рекомендуется. Затем подсчитывается сумма баллов по вопросам для определения нервно-психической устойчивости. В результате обработки выводятся заключение, рекомендации и прогноз. После получения результата прохождения теста несколькими соискателями, для решения многокритериальной задачи нужно воспользоваться методом ПРИНН.

Метод ПРИНН позволяет не только работать с количественными, но и с качественными критериями и требует некоторой подготовки ЛПР. ЛПР может отнести критерии к различным группам важности. При изменении важности того или иного критерия результат существенно изменяется.

В результате программной разработки создан программный комплекс, обеспечивающий программную реализацию следующих функций:

- сбор и обработка информации о кандидатах, ответах на вопросы теста, определение искренности ответов на вопросы теста.
- хранение информации в БД

Пользовательский интерфейс разработанного программного комплекса представлен следующими основными формами:

- 1) «Анкетные данные»
- 2) «Вопросы теста»
- 3) «Вывод результатов»

В первой форме путем ввода с клавиатуры, выбора из выпадающего списка загрузки из файла задаются исходные параметры.

После ввода основных данных пользователь попадает на окно с вопросами теста, после прохождения которых, выходит оценка нервно-психической устойчивости и процент искренности. Данные необходимые для организации, принимающей на работу, записываются и хранятся в БД.

Реализованный программный комплекс (далее ПК) позволяет оценивать уровень нервно-психической устойчивости, заносит сведения в БД для дли-



тельного хранения, что необходимо для решения многокритериальной задачи по приему на работу кандидатов с использованием метода ПРИНН.

ПК прошел успешную апробацию на предприятии г.Абдулино Оренбургской области. После небольшой доработки, комплекс будет внедрен в ранее упомянутую организацию.

Литература

1. Анкета оценки нервно-психической устойчивости [Электронный ресурс]: URL:http://psylab.info/Анкета_оценки_нервно-психической_устойчивости_«Прогноз-2»
2. Пиявский С.А. Метод принятия решений в условиях многообразия способов учета неопределенности, Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. №1, 2010 – С.46-61
3. Тест - оценка нервно-психической устойчивости педагога [Электронный ресурс]: URL: <http://www.psi-test.ru/zdorovie/nervno-psix.html>
4. Психологический тест [Электронный ресурс]: URL: <http://www.n-ataeva.ru/tests/>

С.В. Сорокин, М.П. Строганов, М.А. Щербаков

РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА НАУЧНО-ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УНИВЕРСИТЕТА

(Пензенский государственный университет)

В работе рассматривается рейтинговая оценка научно-инновационной деятельности университета и информационное обеспечение для ее реализации.

Использование рейтинговой оценки научно-инновационной деятельности является необходимым условием качественного развития современного университета. Постоянно увеличивающаяся потребность в инновациях, научных исследованиях и разработках требует значительных финансовых затрат как со стороны государства, так и со стороны бизнеса. При этом главной задачей является их эффективное использование, в том числе при стимулировании научно-инновационной деятельности. В связи с этим, в Пензенском государственном университете была разработана система рейтинговой оценки, позволяющая активизировать инновационную составляющую деятельности университета и сферу научных исследований.

Информационное обеспечение системы рейтинговой оценки состоит из реляционной базы данных [1,2], системы управления базой данных (СУБД) Interbase, и клиентского приложения, предназначенного для операционной системы Windows. База данных и СУБД располагаются на сервере, доступ к которому осуществляется с помощью локальной вычислительной сети. Клиентское приложение разработано с использованием системы визуального объектно-ориентированного программирования Delphi. Связь клиентского приложения и



СУБД осуществляется при помощи технологии dbExpress, которая позволяет легко распространять приложения баз данных. Данная технология реализуется в виде набора соответствующих драйверов, учитывающих специфику определенной СУБД и обеспечивающих клиенту единый формат взаимодействия.

Основные формы клиентского приложения следующие: карточка сотрудника, карточка кафедры, карточка факультета, итоговая форма. Каждому сотруднику университета назначается пароль и создается персональная карточка, которая состоит из общих сведений и показателей рейтинговой оценки. Рейтинг преподавателя представлен тремя составляющими: квалификационная составляющая, ежегодная составляющая и суммарный рейтинг (сумма квалификационной и ежегодной составляющих). Квалификационная составляющая рейтинга представлена двумя подразделами: научно-педагогическая квалификация (учебная степень, звание, членство в академиях) и участие в работе научно-методических советов. Ежегодная составляющая рейтинга складывается из публикаций, изобретательской деятельности, международной деятельности, участия в выполнении НИР, участия в научных мероприятиях. Каждому показателю соответствует определенный весовой коэффициент. Итоговый рейтинг сотрудника вычисляется следующим образом:

$$\sum_{i=1}^N v_i \cdot w_i ,$$

где v_i – значение i -го показателя, w_i – весовой коэффициент i -го показателя, N – количество показателей. В конце года подводятся итоги рейтинговой оценки, и происходит поощрение лучших сотрудников.

Помимо рейтинга преподавателя существуют рейтинги кафедр и факультетов. Рейтинг кафедры состоит из среднего рейтинга сотрудников кафедры и интегрального рейтинга. Рейтинг факультета рассчитывается как и рейтинг кафедры, за исключением показателей интегрального рейтинга. Средний рейтинг сотрудников кафедры вычисляется путем суммирования суммарных рейтингов сотрудников, после чего полученная сумма делится на количество преподавателей. Интегральный рейтинг определяется с помощью следующего выражения:

$$\sum_{i=1}^N (v_i - n_i) \cdot w_i ,$$

где v_i – значение i -го критерия, n_i – норма i -го критерия, w_i – весовой коэффициент i -го критерия, N – количество критериев. Критерии для кафедры и факультета и их весовые коэффициенты ежегодно определяются на ученом совете университета. В качестве примера данных критериев можно привести следующие: процент докторов наук, профессоров, процент преподавателей с учеными степенями и званиями.

Отличительной особенностью данной системы является возможность изменения как показателей, так и соответствующих весовых коэффициентов. Например, для стимулирования защиты диссертаций сотрудниками университета



следует увеличить весовой коэффициент данного показателя, что в конечном итоге скажется на результирующем рейтинге кандидатов и докторов наук.

Используя язык запросов SQL, администратор базы данных может выполнять любые запросы: сколько патентов получили сотрудники, кто из преподавателей повысил квалификацию, какое количество кандидатов наук в возрасте до 27 лет участвовали в конференции за рубежом, и другие.

В заключении стоит отметить, что система рейтинговой оценки научной деятельности функционирует в Пензенском государственном университете с 2003 года, и с ней ежедневно и одновременно работают более 900 пользователей разных подразделений вуза. За время проведения рейтинга не было зафиксировано какого-либо сбоя функционирования системы и нарушения целостности данных. В настоящее время осуществляется разработка web-интерфейса клиентской части.

Литература

1. Конноли, Т. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика, 2-е изд.: [пер. с англ.] / Конноли Т. Бегг К., Страчан А. – М.: Вильямс, 2001г. – 1120 с. – ISBN 5-8459-0109-X (рус.)

2. Codd, E. F. A relational model of data for large shared data banks. / E. F. Codd // Communication of the ACM, 13(6), 1970, pp.377-387.

Е.А. Уваров, В.В. Козлов

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ В СЕМЕСТРЕ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Главная задача высшей школы заключается в достижении студентами качеств, которые должны соответствовать требованиям, предъявляемым личности в современных реалиях, где социально-экономические условия меняются чрезвычайно быстро. Эти требования состоят в ключевых компетентностях, которые позволяют реализовать себя в современном информационном обществе.

Понятие «компетентность», можно объяснить, как уже состоявшееся личное качество, позволяющее решать задачи, возникающие в реальной жизни на накопленных знаниях, жизненного опыта и полученных навыков. Компетентности нужны всем и в любой отрасли, так как они связаны с успехом личности в переменчивом мире.

Чтобы образование достигло нового уровня развития, необходимо усиление личностной направленности образования. Именно в этом могут помочь компетентности. Одним из важных оснований выделения компетентностей является создание наиболее благоприятных условий для саморазвития учащихся в образовательном процессе. Следует учитывать, что для каждого возраста характерна своя система ценностей, которая проявляется в позициях, социальных ролях, значимых проблемах.



Кардинальным образом должна измениться роль преподавателя в образовательном процессе: от простой трансляции знаний он должен перейти к индивидуальной корректировке траектории интеллектуального и личностного роста студента, то есть к развитию его компетентностей.

В соответствии с гипотезой С.А. Пиявского, количественными показателями, описывающими научную квалификацию личности, являются характеристики ее способности реализовывать основные элементы исследовательской деятельности, а именно: девять функций исследовательской деятельности [1].

Список функций исследовательской деятельности:

1. Поиск тематики
2. Постановка и формализация темы исследования
3. Формирование идеи и плана решения
4. Выбор, освоение и реализация необходимого обеспечения
5. Реализация отдельных элементов исследования
6. Синтез решения
7. Оформление решения
8. Ввод в научный обиход, защита и сопровождение решения
9. Внутренний критический анализ решения

Целью научной работы является разработка информационной системы, которая позволит педагогу проектировать научно-исследовательскую деятельность студентов в семестре. Система будет еженедельно формировать преподавателю список студентов с их темами и указанием какие функции сделать более нагруженными. Система будет отслеживать какие функции у учащихся начали развиваться или спадать. Это было бы также весьма актуально при индивидуализированном обучении [2,3,4,5].

Таким образом, это должно способствовать к правильному и высокому развитию компетентностей у студентов, что повлияет на их успехи в научно-исследовательской деятельности.

Литература

1. Пиявский, С.А. Метод «шансов» принятия решений в условиях неопределенности при математическом моделировании развития исследовательских способностей молодежи [Текст] / С. А. Пиявский, Самара, 2014. – 25 с.
2. Козлов, В.В. Индивидуализация учебного процесса в инфокоммуникационной среде вуза / Козлов В.В. // Saarbruecken, Germany, 2012. – 111 с. – ISBN 978-3-8473-7586-9.
3. Козлов, В.В. Планирование и организация учебного процесса в вузе на основе информационной технологии индивидуализированного обучения: дис. к.т.н.: 05.13.10 : / Козлов В.В. – М., 2010. – с. 160, Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС".
4. Козлов, В.В. Технология индивидуализированной подготовки специалистов в области инфокоммуникаций на основе математического моделирования / Козлов В.В. // Известия Самарского научного центра



Российской академии наук. 2009. Т. 11. № 5-2. С. 499-501. - ISSN 1990-5378.

5. Козлов, В.В. Модель индивидуализированной подготовки специалистов в инфокоммуникационной среде вуза / Козлов В.В., Пиявский С.А. // Инфокоммуникационные технологии. 2009. Т. 7. № 3. С. 93-98. - ISSN 2073-3909.

А.И. Хвостов¹, А.А. Трешников², Л.С. Зеленко¹

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ДОКУМЕНТИРОВАНИЯ ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЭС

(¹ Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет),

² ООО Научно-внедренческая фирма «Сенсоры. Модули. Системы»)

На сегодняшний день гидроэнергетика является ключевым элементом обеспечения системной надежности Единой Энергосистемы страны, располагая более 90 % резерва регулировочной мощности. Из всех существующих типов электростанций именно ГЭС являются наиболее маневренными и способны при необходимости существенно увеличить объемы выработки электроэнергии в считанные минуты, покрывая пиковые нагрузки.

Контроль процесса выработки и отпуска электроэнергии, состояния и режимов работы оборудования в настоящее время выполняется оперативным персоналом дежурной смены электростанции по приборам, расположенным на рабочих местах и непосредственно на технологическом оборудовании, мнемосхемам, а также путем визуального осмотра оборудования.

Оперативный персонал ГЭС, используя значения параметров и сигналы состояния объектов, технические условия эксплуатации, инструкции, должностные обязанности и плановые задания, выполняет контроль техпроцесса с документированием результатов в первичных и плановых документах.

По разным причинам при работе персонала могут возникать следующие проблемы:

- низкая скорость реакции на изменения, в результате чего информация становится доступной, когда оперативная реакция уже невозможна;
- при сборе большого количества параметров информация, полученная в начале замеров, становится неактуальной;
- неэффективность работы – разные сотрудники постоянно тратят существенное время на одни и те же действия по получению и обработке данных;
- неэффективность управленческих решений – решения принимаются не на основе «анализа информации», а на базе «опыта и интуиции».

В связи с этим перед авторами была поставлена задача – разработать подсистему формирования и документирования водно-энергетических показателей ГЭС, которая войдет составной частью в единую информационную среду ГЭС.



Разработанная подсистема реализована в виде клиент-серверного приложения и решает следующие задачи:

- разграничивает права доступа к различным документам;
- формирует документы на основе исходных (архивных) показателей, полученных из центра сбора и обработки данных (ЦСОД) (на рис. 1 представлено главное меню приложения со списком доступных документов);

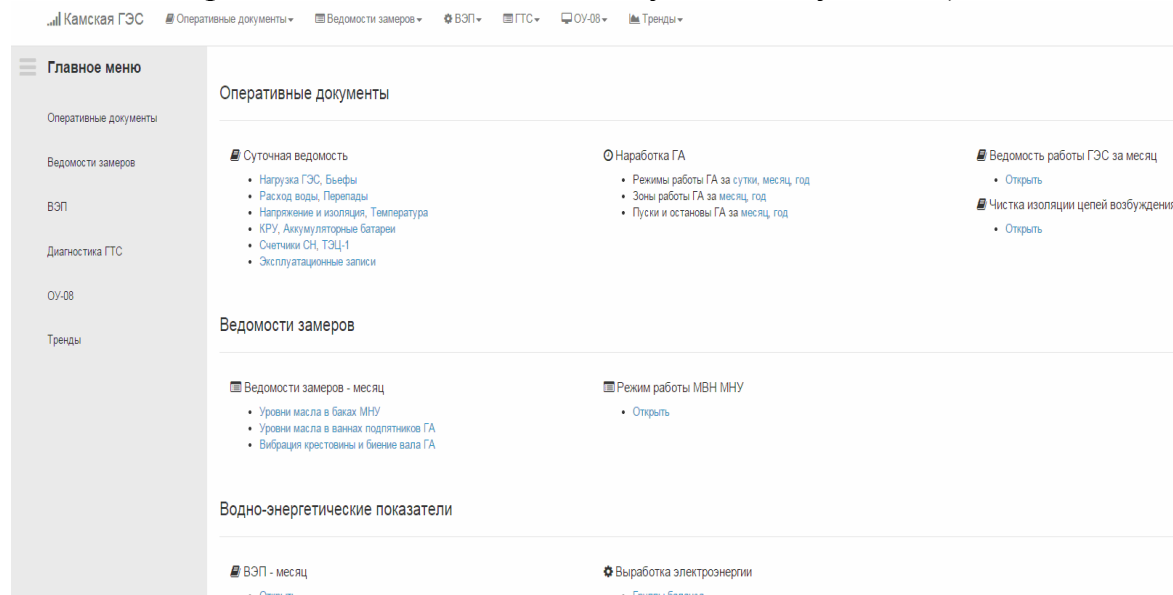


Рис. 1. Главное меню разработанной подсистемы

- вычисляет расчетные показатели и позволяет настраивать параметры формирования документов (на рис. 2 представлен документ «Суточная ведомость» за 19.03.2015, открыта таблица «Нагрузка ГЭС» и выбраны несколько параметров для отображения на графике);

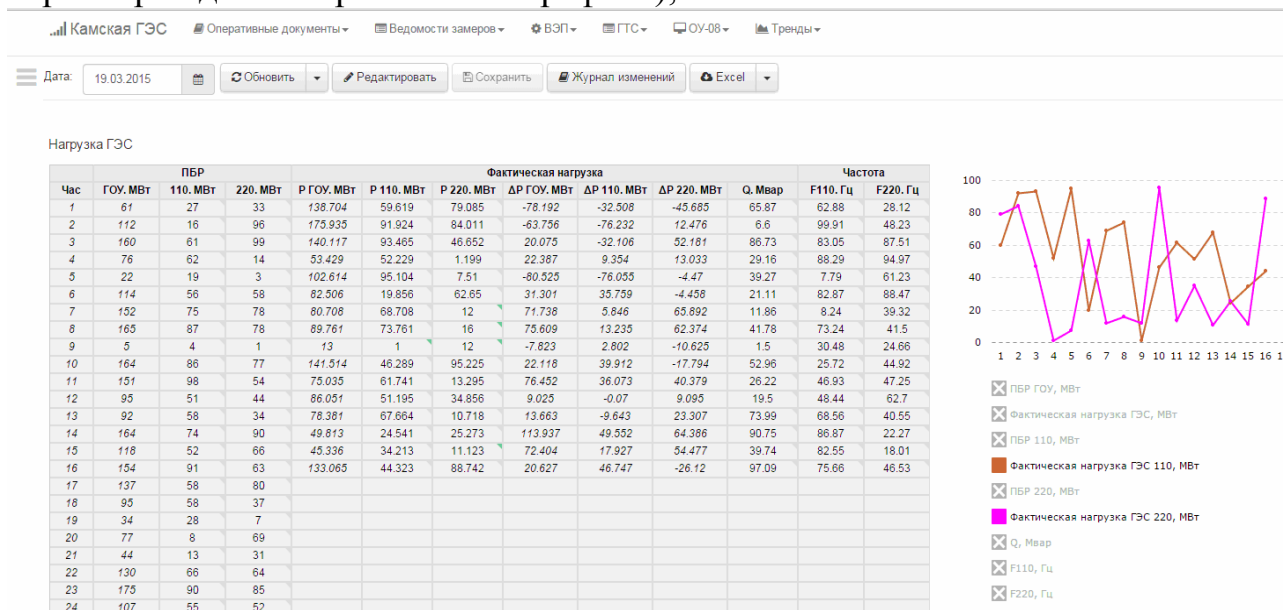
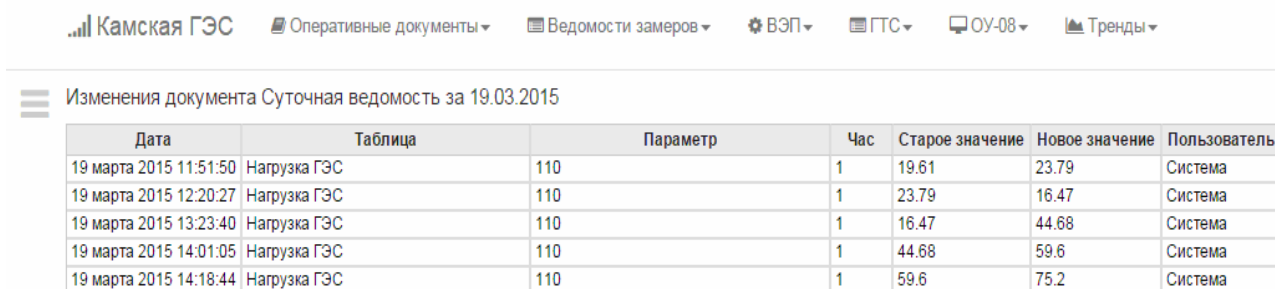


Рис. 2. Настройка параметров на примере «Суточной ведомости»



– обеспечивает ручной ввод и редактирование значений параметров, на основании действий пользователя формирует журнал изменений (на рис. 3 представлен журнал изменений документа «Суточная ведомость» на 19.03.2015 с записью измененных значений в базу данных ЦСОД);

– позволяет вести эксплуатационные записи и экспортировать документы в файлы формата *.xls и *.pdf.



Дата	Таблица	Параметр	Час	Старое значение	Новое значение	Пользователь
19 марта 2015 11:51:50	Нагрузка ГЭС	110	1	19.61	23.79	Система
19 марта 2015 12:20:27	Нагрузка ГЭС	110	1	23.79	16.47	Система
19 марта 2015 13:23:40	Нагрузка ГЭС	110	1	16.47	44.68	Система
19 марта 2015 14:01:05	Нагрузка ГЭС	110	1	44.68	59.6	Система
19 марта 2015 14:18:44	Нагрузка ГЭС	110	1	59.6	75.2	Система

Рис. 3. Журнал изменений документа «Суточная ведомость» на 19.03.2015

Подсистема реализована с помощью языков JavaScript и C# с использованием технологии создания веб-приложений ASP.NET и MVC Framework. В качестве системы управления базой данных выбрана Microsoft SQL Server 2008.

Разработанная подсистема автоматизировала все процессы, связанные с обработкой, формированием и документированием водно-энергетических показателей ГЭС, что в свою очередь позволило повысить достоверность и актуальность информации, а также увеличить скорость оперативной реакции на ее изменения.



АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

А.Е. Акимова¹, А.А. Трешников², Зеленко Л.С.¹

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ГЭС

(¹ Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет),
² ООО Научно-внедренческая фирма «Сенсоры. Модули. Системы»)

Гидроэнергетика – одно из наиболее эффективных направлений электро-энергетики, гидроэлектростанции позволяют вырабатывать и распределять электроэнергию между потребителями. Контроль процесса выработки и отпуска электроэнергии в настоящее время выполняется оперативным персоналом дежурной смены электроцеха ГЭС по приборам, расположенным на рабочих местах и непосредственно на технологическом оборудовании.

Контроль за состоянием и режимами работы оборудования, находящегося в машинном зале, осуществляется по мнемосхемам и приборам, расположенным непосредственно на оборудовании, а также путем визуального осмотра оборудования.

Контроль работы оборудования объединенных распределительных устройств (ОРУ) выполняется дежурными смены электроцеха по приборам и мнемосхемам, расположенным на подстанционных пунктах управления.

Обобщенный контроль за состоянием оборудования станции, включая оборудование машинного зала, оборудование ОРУ, и управление технологическим процессом выработки и отпуска электроэнергии выполняются персоналом дежурной смены центрального пункта управления (ЦПУ) по приборам и мнемосхемам, расположенным в помещении ЦПУ.

Процесс сбора полной информации об оборудовании гидроэлектростанции является трудоемким процессом, требующим больших затрат времени и приводящим к низкой производительности работы специалистов ГЭС. На разных мнемосхемах одинаковые элементы и объекты могут иметь разные формы отображения, а также могут отличаться цвета сигналов и оповещений. В связи с этим актуальной является задача разработки подсистемы отображения состояния оборудования ГЭС, которая позволит отображать технологическую информацию о состоянии оборудования в виде мнемосхем, таблиц, сообщений и трендов, а также унифицировать отображение объектов мнемосхем.

Основными функциями подсистемы являются:



- 1) визуализация процессов выработки, перетоков и распределения электроэнергии (на рис. 1 представлена главная экранная форма оперативного уровня):
 - а) управление выбором и просмотром мнемосхем с помощью меню;
 - б) отображение обобщенной оценки состояния параметра, узла объекта с помощью зон индикации в пунктах меню;

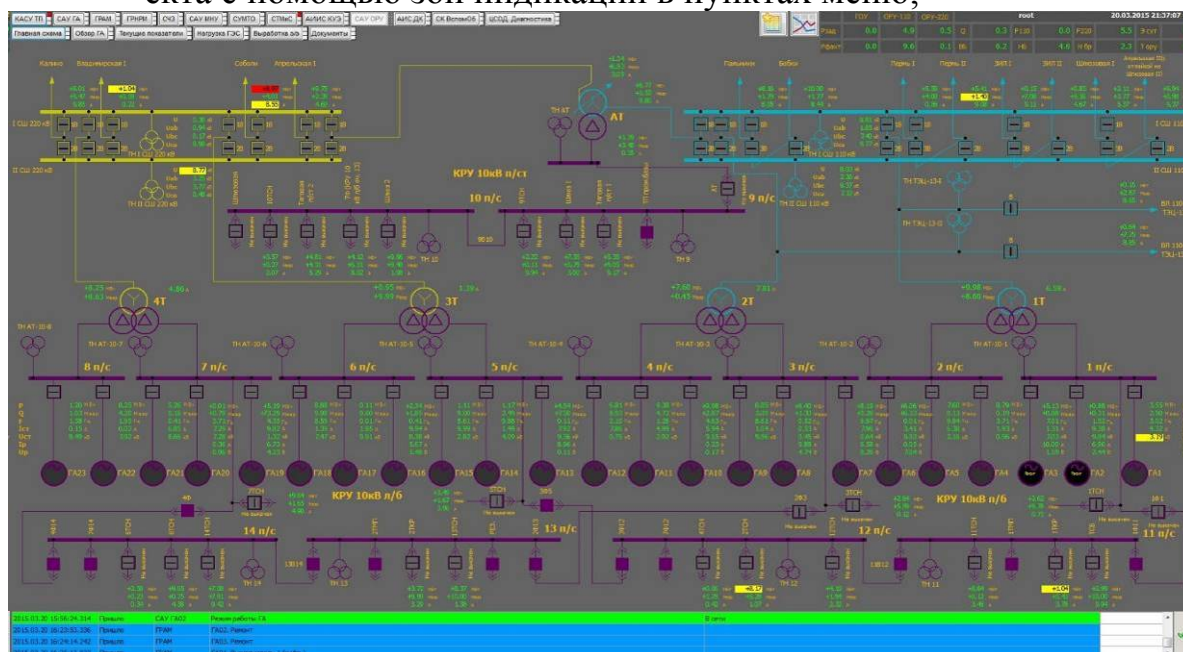


Рис. 1. Главная форма оперативного уровня

- в) отображение значений регистрируемых параметров на мнемосхемах;
- г) работа с параметрами на мнемосхемах:
 - просмотр значения параметра на мнемосхеме;
 - просмотр основной (рис. 2) и детальной (рис. 3) информации о параметре;

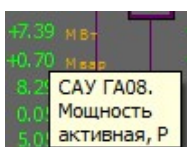


Рис. 2. Всплывающее окно с основной информацией о параметре

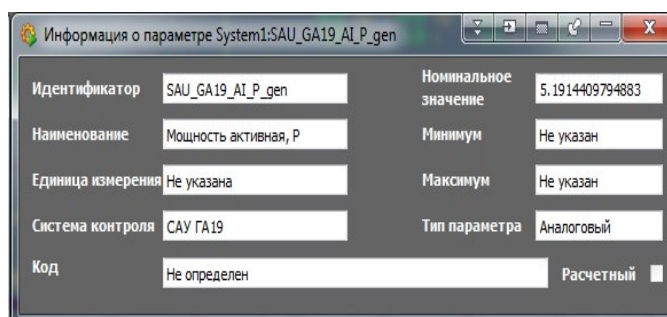


Рис. 3. Окно просмотра детальной информации по параметру



- просмотр тренда параметра (на рис. 4 представлена форма просмотра тренда с возможностью фильтрации по времени);
- д) отображение агрегированных показателей ГЭС;
- е) работа с оперативными сообщениями, формируемыми в информационной среде ГЭС:
 - просмотр и фильтрация полученных сообщений;
 - квитирование (подтверждение приёма-передачи) новых сообщений;

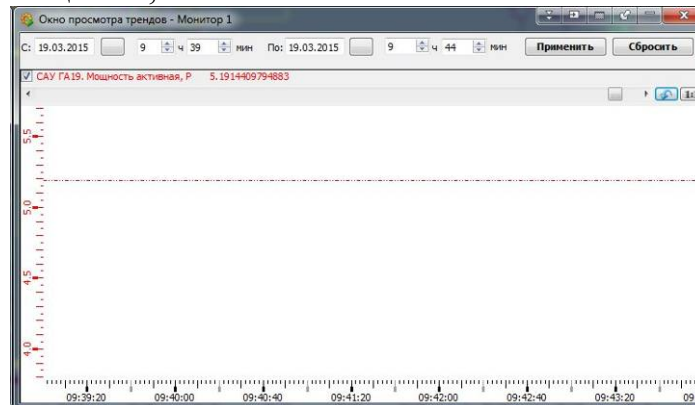


Рис. 4. Форма просмотра тренда с возможностью фильтрации по времени

- ж) работа с деревом объектов и параметров (на рис. 5 представлена форма просмотра сообщений):

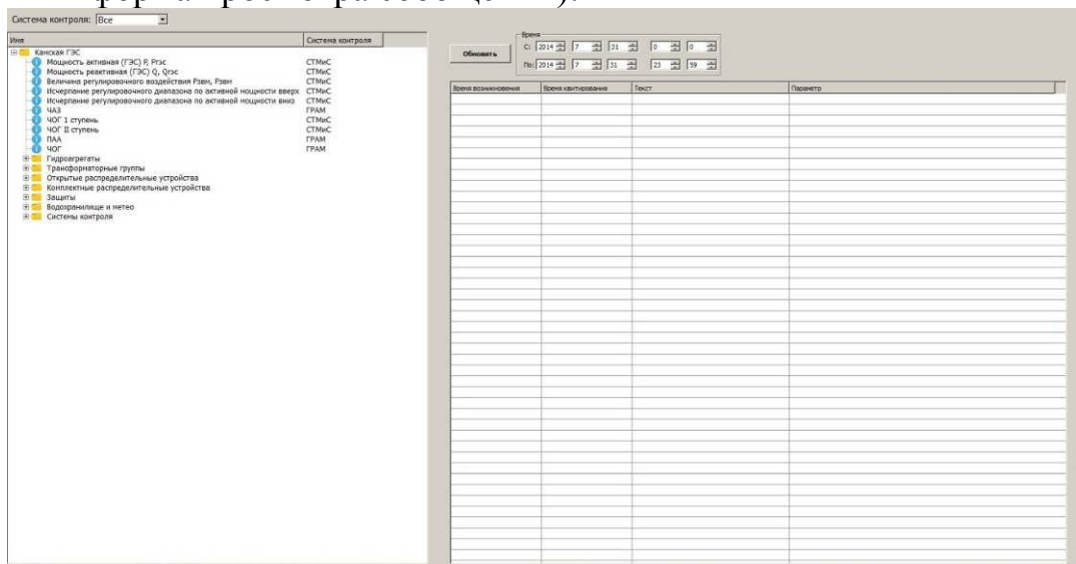


Рис. 5. Форма просмотра сообщений

- фильтрация дерева объектов и параметров по структуре объектов или систем контроля;
- выбор объекта и его параметров;
- представление значений выбранных параметров в графическом виде;
- отображение сообщений по объектам и параметрам, выбранным из дерева объектов и параметров;



- з) индикация параметров на мнемосхемах при получении сообщений о выходе параметра за границу аварийной или предупредительной уставки или возникновении неисправности;
- 2) загрузка значений параметров из базы данных центра сбора и обработки данных (ЦСОД);
- 3) запись операций диспетчера, регламентированных системой (квитирование сообщений, выдача команд) в архив ЦСОД.

Подсистема реализована с помощью SCADA-системы WinCC OA, а также на языке C# в среде программирования VisualSudio 2013.

Л.Э. Вилоп

УМЕНЬШЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В практике измерений физических величин встречаются случаи, когда допустимая погрешность измерения физической величины меньше предельной погрешности, которую самое точное (в соответствии с паспортными данными) средство измерения или отдельный измерительный преобразователь канала преобразования, выпускаемый промышленностью, может внести в результат измерения.

В современных измерительных системах таким функциональным узлом чаще всего является датчик. В некоторых случаях паспортное значение погрешности только самого точного датчика, выпускаемого промышленностью, без учёта погрешностей остальных измерительных преобразователей измерительного канала, превышает допустимую погрешность измерения физической величины.

Так, предельное значение погрешности измерения температуры самого точного платинового терморезистора с классом допуска А в соответствии с ГОСТ 6651-84 определяется формулой: $\Delta\Theta = \pm(0,15 + 0,002 |\Theta|)^{\circ}\text{C}$. То есть предельное значение погрешности, вносимой в результат измерения температуры 0°C , составляет $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$, что превышает допустимую погрешность измерения температуры хранения некоторых видов сельскохозяйственной продукции. Предельное значение погрешности, вносимой таким датчиком в результат измерения температуры $\pm 50^{\circ}\text{C}$ на входе в газотурбинный двигатель, составляет $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$, что соответствует полной допустимой погрешности измерения этой величины (бюджету погрешности) и исключает возможность реализации измерительного канала в целом. Схожие проблемы имеют место и при измерениях



высоких температур, например, $+900^{\circ}\text{C}$, при испытаниях газотурбинных двигателей.

Применение в ответственных случаях нескольких однотипных датчиков для одновременного измерения одной и той же физической величины с последующим усреднением результатов измерения не представляется правомерным, так как не гарантирует уменьшения погрешности измерения, определяемой для любого средства измерения как отклонение результата измерения международного эталона от его номинального значения.

Как правило, трудно устранимой является составляющая основной погрешности, вносимой мерой физической величины, используемой при градуировке измерительного канала в целом или отдельного измерительного преобразователя, например, того же датчика.

Уменьшение остальных составляющих основной погрешности измерительного канала, в большинстве случаев, менее проблематично. Так погрешность нелинейности, вносимая датчиком, может быть уменьшена до пренебрежимо малой величины кусочно-линейной аппроксимацией функции преобразования измерительного канала. Известными способами может быть уменьшена случайная погрешность (усреднением результатов измерений при условии неизменности измеряемой величины, увеличением разрядности аналого-цифрового преобразователя). В некоторых случаях (например, градуировкой только прямого хода в весоизмерительных системах) может быть уменьшена вариационная составляющая основной погрешности.

Для уменьшения некоторых составляющих дополнительной погрешности используется автокалибровка по входу измерительного канала или отдельной его части.

Единственной возможностью уменьшения составляющей основной погрешности, вносимой мерой физической величины, является дополнительная индивидуальная градуировка с использованием более точных средств измерения. Для датчика температуры это более точная мера температуры, воспроизводящая некоторое её значение, и более точное средство измерения выходной электрической величины датчика.

Например, для уменьшения аддитивной составляющей погрешности платинового терморезисторного датчика температуры может использоваться индивидуальная градуировка при температуре плавления льда равной 0°C , воспроизводимой с погрешностью, не превышающей $\pm 0,005^{\circ}\text{C}$.

Результирующая составляющая аддитивной погрешности датчика при этом будет определяться суммой погрешности меры физической величины (то есть $\pm 0,005^{\circ}\text{C}$) и приведенной к температуре погрешностью измерения сопротивления датчика, которая для платинового терморезистора определяется вы-

ражением: $\Delta\Theta = \frac{\Delta R}{\alpha R_{\Theta_0}}$, где: R_{Θ_0} – сопротивление терморезистора при $\Theta = 0^{\circ}\text{C}$;

$\alpha = 0,00391 \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$ – температурный коэффициент сопротивления платины.



При использовании вольтметра В7-34 для измерения стоомного сопротивления терморезистора абсолютная погрешность равна $\pm 0,025$ Ом и

$$\Delta\Theta = \frac{\Delta R}{\alpha R_{\Theta_0}} = \frac{\pm 0,025}{0,00391 \cdot 100} = \pm 0,064^\circ \text{C}.$$

В расчёте на наихудший случай максимальное значение аддитивной составляющей погрешности терморезистора после такой индивидуальной градуировки равно: $\Delta\Theta_0 = 0,005 + 0,064 = 0,069^\circ \text{C}$ и формула определения погрешности такого терморезистора класса допуска А может быть записана в виде: $\Delta\Theta = \pm(0,069 + 0,002 |\Theta|)^\circ \text{C}$.

Меньшее значение предельной погрешности терморезистора может быть получено при использовании в качестве меры температуры тройной точки воды, воспроизводящей $0,01^\circ \text{C}$ с погрешностью, не превышающей $\pm 0,001^\circ \text{C}$, а в качестве средства измерения сопротивления более точного измерительного прибора, например, вольтметра В7-46.

Мультипликативная составляющая погрешности терморезистора может быть уменьшена индивидуальной градуировкой терморезисторов в других реперных точках международной практической температурной шкалы, например, в точке температуры кипения воды, воспроизводимой с погрешностью, не превышающей $\pm 0,001^\circ \text{C}$,

И.И. Волков, А.Г. Золин

РЕГУЛЯРИЗАЦИОННЫЙ ПОДХОД ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СМАЗАННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ЛИНЕЙНЫМ СМАЗОМ

(Самарский государственный технический университет)

Современные космические системы высокодетального наблюдения (КСВН) Земли, для получения изображений используют съёмочные устройства на основе приборов с зарядовой связью (ПЗС). Для правильной работы в режиме накопления видеосигнала, необходимо, чтобы скорость движения космического аппарата была точно согласована с периодом опроса матрицы. На практике, это условие может нарушаться из-за ошибки вычисления скорости спутника и неточности задания частоты опроса ПЗС-матрицы. В результате возникают смазанные изображения [1].

Параметры смаза могут существенно варьироваться от долей до десятков пикселей и иметь как одну, так и две пространственные составляющие.

В настоящее время известны основные подходы к решению задачи восстановления смазанных изображений, однако их практическое применение связано с различными недостатками конкретных реализаций. В статье [1] рассматриваются два подхода: спектральный метод коррекции, основанный на исполь-



зовании фильтра Виннера и алгебраический метод, основанный на решении систем линейных уравнений методами псевдообращений. К сожалению, при реализации обоих подходов появляются заметные тени от контрастных объектов.

В статье [2] рассматривается метод восстановления изображения с неизвестным параметром смаза. Тем не менее, описанная итерационная процедура восстановления, требует наличия не смазанной области, что может быть труднодостижимо при обработки данных КСВН.

В данной работе представлено решение обратной задачи восстановления смазанного изображения с известной функцией рассеяния точки, причем смаз имеет одну пространственную составляющую. Рассмотрим процесс смаза изображения как динамическую систему с известной передаточной функцией $W_0(z)$. Известен также ее выходной сигнал $Y(z)$. Необходимо определить входной сигнал $X(z)$ [3].

Возьмем один класс смазанных изображений, для которых весовая функция прямого фильтра будет равна

$$h_0(v) = \frac{1}{N_0}, v = \overline{0, N_0 - 1}.$$

В этом случае передаточная функция фильтра определяется так:

$$W_0(z) = \sum_{v=0}^{N_0-1} h_0(v) z^{-v} = \frac{1 - z^{-N_0}}{N_0(1 - z^{-1})}. \quad (1)$$

Передаточная функция обратного (восстанавливающего) фильтра имеет вид:

$$W(z) = \frac{1}{W_0(z)} = \frac{N_0(1 - z^{-1})}{1 - z^{-N_0}}.$$

В [3] показан подход, вводящий регуляризирующий параметр A ($0 < A < 1$). Согласно данному подходу передаточная функция обратного фильтра будет определяться следующим образом:

$$W(z) = \frac{AN_0(1 - Az^{-1})}{1 - A^{N_0}z^{-N_0}} = \frac{AN_0}{\sum_{v=0}^{N_0-1} A^v z^{-v}}. \quad (2)$$

При реализации данного обратного фильтра возникает две проблемы:

1. фильтр является фильтром АР, а это означает, что его реализация будет связана с рекурсивными вычислениями, приводящими к погрешностям.
2. Значение регуляризирующего параметра A должно быть близким к 1, однако необходим алгоритм выбора его конкретной величины.

Для решения первой проблемы перейдем к фильтру типа СС. Справедливо соотношение:

$$W(z) = \sum_{v=0}^{\infty} h(v) z^{-v}, \quad (3)$$

здесь $h(v)$ – весовая функция фильтра с передаточной функцией (2), вычисляемая следующим образом:



$$h(v) = A^{N_0} h(v - N_0) + AN_0(\delta(m) - A\delta(m-1)), v = 0, 1, \dots \quad (4)$$

Фильтр с передаточной функцией (3) имеет бесконечно большой порядок и поэтому технически не реализуем. В связи с этим возьмем фильтр конечного порядка (pN_0-1) :

$$W'(z) = \sum_{v=0}^{pN_0-1} h(v)z^{-v}. \quad (5)$$

Из (4) находим:

$$\begin{cases} h(vN_0) = A^{vN_0+1}N_0 \\ h(vN_0+1) = -A^{vN_0+2}N_0 \\ h(vN_0+k) = 0 \\ k = 2, N_0-1, v = 0, 1, \dots \end{cases} \quad (6)$$

Подставив $h(v)$ из (6) в (5), получим:

$$W'(z) = \sum_{k=0}^{p-1} N_0 A^{kN_0+1} (1 - Az^{-1}) z^{-kN_0}. \quad (7)$$

Отсюда приходим к следующему алгоритму вычисления оценки $x'(m)$:

$$x'(m) = \sum_{k=0}^{p-1} N_0 A^{kN_0+1} (y(m - kN_0) - Ay(m - kN_0 - 1)). \quad (8)$$

Теперь перейдем к решению второй проблемы: выбору значения регуляризирующего параметра A . Для этого выразим оценку восстанавливаемого сигнала через весовую функцию H_k последовательно соединенных прямого и обратного фильтров:

$$x'(m) = \sum_{k=0}^{N_0 p+1} H_k x(m-k) = H_0 x(m) + \sum_{k=1}^{N_0 p+1} H_k x(m-k).$$

Погрешность оценивания будет равна

$$\delta(m) = x'(m) - x(m) = \sum_{k=0}^{N_0 p+1} \Psi_k x(m-k), \quad (9)$$

где: $\Psi_0 = H_0 - 1$, $\Psi_k = H_k$, $k = 1..N_0 p+1$

Из (9) на основании неравенства Коши-Буняковского получаем, что:

$$|\delta(m)| \leq \sqrt{\left(\sum_{k=0}^{N_0 p+1} \Psi_k^2 \right) \left(\sum_{k=0}^{N_0 p+1} x^2(m-k) \right)} \text{ или} \\ |\delta(m)| \leq \sqrt{\varepsilon_p} \sqrt{\left(\sum_{k=0}^{N_0 p+1} x^2(m-k) \right)}, \quad (10)$$

где

$$\varepsilon_p = \sum_{k=0}^{N_0 p+1} \Psi_k^2 = (1 - H_0)^2 + \sum_{k=1}^{N_0 p+1} H_k^2 \quad (11)$$



- квадратическая погрешность рассогласования между весовой функцией последовательного соединения прямого и обратного фильтров и ее ?.

Теперь вычислим значение весовой функции:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 = A \\ H_k = \frac{A(1-A)}{k=1, N_0-1} \\ H_{vN_0} = -A^{(v-1)N_0+2}(1-A^{N_0-1}) \\ H_{vN_0+k} = \frac{A^{vN_0+1}(1-A)}{k=1, N_0-1, v=1, p-1} \\ H_{pN_0} = -A^{(p-1)N_0+2} \\ H_{pN_0+k} = 0 \\ k=1, N_0-2 \end{array} \right. \quad (12)$$

Значение погрешности вычисляется по формуле (11).

С учетом (12) будем иметь:

$$\varepsilon_p = (1-A)^2 + (N_0-1)A^2(1-A)^2 \sum_{v=0}^{p-1} A^{2vN_0} + A^v(1-A^{N_0-1}) \sum_{v=0}^{p-2} A^{2vN_0} + A^{2(p-1)N_0+4} \quad (13)$$

По этому соотношению определяем такое значение A , при котором погрешность (13) минимальна.

Для апробации алгоритма было взято тестовое изображение из КСВН, имеющее 1024 градации серого. Был выполнен смаз изображения вдоль горизонтальной оси на различное количество пикселей (от 3 до 10), после чего предприняты попытки восстановления по алгоритму (8) с различными значениями регуляризирующего параметра A . Наилучшие результаты были получены при значениях A близких к 1. Относительная среднеквадратическая погрешность (ОСП) вычислялась по формуле

$$ОСП = \sqrt{\frac{\sum (x'(m) - x(m))^2}{\sum x(m)^2}}$$

Результаты проведенных экспериментов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты восстановления изображения

Величина смаза	ОСП смазанного изображения	Восст. по формуле (8)	Восст. Matlab deconvreg
3	0,065	0,017	0,024
5	0,098	0,016	0,30
7	0,118	0,019	0,41
10	0,139	0,036	0,43

В результате исследований был поучен простой в реализации алгоритм восстановления смазанных изображений. Приведенные результаты апробации



показали достаточно высокое качество реконструкции исходного изображения. В настоящее время ведутся работы по сокращению времени переходного процесса восстановления, а также применения данного алгоритма к изображениям, смаз которых имеет две пространственные составляющие.

Литература

1. Егошкин, Н.А. Коррекция смаза изображений в системах космического наблюдения земли[Текст] / Егошкин Н.А., Еремеев В.В.// Цифровая обработка сигналов. 2010. №4.
2. Jian-Feng Cai Blind motion deblurring using multiple images[Текст]/ Jian-Feng Cai, Hui Ji, Chaoqiang Liu, Zuowei Shen //Journal of Computational Physics 228 (2009) 5057–5071.
3. Батищев, В.И. Синтез фильтров для восстановления смазанных изображений с использованием методов регуляризации [Текст]/ Батищев В.И., Волков И.И., Золин А.Г. // Проблемы управления и моделирования в сложных системах (ПУМСС-2013): Труды XV Международной конференции, ИПУСС РАН, Самара, 2013.

С.Н. Грудинин, В.Д. Фроловский

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ФОРМЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРИК В ЗАДАЧЕ ПОСТРОЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ МАНЕКЕНОВ

(Новосибирский государственный технический университет)

В основе виртуальных измерений лежат реальные метрические характеристики некоторой предметной области. В качестве источников данных используются различные регламентные документы, например: антропометрические стандарты ISO 7250-1: 2008; стандарты швейного производства EN 13402, ГОСТ 17522-72, ISO 3635:1981, ISO 8559:1989; стандарты космической или военной индустрии NASA-STD-3000, ANSUR88-1 1988 [1, 2]. Подход основывается на общепринятых размерных признаках (РП) типовых фигур и антропометрических точек (АТ). Определение совокупного на основании рассматриваемых стандартов множества АП и РП, используемых в исследовании, происходит за счет комбинации наиболее информативных данных из различных стандартов. На основе этих данных разрабатывается классификация виртуальных антропометрических точек (ВАТ) и виртуальных размерных признаков (ВРП).

Исходными данными для описываемого подхода является 3D-модель женского манекена стандартной формы, которая получена трехмерным сканированием или с применением скульптурного моделирования. Входная модель имеет полигональную структуру: множество точек t_{ij} , соединенных в треуголь-



ные полигоны $p_i = (t_{i1}, t_{i2}, t_{i3})$, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, 3}$, где N – количество полигонов (здесь и далее точки описываются радиус-векторами). Модель не имеет внутренних полигонов, пересечений полигонов и отверстий. Точка центра масс модели $C = \frac{1}{3N} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 t_{ij}$ совпадает с началом глобальной системы координат. Для

реализации алгоритмов определения ориентиров тела и метрик, а также уменьшения возможных ошибок сканирования (построения), входная модель приводится к формальному виду. Исходя из основных особенностей формы – симметричности и протяженности вдоль оси Oz – модели манекенов достаточно хорошо описываются множеством горизонтальных параллельных сечений, которые в свою очередь представляют собой гладкие, симметричные фигуры, поэтому входная модель разбивается на множество горизонтальных сечений h_i .

Каждое сечение из h_i содержит одинаковое количество точек $\{v_{ij}\}$, отсортированных по полярному углу и равноотстоящих друг от друга $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, M}$, где N – количество сечений, M – количество точек в сечениях. Также сечения h_i подвергаются симметризации – определению средних значений между левыми и правыми половинами относительно плоскости xOz , и сглаживанию – интерполяции сплайнами третьего порядка [2]. На рисунке представлены модели в исходном виде и построенные на их основе множества сечений, при $N = 50$, $M = 200$.

В данной работе используется метод определения ориентиров (ВАТ) на основе анализа формы контуров и сечений с использованием инструментов дифференциальной геометрии и учитываются данные, полученные при анализе предметной области. На основе списков АТ и РП составляется расширенный и интерпретированный список ВАТ, для поиска каждой из них разрабатывается геометрическое рассуждение, на первом этапе, определяющее по контурам уровень сечения в котором располагается ВАТ, на втором – критерий для определения расположения ВАТ в сечении. Для виртуальной интерпретации РП вводятся виртуальные метрики (ВМ) – ряд алгоритмов, позволяющих определять измерения модели манекен. Одна ВМ или их совокупность соответствует ВРП, который в свою очередь отвечает некоторому РП.

По полученному на этапе формализации исходной модели множеству сечений h_i строятся три кусочно-линейных функции $f(z)$, $b(z)$, $s(z)$, определяющих зависимость от высоты сечения z координат переднего, заднего и бокового контуров соответственно. На основе этих функций (а также значений их первой, второй производных) строятся геометрические рассуждения определения уровней ВАТ. На рис 1 представлены результаты работы алгоритма автоматического определения ВАТ. Поверхность манекена построена путем соединения точек в сечениях h_i отрезками $\{(v_{ij}, v_{i,j+1})\}$, $j = \overline{1, M-1}$, и соединения сечений между собой отрезками $\{(v_{ij}, v_{i+1,j})\}$, $j = \overline{1, M}$, полученные ячейки заполняются четырехугольными полигонами (см. рис. 1).

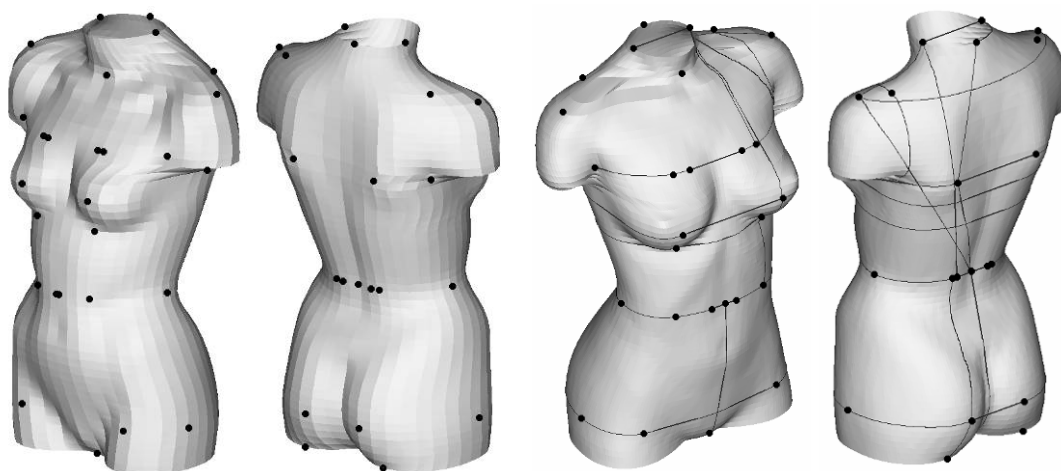


Рис. 1. Пример расположения БАТ и ВМ на модели манекена

Существуют различные варианты ключевых метрических измерений: линейные размеры: расстояния между двумя точками в проекции на определенную плоскость; сквозные диаметры: кратчайшие расстояния между двумя точками; дуговые размеры: расстояния, измеряемые по поверхности тела, в том числе обхваты тела.

Метрические характеристики определяются на основе множества параллельных горизонтальных сечений $h_i = \{v_{ij}\}$, $i = \overline{1, N}$, $j = \overline{1, M}$, с использованием координат БАТ (в скобках указано соотношение количества используемых БАТ к общему числу параметров необходимых для определения ВМ). ВРП разделяются на простые, состоящие из одной ВМ, и составные – сумма значений нескольких ВМ. Из общего числа РП выделенных на этапе анализа источников данных предметной области 40 являются простыми и 12 – составными, количество ВМ, необходимых для их определения равно 49.

Линейные метрики используются для определения высотных и глубинных размеров, различных диаметров и расстояний.

Обхватные метрики представляют собой периметры минимальной выпуклых оболочек (МВО), построенных для некоторого множества точек. Во втором случае рассматриваются три множества плоскостей параллельных осям глобальной системы координат. На вход алгоритма поступает две БАТ $a(x_1, y_1, z_1)$ и $b(x_1, y_1, z_1)$ и плоскость заданная нормалью n , при проецировании на которую, искомая плоскость сечения будет представлять собой прямую линию. В ходе алгоритма выполняется следующая последовательность действий:

- 1) определяется нормаль секущей плоскости $u' = [n, a+b]$, где – векторное произведение нормируется: $u = u'/|u'|$;
- 2) отрезки сечений между уровнями z_1 и z_2 из $h_i \{(v_{ij}, v_{ij+1})\}$, $j = \overline{1, M-1}$, и отрезки, соединяющие между собой сечения $\{(v_{ij}, v_{i+1j})\}$, $j = \overline{1, M}$ проверяются на пересечение с секущей плоскостью, в результате формируется множество точек пересечения $s = \{s_k\}$ этих отрезков с секущей плоскостью.

Дуговые метрики. Под дуговой метрикой подразумевается незамкнутая кривая – часть МВО, построенной для некоторого множества точек. В случае,



когда метрика параллельна полу ее определение сводится к расчету периметра МВО, определяемой по алгоритму Грэхема для ограниченного между двумя заданными ВАТ a , b множества точек и вычитанию из него значения $|a + b|$. Для случая дуги в произвольной плоскости используется отсортированная последовательность трех ВАТ $a(x_1, y_1, z_1)$, $b(x_2, y_2, z_2)$, $c(x_3, y_3, z_3)$, расчет метрики происходит в три этапа:

- 1) определяется множество точек $s = \{s_k\}$ пересечения секущей плоскости с множеством сечений с уровнями в диапазоне от $\min(z_1, z_2, z_3)$ до $\max(z_1, z_2, z_3)$, при этом нормаль секущей плоскости $n = [a - b, c - b]$ (аналогично случаю обхватной метрики в плоскости параллельной оси координат);
- 2) определяются множества точек s' , входящие в дугу, путем перебора точек из s , при этом критерий включения точки в дугу $\langle b - a, t - a \rangle \geq 0$ или $\langle b - c, t - c \rangle \geq 0$;
- 3) для s' строится МВО аналогично случаю обхватной метрики в плоскости параллельной оси координат, определяется периметр МВО, из которого вычитается величина $|a + c|$.

Расстояние на поверхности. В расчете метрики участвуют две ВАТ $a(x_1, y_1, z_1)$ и $b(x_2, y_2, z_2)$, при определении необходимо симитировать реальное измерение, проводимое сантиметровой лентой. Расчет метрики происходит в несколько этапов. Во-первых, для всех сечений $\{r_u = (v_{uj})\}$, лежащих в интервале от z_1 до z_2 , определяются следующие параметры:

- центр масс $c_u = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M v_{uj}$;
- точка пересечения t_u плоскости сечения r_u с вектором $d = b + a$;
- точка v_u – ближайшая к точке t_u точка из r_u ;
- скалярное произведение $p_u = \langle v_u + t_u, v_u + c_u \rangle$.

Также вычисляются параметры: центр масс c' , точка пересечения t' и ближайшая точка v' для сечения на уровне точки $(a + b)/2$.

Далее определяется множество точек $s = \{s_k\}$ пересечения секущей плоскости с множеством сечений r_u , при этом нормаль секущей плоскости $n = [a - t', b - t']$ (аналогично случаю обхватной метрики в плоскости параллельной оси координат).

Далее рассматриваются три варианта в зависимости от того, каким образом соотносятся вектор d и поверхность манекена:

- 1) вектор d лежит внутри манекена: $(\forall p \in \{p_u\}) p \geq 0$, в этом случае расчет происходит аналогично дуговой метрики в произвольной плоскости;
- 2) вектор d лежит снаружи манекена: $(\forall p \in \{p_u\}) p < 0$, в этом случае метрикой является длина кривой, образованной множеством точек $\{v_u\}$;
- 3) вектор d пересекает поверхность манекена: $(\exists p \in \{p_u\}) p < 0$, в этом случае расчет происходит аналогично дуговой метрики в произвольной плоскости, за исключением двух моментов: список точек подвергаемых определению МВО



добавляется точка $\mathbf{w} = \frac{\mathbf{v}' + \mathbf{t}'}{|\mathbf{v}' + \mathbf{t}'|} 2|\mathbf{c}' + \mathbf{v}'|$, если $\langle \mathbf{t}' + \mathbf{v}', \mathbf{c}' + \mathbf{v}' \rangle \geq 0$, и $\mathbf{w} = \frac{\mathbf{t}' + \mathbf{v}'}{|\mathbf{t}' + \mathbf{v}'|} 2|\mathbf{c}' + \mathbf{v}'|$, если $\langle \mathbf{t}' + \mathbf{v}', \mathbf{c}' + \mathbf{v}' \rangle < 0$; из периметра МВО вычитается не $|\mathbf{d}|$, а длина векторов $|\mathbf{w} + \mathbf{a}|$ и $|\mathbf{w} + \mathbf{b}|$.

Рассматриваемый метод может быть использован при разработке измерительной системы виртуальных манекенов в системах научных исследований, компьютерных системах геометрического моделирования и проектирования как инструмент параметрического сжатия геометрической информации и оценки точности моделирования по индивидуальным параметрам человека.

Литература

1. Wu L., Zhang X. A Parameterized Mannequin for Apparel Design, Journal of Fiber Bioengineering and Informatics, Journal of Fiber Bioengineering and Informatics (JFBI), 2008, Vol. 1, № 2, pp. 117–124.
2. Грудинин С.Н., Фроловский В.Д. Параметрическое моделирование и оценка близости виртуальных манекенов. Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации, 2014, № 1 (22), С. 62–72.

А.И. Заико, О.Н. Нагаев

ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ ЭРГОДИЧЕСКОГО СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Большинство реальных сигналов представляют собой случайные процессы. Поэтому задача оптимизации измерительных процедур таких сигналов на сегодняшний день является весьма актуальной [1].

Для эргодических случайных процессов известны алгоритмы измерения математического ожидания, дисперсии и корреляционной функции. При измерении оценки плотности вероятности эргодического случайного процесса, обычно, используют метод относительного времени пребывания реализации сигнала выше заданного уровня и его цифровой аналог – метод дискретных выборок, результаты которого графически представляют в виде гистограммы [1, 4]. При этом по умолчанию считают, что за шаг дискретизации сигнала не выходит за пределы одного кванта и переход сигнала из одного кванта в другой осуществляется в момент дискретизации. Получаемые результаты не сопровождаются оценкой погрешностей, что не позволяет говорить об их достоверности.

В работе анализируются алгоритмы цифрового измерения одномерной плотности вероятности эргодического случайного процесса. Характеристики погрешностей измерений плотностей вероятностей получены с применением



комплексного подхода к определению погрешностей [4, 5]. Он позволяет избежать некорректного суммирования погрешностей дискретизации и квантования, а также погрешностей восстановления реализации процесса между отсчетами, учесть их взаимное влияние друг на друга.

При цифровых измерениях реализация $x(t)$ случайного процесса, равномерно дискретизируются во времени с шагом T_0 и квантуется по уровню с шириной кванта $2\Delta_k$. Получаются дискретные отсчеты x_{il} , где i – номер отсчета, датированного моментом времени t_i , а l – номер кванта, соответствующий уровню квантования x_l . Номера отсчетов принимают значения $i = -n, \dots, -1, 0, 1, \dots, n$, где $2n+1$ – количество отсчетов, а $2nT_0$ – длительность реализации. Количество уровней квантования обозначим через L , а номера уровней квантования $l = 1, 2, \dots, L$ [2].

Оценка $\langle w_1[X] \rangle$ одномерной плотности вероятности имеет вид [2, 4]:

$$\langle w_1[X] \rangle = \frac{1}{2nT_0} \sum_{i=-n}^{n-1} \int_{t_i}^{t_{i+1}} w_1[X|t; x_{-nk}, \dots, x_{nr}] dt = \frac{1}{2nT_0} \sum_{i=-n}^{n-1} \int_0^{T_0} w_1[X|l; x_{-nk}, \dots, x_{nr}] dl, \quad (1)$$

где $w_1[X|l; x_{-nk}, \dots, x_{nr}]$ – апостериорная условная плотность вероятности в момент времени $0 \leq l \leq T_0$ после получения отсчетов $x_{-nk}, \dots, x_{nr}$; $k, r = 1, 2, \dots, L$ – номера уровней квантования.

Для восстановления реализации случайного процесса между отсчетами используется экстраполяция и интерполяция. При *экстраполяции* в будущее реализация $x(t)$ восстанавливается на i – ом интервале дискретизации по предыдущим отсчетам $x_{-nk}, \dots, x_{il}$, а при *интерполяции* – по всем отсчетам $x_{-nk}, \dots, x_{nr}$. Для случайного процесса с Марковским свойством апостериорная условная плотность вероятности $w_1[X|l; x_{-nk}, \dots, x_{nr}]$ зависит только от одного предыдущего отсчета и приобретает вид $w_1[X|l; x_{il}]$. Количество интервалов дискретизации при этом увеличивается на единицу при $t_n \leq t < t_n + T_0$ и равно $2n+1$. Обозначим в выражении (1) частоту появления отсчетов x_{il} , равных уровню квантования x_l и определяющих плотность распределения вероятности $w_1[X|l; x_{il}] = w_1[X|l; x_l]$, через $\langle P(x_l) \rangle = n_l / (2n+1)$, где n_l – количество отсчетов соответствующих уровню квантования x_l . Тогда оно при $l = 1, 2, \dots, L$ равно:

$$\langle w_1[X] \rangle = \frac{1}{T_0} \langle P(x_l) \rangle \int_0^{T_0} w_1[X|l; x_l] dl. \quad (2)$$

При *интерполяции* реализации $x(t)$ процесса с Марковским свойством восстановление происходит по двум смежным отсчетам x_{il} и $x_{(i+1)k}$ и в выражении

(1) условная плотность вероятности



$w_1[X|л; x_{-nk}, \dots, x_{nr}] = w_1[X|л; x_{il}, x_{(i+1)k}]$, где $0 \leq л \leq T_0$; $l, k = 1, 2, \dots, L$.

Обозначим частоту появления отсчетов, следующих друг за другом и соответствующих уровням квантования x_l и x_k , определяющих плотность вероятности $w_1[X|л; x_{il}, x_{(i+1)k}] = w_1[X|л; x_l, x_k]$, через $\langle P(x_l, x_k) \rangle = n_{lk}/2n$, где n_{lk} - количество событий, заключающихся в появлении отсчетов, следующих друг за другом с уровнями квантования x_l и x_k . Тогда выражение (1) при $l, k = 1, 2, \dots, L$ примет вид:

$$\langle w_1[X] \rangle = \frac{1}{T_0} \langle P(x_l, x_k) \rangle \int_0^{T_0} w_1[X|л; x_l, x_k] dл. \quad (3)$$

Из выражений (1) – (3) следует, что оценка $\langle w_1[X] \rangle$ существенно зависит от условной плотности вероятности $w_1[X|л; x_{-nk}, \dots, x_{nr}]$, которая в свою очередь зависит от свойств и характеристик случайного процесса. Поэтому дальнейшие исследования проведем для модели случайного процесса Заико А.И. с равномерным законом плотности распределения вероятности $w_1[X]$ [3]. Такая модель процесса проста, требует минимума априорной информации и позволяет получить пригодные для инженерной практики результаты. Она описывается всего тремя параметрами: нижней X_n и верхней X_b границами изменения случайного процесса, а также его нормированной корреляционной функцией $c(\phi)$, которую положим равной:

$$c(\phi) = \begin{cases} 1, & 0 \leq \phi < \phi_0; \\ 0, & |\phi| \geq \phi_0, \end{cases}$$

где $\phi = t_2 - t_1$ – временной сдвиг; τ_0 – интервал корреляции. Для него распределение плотности вероятности $w_1[X] = (X_b - X_n)^{-1} = (2\Delta_k L)^{-1}$.

Погрешность квантования по уровню случайна, стационарна и независима для соседних отсчетов и от процесса. Опишем её для $l = 1, 2, \dots, L$ равномерной плотностью вероятности при условии получения отсчета x_l

$$w[X|x_l] = \begin{cases} 1/2\Delta_k, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

При экстраполяции в будущее реализация $x(t)$ случайного процесса с Марковским свойством восстанавливается по предыдущему отсчету x_l и условная плотность вероятности $w_1[X|л; x_{il}] = w_1[X|л; x_l]$, где $0 \leq л < T_0$, равна

$$w_1[X|л; x_l] = \begin{cases} w_1[X|л; x_l] = 1/2\Delta_k, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k, & 0 \leq л < \phi_0; \\ w_1[X] = 1/2\Delta_k L, & X_n \leq X \leq X_b, & л \geq \phi_0; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$



В зависимости от соотношения шага дискретизации T_0 и интервала корреляции τ_0 возможны два варианта экстраполяции реализации случайного процесса и получения оценки $\langle w_l[X] \rangle$ одномерной плотности вероятности: $T_0 < \Phi_0$ и $T_0 \geq \Phi_0$. Поэтому оценка $\langle w_l[X] \rangle$ одномерной плотности вероятности для $l=1, 2, \dots, L$ примет вид:

$$\langle w_l[X] \rangle = \frac{1}{2\Delta_k} \begin{cases} \langle P(x_l) \rangle, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k, & T_0 < \Phi_0; \\ \langle P(x_l) \rangle \frac{\Phi_0}{T_0}, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k \\ \frac{1}{L} \frac{T_0 - \Phi_0}{T_0}, & X_H \leq X \leq X_B; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}, T_0 \geq \Phi_0;$$

Математическое ожидание $m_{dw}[X]$ и корреляционная функция $R_{dw}(X_1, X_2)$ её погрешности при $l=1, 2, \dots, L$ [3]

$$m_{dw}[X] = \langle w_l[X] \rangle - w_l[X] = \frac{1}{2\Delta_k} \begin{cases} \langle P(x_l) \rangle - 1/L, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k, & T_0 < \Phi_0; \\ \left(\langle P(x_l) \rangle - \frac{1}{L} \right) \frac{\Phi_0}{T_0}, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k \\ 0, & X_H \leq X \leq X_B \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}, T_0 \geq \Phi_0;$$

$$R_{dw}(X_1, X_2) = \frac{1}{(2n+1)^2 T_0^2} \sum_{i=-n_0}^n \int \int \{w_2[X_1, X_2 | l_1, l_2; x_{il}] - w_1[X_1 | l_1; x_{il}] w_1[X_2 | l_2; x_{il}]\} dl_1 dl_2 =$$

$$= \frac{1}{(2n+1)(2\Delta_k)^2} \begin{cases} \langle P(x_l) \rangle [L(X_2 - X_1) - 1], & x_l - \Delta_k \leq X_1, X_2 \leq x_l + \Delta_k, & T_0 < \Phi_0; \\ \langle P(x_l) \rangle [L(X_2 - X_1) - 1] \left(\frac{\Phi_0}{T_0} \right)^2, & x_l - \Delta_k \leq X_1, X_2 \leq x_l + \Delta_k \\ \frac{1}{L^2} [L(X_2 - X_1) - 1] \left(\frac{T_0 - \Phi_0}{T_0} \right)^2, & X_H \leq X_1, X_2 \leq X_B \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}, T_0 \geq \Phi_0;$$

При интерполяции реализация $x(t)$ случайного процесса с Марковским свойством восстановления осуществляется по двум соседним отсчетам x_{il} и $x_{(i+1)k}$. При равномерном распределении случайного процесса и погрешности квантования условные плотности вероятности при восстановлении по двум отсчетам также равномерны. Так, условная плотность вероятности $w_1[X | l; x_{il}, x_{(i+1)k}] = w_1[X | l; x_l, x_k]$, где $0 \leq l \leq T_0$, равна [2, 6]:

$$w_1[X | l; x_l, x_k] = 1 / 2\Delta_k \left[L \left(1 - \frac{c(l) + c(T_0 - l)}{1 + c(T_0)} \right) + \frac{c(l) + c(T_0 - l)}{1 + c(T_0)} \right].$$



В зависимости от соотношения T_0 и Φ_0 возможны три варианта восстановления реализации случайного процесса: $T_0 < \tau_0$, $\Phi_0 \leq T_0 \leq 2\Phi_0$, и $T_0 \geq 2\tau_0$. Результат восстановления на интервале $0 \leq l \leq T_0$ зависит также от взаимной зависимости отсчетов, x_{il} и $x_{(i+1)k}$ которая учитывается условной плотностью $w_1[X|l; x_{il}, x_{(i+1)k}] = w_1[X|l; x_l, x_k]$.

При $T_0 < \Phi_0$ и $l = k = 1, 2, \dots, L$

$$w_1[X|l; x_l, x_k] = \begin{cases} w_1[X|l; x_l] = 1/2\Delta_k, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k, & 0 \leq l \leq T_0; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

При $\Phi_0 \leq T_0 \leq 2\Phi_0$ $l, k = 1, 2, \dots, L$

$$w_1[X|l; x_l, x_k] = \begin{cases} w_1[X|l; x_l] = 1/2\Delta_k, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k, & 0 \leq l \leq T_0 - \Phi_0; \\ w_1[X|l; x_l, x_k] = \frac{1}{2\Delta_k}, & \begin{cases} x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k \\ x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k \end{cases}, & T_0 - \Phi_0 \leq l \leq \Phi_0; \\ w_1[X|l; x_k] = 1/2\Delta_k, & x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k, & \Phi_0 \leq l \leq T_0; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

При $T_0 \geq 2\Phi_0$ $l, k = 1, 2, \dots, L$

$$w_1[X|l; x_l, x_k] = \begin{cases} w_1[X|l; x_l] = 1/2\Delta_k, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k, & 0 \leq l \leq \Phi_0; \\ w_1[X] = 1/2\Delta_k L, & X_H \leq X \leq X_B, & \Phi_0 \leq l \leq T_0 - \Phi_0; \\ w_1[X|l; x_k] = 1/2\Delta_k, & x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k, & T_0 - \Phi_0 \leq l \leq T_0; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Подставив эти значения в выражения (3), получим оценку плотности распределения вероятности

$$\langle w_1[X] \rangle = \frac{1}{2\Delta_k} \begin{cases} \left\langle P(x_l) \right\rangle, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k, & T_0 < \Phi_0, & l = k = 1, 2, \dots, L; \\ \left\langle P(x_l) \right\rangle \frac{T_0 - \Phi_0}{T_0}, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k & \\ \left\langle P(x_l, x_k) \right\rangle \frac{2\Phi_0 - T_0}{T_0} \begin{cases} 1/2, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k \\ 1/2, & x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k \end{cases}, & \Phi_0 \leq T_0 \leq 2\Phi_0, & l, k = 1, 2, \dots, L; \\ \left\langle P(x_k) \right\rangle \frac{T_0 - \Phi_0}{T_0}, & x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k & \\ \left\langle P(x_l) \right\rangle \frac{\Phi_0}{T_0}, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k & \\ \frac{1}{L} \frac{T_0 - 2\Phi_0}{T_0}, & X_H \leq X \leq X_B & \\ \left\langle P(x_k) \right\rangle \frac{\Phi_0}{T_0}, & x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k & \end{cases}, & T_0 \geq 2\Phi_0, & l, k = 1, 2, \dots, L; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$



Математическое ожидание $m_{\text{дв}}[X]$ погрешности этой плотности вероятности

$$m_{\text{дв}}[X] = \frac{1}{2\Delta_k} \left\{ \begin{array}{ll} \left\langle P(x_l) \right\rangle - \frac{1}{L}, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k, \quad T_0 < \Phi_0, \quad l = k = 1, 2, \dots, L; \\ \left(\left\langle P(x_l) \right\rangle - \frac{1}{L} \right) \frac{T_0 - \Phi_0}{T_0}, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k \\ \left(\left\langle P(x_l, x_k) \right\rangle - \frac{1}{L} \right) \frac{2\Phi_0 - T_0}{T_0} \begin{cases} 1/2, x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k \\ 1/2, x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k \end{cases}, & \Phi_0 \leq T_0 \leq 2\Phi_0, \quad l, k = 1, 2, \dots, L; \\ \left(\left\langle P(x_k) \right\rangle - \frac{1}{L} \right) \frac{T_0 - \Phi_0}{T_0}, & x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k \\ \left(\left\langle P(x_l) \right\rangle - \frac{1}{L} \right) \frac{\Phi_0}{T_0}, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k \\ 0, & X_H \leq X \leq X_B \\ \left(\left\langle P(x_k) \right\rangle - \frac{1}{L} \right) \frac{\Phi_0}{T_0}, & x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k \end{array} \right\}, \quad T_0 \geq 2\Phi_0, \quad l, k = 1, 2, \dots, L;$$

0, в остальных случаях.

Корреляционная функция $R_{\text{дв}}(X_1, X_2)$ погрешности при $l = 1, 2, \dots, L$ [3]

$$R_{\text{дв}}(X_1, X_2) = \frac{1}{2n^2 T_0^2} \sum_{i=n_0}^{n-1} \int \int \{ w_2[X_1, X_2 | \pi_1, \pi_2; x_{il}, x_{(i+1)k}] - w_1[X_1 | \pi_1; x_{il}, x_{(i+1)k}] w_1[X_2 | \pi_2; x_{il}, x_{(i+1)k}] \} d\pi_1 d\pi_2 =$$

$$= \frac{1}{2n(2\Delta_k)^2} \left\{ \begin{array}{ll} \left\langle P(x_l) \right\rangle [D(X_2 - X_1) - 1], & x_l - \Delta_k \leq X_1, X_2 \leq x_l + \Delta_k, \quad T_0 < \Phi_0; \quad l = k = 1, 2, \dots, L; \\ \left\langle P(x_l) \right\rangle [D(X_2 - X_1) - 1] \left(\frac{T_0 - \Phi_0}{T_0} \right)^2, & x_l - \Delta_k \leq X_1, X_2 \leq x_l + \Delta_k \\ \left\langle P(x_l, x_k) \right\rangle [D(X_2 - X_1) - 1] \left(\frac{2\Phi_0 - T_0}{T_0} \right)^2 \begin{cases} 1/2, x_l - \Delta_k \leq X_1, X_2 \leq x_l + \Delta_k \\ 1/2, x_k - \Delta_k \leq X_1, X_2 \leq x_k + \Delta_k \end{cases}, & \Phi_0 \leq T_0 \leq 2\Phi_0; \quad l, k = 1, 2, \dots, L; \\ \left\langle P(x_k) \right\rangle [D(X_2 - X_1) - 1] \left(\frac{T_0 - \Phi_0}{T_0} \right)^2, & x_k - \Delta_k \leq X_1, X_2 \leq x_k + \Delta_k \\ \left\langle P(x_l) \right\rangle [D(X_2 - X_1) - 1] \left(\frac{\Phi_0}{T_0} \right)^2, & x_l - \Delta_k \leq X_1, X_2 \leq x_l + \Delta_k \\ \frac{1}{L^2} [D(X_2 - X_1) - 1] \left(\frac{T_0 - 2\Phi_0}{T_0} \right)^2, & X_H \leq X_1, X_2 \leq X_B \\ \left\langle P(x_k) \right\rangle [D(X_2 - X_1) - 1] \left(\frac{\Phi_0}{T_0} \right)^2, & x_k - \Delta_k \leq X_1, X_2 \leq x_k + \Delta_k \end{array} \right\}, \quad T_0 \geq 2\Phi_0; \quad l, k = 1, 2, \dots, L;$$

0, в остальных случаях.

Выводы

Традиционная гистограмма является корректной оценкой одномерной плотности вероятности эргодического случайного процесса с равномерным законом распределения и ступенчатой корреляционной функцией при шаге дис-



кретизации T_0 равном интервалу корреляции ϕ_0 и равномерном распределении погрешности квантования. Во всех остальных случаях применение таких гистограмм увеличивает погрешность измерения, которая должна учитываться с помощью комплексного подхода к её определению.

Литература

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: учеб. для вузов. - 6-е изд. стер. - М.: Высш. шк., 1999. - 576 с.
2. Заико А. И. Случайные процессы. Модели и измерения: учеб. пособие. - М.: Изд-во МАИ, 2006. - 207 с.
3. Заико А. И. Случайный процесс Заико с равномерным законом распределения // Вестник УГАТУ, 2008, Т.11, № 1(28). - С. 188-193.
4. Заико А. И. Теория точности статистических и спектральных измерений // Вестник УГАТУ. - 2000. - № 2. - С. 175-182.
5. Заико А. И. Комплексный подход к определению погрешностей // Датчики и Системы. - 2007. - № 8. - С. 52-59.
6. Заико А. И. Случайный сигнал с равномерным законом распределения // Измерительная техника. - 1999. - № 1. - С. 9-11.

О.А. Заякин

ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ПОВЕРХНОСТИ, КОНТРОЛИРУЕМОЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ ЛАЗЕРНЫМ КРУГЛОМЕРОМ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Экспериментальный лазерный кругломер (двумерный лазерный триангулятор) [1] был разработан ранее в Самарском филиале Физического института РАН при участии автора. Его работа основана на методе триангуляции с использованием зеркально отраженного света зондирующего источника. Прибор предназначен для контроля круглости рабочих поверхностей внутренних колец подшипников.

Для проверки функции преобразования и оптимизации оптической схемы нужно математическое описание контролируемой рабочей поверхности детали. Все найденные автором в литературных источниках модели [2] являются одномерными. Однако трехмерной модели не было найдено. Она была создана автором самостоятельно.

Для получения расчетной функции преобразования модель поверхности должна отвечать требованиям геометрической оптики.

Модель поверхности представлена в данной работе как жесткий сплошной экран с коэффициентом отражения, равным единице. Для анализа функции преобразования требуется еще, чтобы поверхность в модели была гладкой. Это



означает, что отражение от каждого ее точечного участка описывается так же, как и отражение луча от плоскости, ориентированной перпендикулярно локальной нормали к моделируемой поверхности в ее освещенной точке. Минимальные воспроизводимые в модели детали рельефа поверхности ограничиваются размером светового пятна, которое перемещается по контролируемой поверхности при ее сканировании.

Уравнение восстановленной поверхности $F(\vec{r}) = 0$ (см. рис. 1):

$$F(\vec{r}) = F_0(\vec{r}_0) + F_1(\vec{\Delta r}), \quad (1)$$

где $\vec{r}_0$ и $\vec{r}$ - радиус-векторы точки номинальной и восстановленной поверхностей; $\vec{\Delta r} = \vec{r} - \vec{r}_0$; $F_0(\vec{r}_0) = 0$ - уравнение номинальной поверхности.

Функция $F_1(\vec{\Delta r})$, которая выводится из $F_1(\vec{\Delta r}) = 0$, определяет отклонения формы реальной поверхности от номинальной формы.

Для анализа удобно представить 2-е слагаемое в (1) в виде явной скалярной функции $h(\vec{r}_0)$. Эта функция ставит в соответствие каждой точке номинальной поверхности значение высоты отклонения формы, отсчитанной от этой точки.

Пусть $\vec{\Delta r}(\vec{r}_0)$ не перпендикулярен номинальной поверхности. Рассмотрим точки на поверхности, определяемые $\vec{r}_0$ и $\vec{r}_{02}$ (см. рис. 1). Различие высот в этих двух точках не превосходит величины $0,05 \text{ рад}$. Тогда искомая функция

$$h(\vec{r}_0) \cong \frac{(\vec{\Delta r} \cdot \vec{s})}{|\vec{s}|}, \quad (2)$$

где $\vec{s} = \vec{s}(\vec{r}_0) = \pm \text{grad } F_0$ (имеется ввиду градиент в физических координатах). В системе цилиндрических координат $\{\rho, \varphi, z\}$:

$$\text{grad } F_0 = \left(\frac{\partial F_0}{\partial \rho}, \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial F_0}{\partial \varphi}, \frac{\partial F_0}{\partial z} \right), \quad (3)$$

где ρ, φ, z - соответственно радиусная, азимутальная и осевая координаты. Функция $\vec{s}(\vec{r}_0)$ определяет перпендикуляр в каждой точке номинальной поверхности.

Функцию $h(\vec{r}_0)$ назовем «функцией отклонения от номинальной формы». Отсчет h ведем в радиальном направлении.

Представим $h(\vec{r}_0)$ в виде топограммы.

Для того чтобы моделировать типичную поверхность, нами использованы статистически усредненные спектральные зависимости, характеризующие амплитуды пространственных гармоник профилей этой поверхности. Эти зависимости получают, считая профили поверхности реализациями случайного процесса. Каждая из этих зависимостей относится к множеству однотипных профилей. Она представляет собой функцию спектральной плотности мощности указанного случайного процесса. Преимущества этого подхода в



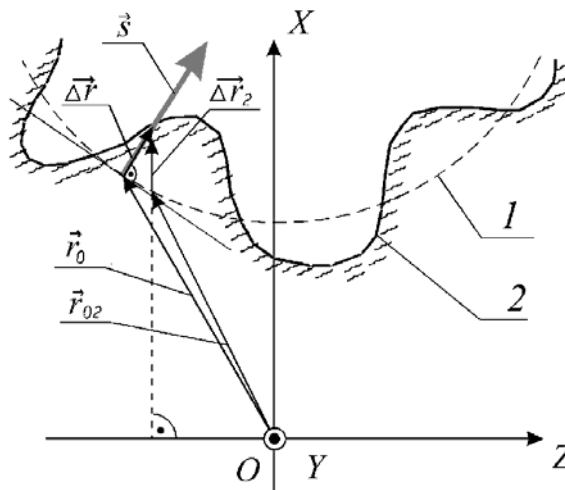
том, что, во-первых, таким путем нетрудно получить замкнутые профили, а во-вторых, из спектрального представления профилей поверхности нетрудно получить ее топограмму.

Опишем, как может быть получен из указанной функции соответствующий ей модельный профиль поверхности. Основываясь на соотношениях между спектральными и статистическими характеристиками шероховатости поверхности, приведенными в [3], считаем, что для этого достаточно выполнить следующие два условия. Во-первых, отсчеты амплитуд гармоник профиля моделируемой поверхности следует расположить равномерно по оси абсцисс и совместить с графиком зависимости, представляющей собой квадратный корень из названной функции спектральной плотности мощности. График данной зависимости при этом служит огибающей дискретного спектра гармоник. И, во-вторых, начальные фазы гармоник не должны коррелировать между собой.

Мы моделируем бездефектную поверхность, то есть поверхность, удовлетворяющую требованиям к ее качеству формы. Числовые коэффициенты в формулах, описывающих такую бездефектную поверхность, получим из экспериментальных графиков.

Для моделирования трехмерной поверхности используем топограмму ее неровностей. По приведенным в научных публикациях [4] топограммам реальных рабочих поверхностей довольно сложно получить их математическое описание, так как информация приведена в графическом виде. Статистических зависимостей в аналитическом виде в рассмотренных публикациях не приводится. Для решения этой задачи в данной работе используем следующий подход.

Топограмма моделируемой поверхности должна учитывать статистические характеристики этой поверхности, описывающие ее профили в различных направлениях. Как правило, это два ортогональных направления в криволинейных координатах, определяемых номинальной поверхностью. Будем считать, что эти профили представляют собой реализации случайных процессов, не зависящих друг от друга в том, что касается их вероятностных характеристик. Далее, для моделирования нужной нам топограммы используем понятия «двумерной пространственной частоты», широко применяемое в физической оптике и основанной на нем характеристики - функции двумерной спектральной плотности мощности случайного процесса. Взаимная



- 1 - номинальная поверхность;
- 2 - модель реальной поверхности

Рис. 1 - Связь между разными представлениями рельефа поверхности



статистическая независимость двух одномерных случайных процессов позволяет нам представить эту функцию в виде произведения двух функций одномерной спектральной плотности:

$$f(\omega_1, \omega_2) = f_1(\omega_1)f_2(\omega_2), \quad (4)$$

где ω_1, ω_2 , - пространственные частоты вдоль профилей, совпадающих с координатными линиями криволинейного базиса, соответственно, $l=R\varphi$ и χ (поперек номинальной поверхности – это осевое сечение).

Отсюда, с помощью преобразования Фурье функции, являющейся квадратным корнем функции (4), получим отсчет высоты микрорельефа в любой нужной точке с координатами l и χ . Замкнутость профилей вдоль направляющих линий номинальной поверхности ведет к дискретности спектра частот ω_1 . Эти частоты должны удовлетворять условию $\omega_1 = N/R$, где N - количество волн (отклонений от круглости), приходящееся на оборот поверхности. При этом функция двумерной спектральной плотности получается дискретной вдоль оси частот ω_1 и непрерывной вдоль оси частот ω_2 . На графике она представляет собой набор плоских фигур, параллельных друг другу и оси ω_2 , и перпендикулярных оси ω_1 . Форма этих фигур такова, что функция $f(\omega_1, \omega_2)$ является для них огибающей.

Примем, что R не зависит от χ , а R равно его среднему интегральному значению по χ . Таким образом, формула для расчета топограммы моделируемой поверхности имеет вид:

$$h(\varphi, \chi) = C \sum_{N=1}^{+\infty} \int_{\omega_2=\omega_{2\min}}^{+\infty} g(N, \omega_2) \sqrt{f_1(N) \cdot f_2(\omega_2)} \times \\ \times \cos[N\varphi - \eta_1(N) + \omega_2\chi - \eta_2(\omega_2)] d\omega_2. \quad (5)$$

где $\eta_1(N)$, $\eta_2(\omega_2)$ - функции, каждая из которых имеет значение случайной величины с равномерным законом распределения в интервале от 0 до 2π рад. Это значение фиксировано при заданном значении аргумента. При этом выполняется условие (например, для $\eta_1(N)$):

$$\eta_1(A) = \eta_1(B), \text{ если } A=B; \quad \eta_1(A) \neq \mu_1(B), \text{ если } A \neq B, \quad (6)$$

где A и B - отвлеченные числа.

Минимальная частота $\omega_{2\min}$ выбирается по возможности близкой к нулю, чтобы моделировать поверхность, не замкнутую в направлении χ . Функция $g(N, \omega_2)$ имеет следующие значения:

0, если $N=0$ и $\omega_2=0$;

1/2, если $N=0$ и $\omega_2 \neq 0$, или $N \neq 0$ и $\omega_2=0$;

1, если $N \neq 0$ и $\omega_2 \neq 0$.

Нормирующий множитель C определим из уравнения:

$$\sqrt{2} \bar{h} = C \sqrt{\sum_{N \in D} \int_{\omega_2 \in E} f_1(N) f_2(\omega_2) d\omega_2}, \quad (7)$$



где D - множество гармоник, соответствующее полосе пропускания частотного фильтра при снятии круглограммы; E - интервал, равный всему диапазону частот ω_2 модельной поверхности.

Описанная математическая модель использована для расчета характеристик алгоритмической составляющей погрешности метода.

Литература

1. Белопухов, В. Н. Лабораторный макет лазерного кругломера [Текст] / В. Н. Белопухов, М. Ю. Грачев, М. В. Лесников, О. А. Заякин, Ю. О. Понявин // ПИТ-2012: сб. науч. тр. - Самара: Изд. СНЦ РАН, 2012. - С. 10 - 13.
2. Топорец, А. С. Оптика шероховатой поверхности [Текст] / А. С. Топорец. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1988. - 191 с.
3. Беннет, Дж. М. Шероховатость поверхности и рассеяние [Текст] / Дж. М. Беннет, М. Маттсон. - Вашингтон: Оптическое общество Америки, 1993. - 119 с.
4. Дунин-Барковский, И. В. Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности [Текст] / И. В. Дунин-Барковский, А. Н. Карташова. - М.: Машиностроение, 1978. - 232 с.

И.Д. Зиновьев

ОБНАРУЖЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ В РАБОТЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СИСТЕМЫ ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ МНОГОМЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Данная работа посвящена проблеме обработки данных мониторинга компьютерной системы, анализа этих данных. Показаны различия между контролем качества серийной продукции и компьютерной системы, предложены пути решения этих проблем.

Цель: сокращение числа контролируемых параметров компьютерной системы и анализ агрегированных показателей

В сфере бизнес решений очень часто создаются большие кластеры из вычислительных машин, выполняющих одинаковые или специфичные для каждой машины функции.

Выход из строя одной из машин может привести к потере производительности или, в случае уникальности узла, вообще к отключению системы. Простой таких систем обходится очень дорого, а в некоторых случаях (например, банки и платежные системы) и вовсе не допустим. Для предотвращения наступления таких ситуаций необходимо вести наблюдение за системой. Для этой цели существуют системы мониторинга.



Для контроля качества продукции при серийном производстве используется статистический контроль технологического процесса на основе карт Шухарта [1]. Обнаружение нарушений процесса, как правило, проводится на основе выхода контролируемой статистики за заданные границы карты. Большинство современных систем мониторинга работают только с простыми картами Шухарта, отслеживая выход контролируемого параметра за границы разрешенной зоны.

Вместе с тем, для одномерного контроля широко используются и другие критерии, в частности, поиск структур специального вида на контрольной карте: если на карте имеет место структура (набор точек), вероятность появления которой близка к вероятности ложной тревоги, то это свидетельствует о нарушении процесса.

Если абстрагироваться от структуры хранения, данные системы мониторинга можно представить в виде матрицы чисел, в которой каждый столбец соответствует какому-то контролируемому параметру, а строка – моменту времени, в которой параметр был получен. Если какой-то параметр в определенный момент времени не собирался, то в соответствующей ячейке стоит значение null. Минимальным шагом по времени является 1 секунда. Пример матрицы приведен в таблице 1.

Таблица 1. Пример матрицы данных системы мониторинга

Время, с	Загрузка процессора, %	Использование ОЗУ, байт	Свободное место на диске, %	...	Параметр №600	...
10	10	null	27	...	null	...
11	null	259652128	...	...	null	...
12	null	null	27	...	153,9	...
15	37	null	...	...	null	...
...	...	...	...	...	...	...

Однако, ввиду специфики предметной области, большого количества факторов и не учитываемой обычно коррелированности факторов, большинство наработок связанных с продвинутым анализом карт Шухарта нельзя просто применить к задаче мониторинга компьютерной системы. Основные проблемы:

1. Большая размерность. При контроле качества продукции количество измеряемых параметров редко превышает несколько десятков. В случае компьютерной системы это число может измеряться сотнями и тысячами.

2. Несинхронизированность данных. При контроле качества какой-то детали, мы можем снять все показатели сразу. При мониторинге компьютерной системы эти параметры получаются периодически, причем период у каждого параметра свой.

3. Переменный характер корреляций. При контроле производства все корреляции заранее определены производственным процессом. В случае компьютерной системы корреляционная матрица может очень сильно меняться в зависимости от выполняемой системой задачи. Например, в сервисах, предос-



ставляющих услуги облачных вычислений физическая машина может перебрасываться с одной задачи на другую, из одного логического кластера в другой. В такой ситуации значения коэффициентов корреляции поменяются.

4. Переменное число параметров. В любой момент в компьютерную систему может быть добавлена новая машина, параметры которой сразу начинают мониториться. Также машины можно удалять, при этом параметры этой машины перестают рассматриваться.

5. Отсутствие обучающей выборки. Отчасти следует из предыдущего пункта. При добавлении новых параметров отсутствует статистика по ним.

Предлагаемые пути решения проблем

1. Снижение размерности задачи. Предлагается использовать метод главных компонент [2] и анализировать не сами данные, а главные компоненты. Это также позволит нам находить суммарную ошибку, «размазанную» по всем факторам.

2. Если просто посчитать корреляционную матрицу по данным в том виде, в котором они получаются, то все факторы окажутся некоррелированными ввиду их разброса по времени. Поэтому предлагается на всех промежуточных моментах времени использовать предыдущее полученное значение. Также можно при получении следующего значения применять интерполяцию и пересчитывать корреляционную матрицу на этом промежутке.

3. Для своевременной реакции на смену взаимосвязей между параметрами необходимо отбрасывать из рассмотрения устаревшие данные. Для этого предлагается считать корреляционную матрицу не по всем данным системы, а только для некоторого окна, размер которого должен выбираться достаточно большим, чтобы по нему можно было делать статистические выводы, и достаточно малым, чтобы устаревшие данные не оказывали влияния на корреляционную матрицу. По оценкам такой размер составляет 10 минут. Однако из-за введения концепции окна в алгоритм расчета корреляционной матрицы возникает проблема с данными, которые не меняются внутри окна. Дисперсия таких факторов равна нулю, что ведет к неопределенностям. Такие данные мы считаем несущественными и предлагаем не рассматривать.

4. Чтобы накопить определенную статистику по свежедобавленным факторам предлагается вводить их в рассмотрение по прошествии времени, равного одному окну, с момента их появления. В этом случае мы будем располагать достаточно статистикой по ним.

Алгоритм работы

1. Из системы мониторинга получается набор данных определенного размера, равного размеру окна. При этом производится их первичная обработка: null заменяются на предыдущие значения, факторы без изменений отбрасываются.

2. По подготовленным данным считается корреляционная матрица по формуле:



$$r_{i,j} = \frac{\sum_{k=0}^n \left((X_{i,k} - \bar{X}_i) (X_{j,k} - \bar{X}_j) \right)}{\sqrt{\sum_{k=0}^n (X_{i,k} - \bar{X}_i)^2 \sum_{k=0}^n (X_{j,k} - \bar{X}_j)^2}}$$

где $X_{i,k}$ – значение i -го фактора в момент времени k , $\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^n X_{i,k}$ – среднее значение i -ой выборки, n – объем выборки (размер окна).

3. Для матрицы r ищутся формулы наибольших главных компонент так, чтобы в них было сконцентрировано заданное количество энергии, выбираемое так, чтобы значительно уменьшить размерность задачи. Для этого необходимо найти p наибольших собственных значения корреляционной матрицы и соответствующие им собственные векторы. Количество необходимых собственных значений p можно найти из соотношения

$$I = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p}{\text{rank}(r)},$$

где I – наперед заданное значение критерия информативности, λ_i – собственное значение матрицы r .

4. Ищутся значения главных компонент для еще не обработанных моментов времени t .

$$z_{i,t} = \sum_{k=1}^{k-n} l_{i,k} x_{t,k},$$

где z – матрица значений главных компонент, $i = \overline{1, p}$ – номер главной компоненты, l – матрица собственных векторов, где i -ая строка соответствует i -ому собственному вектору, x – матрица исходных данных. Так как исходные данные приходят к нам в «сыром» виде (нецентрированные, выраженные в разных единицах измерения), то их надо предварительно подготовить:

$$\hat{x}_{t,k} = \frac{x_{t,k} - \bar{x}_k}{\sigma_k},$$

где $\bar{x}_k$ – выборочное среднее, σ_k – выборочное среднее квадратическое отклонение. Таким образом, итоговая формула i -й главной компоненты имеет вид:

$$z_{i,t} = \sum_{k=1}^{k-n} l_{i,k} \hat{x}_{t,k} = \sum_{k=1}^{k-n} l_{i,k} \frac{x_{t,k} - \bar{x}_k}{\sigma_k}.$$

5. По последней формуле также вычисляются значения критических границ для главных компонент и наносятся на контрольную карту. Эти значения считаются, как главные компоненты для вектора законфигурированных в системе критических границ.

6. После этого к полученным контрольным картам главных компонент можно применять уже существующие алгоритмы анализа структур карты Шухарта с поправкой на то, что границы у наших графиков «прыгающие».

7. Окно сдвигается на заранее определенное значение сдвига и шаги 1-6 повторяются для новых данных.



На рисунке 1 приведен примерный график изменения главной компоненты z_1 и соответствующей ей критической границы в зависимости от времени.

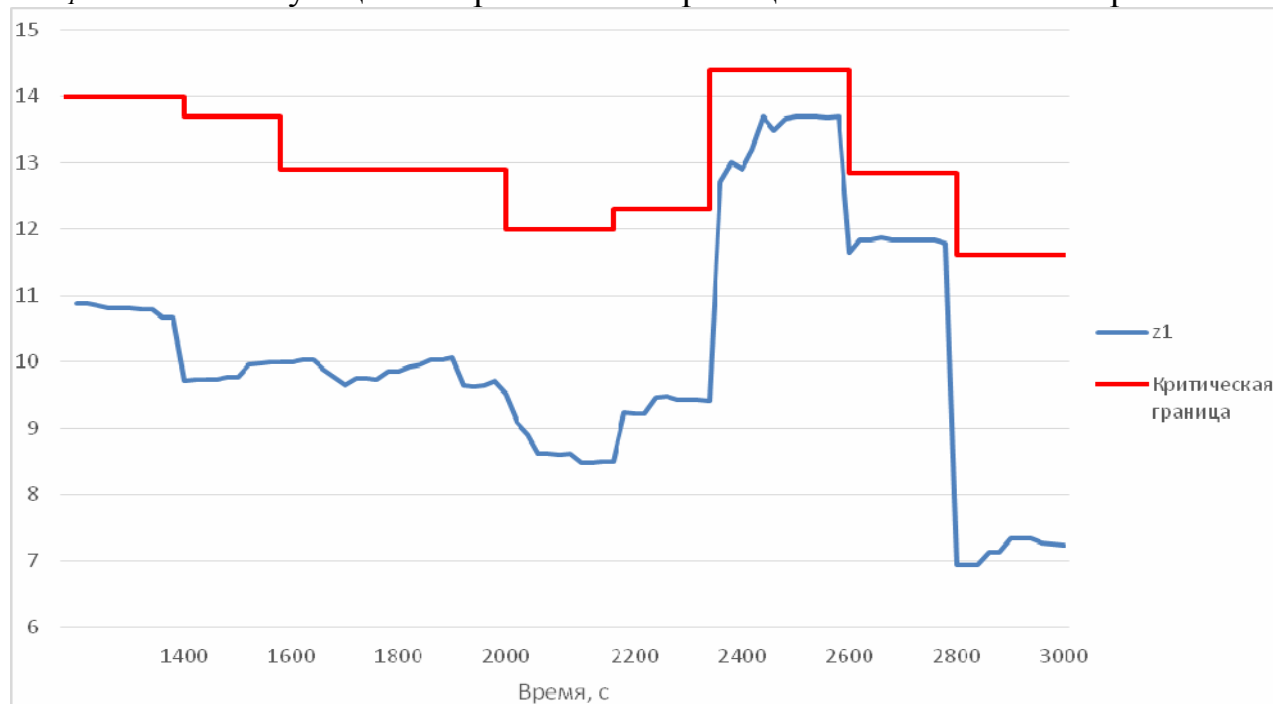


Рис. 1. Примерный вид графика главной компоненты

Заключение

В процессе работы были указаны различия между контролем качества серийной продукции и компьютерной системы, предложены пути решения этих проблем. Были получены данные системы мониторинга, проведен их предварительный анализ, первичная обработка.

Литература

1. ГОСТ Р 50779.42–99 (ИСО 8258-91) Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. М.: Издательство стандартов, 2004. 36 с.
2. Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989. 607 с.

З.Ф. Камальдинова, К.В. Сырчикова

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ АНАЛИЗ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ»

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Компетентность специалиста с высшим образованием - это проявленные им на практике стремление и способность (готовность) реализовать свой потенциал (знания, умения, опыт, личностные качества и др.) для успешной творческой деятельности в профессиональной и социальной сфере, осознавая



социальную значимость и личную ответственность за результаты этой деятельности, необходимость ее постоянного совершенствования [1].

Рассмотрим два типа компетенций:

- общекультурные (ОК) – это способность ориентироваться в пространстве культуры;
- профессиональные (ПК) – комплексная интеллектуально-личностная характеристика студента, включающая в себя совокупность приобретенных знаний, умений, профессиональных навыков, а также ценностных ориентаций, профессионально и социально важных личностных качеств, которые необходимы для полноценного включения выпускника-бакалавра в профессиональную среду.

Для сбора данных был создан тест компетенции, который размещен в информационной системе поддержки работы государственной экзаменационной комиссии (ГЭК). Тест основан на Федеральном Государственном Образовательном Стандарте Высшего профессионального образования по направлению подготовки 230400 Информационные системы и технологии (квалификация (степень) «Бакалавр»). Вопросы составлялись способом расщепления сложных вопросов на большое количество маленьких и объединения множества простых вопросов в один для упрощения прохождения теста интервьюерами.

Интервьюерами выступили студенты трёх групп, обучающиеся на факультете ИСТ СГАСУ:

1. 4 курс, осваивающий учебную программу бакалавров (20 человек);
2. 5 курс, осваивающий учебную программу специалистов (10 человек);
3. 1 курс магистратура (6 человек).

На рисунке 1 отображены результаты тестирования студентов по компетенциям. Как мы видим, магистры ФИСТ обладают практически всеми необходимыми компетенциями для успешного дальнейшего трудоустройства по специальности. Сравнительно с будущими специалистами и бакалаврами магистры показывают успехи и разительно отличаются.

Несколько компетенций находятся на чрезвычайно низком уровне освоения и вызывают беспокойство, это такие компетенции как:

- ПК-7 – способность осуществлять сертификацию проекта по стандартам качества.

Даже магистрами уровень обладания составляет менее 25%;

- ПК-3 – способность проводить рабочее проектирование;
- ПК-8 – способность проводить расчет обеспечения условий безопасной жизнедеятельности;
- ПК-18 – способность использовать технологии разработки объектов профессиональной деятельности в различных областях;
- ПК-21 – способность проводить оценку затрат на обеспечение качества объекта проектирования.



Низкий уровень только у специалистов и бакалавров, магистры показывают успехи.

- ПК-22 - готовность осуществлять организацию контроля качества входной информации.
- ПК-31 - способность к осуществлению инсталляции, отладки программных и настройки технических средств для ввода информационных систем в промышленную эксплуатацию.

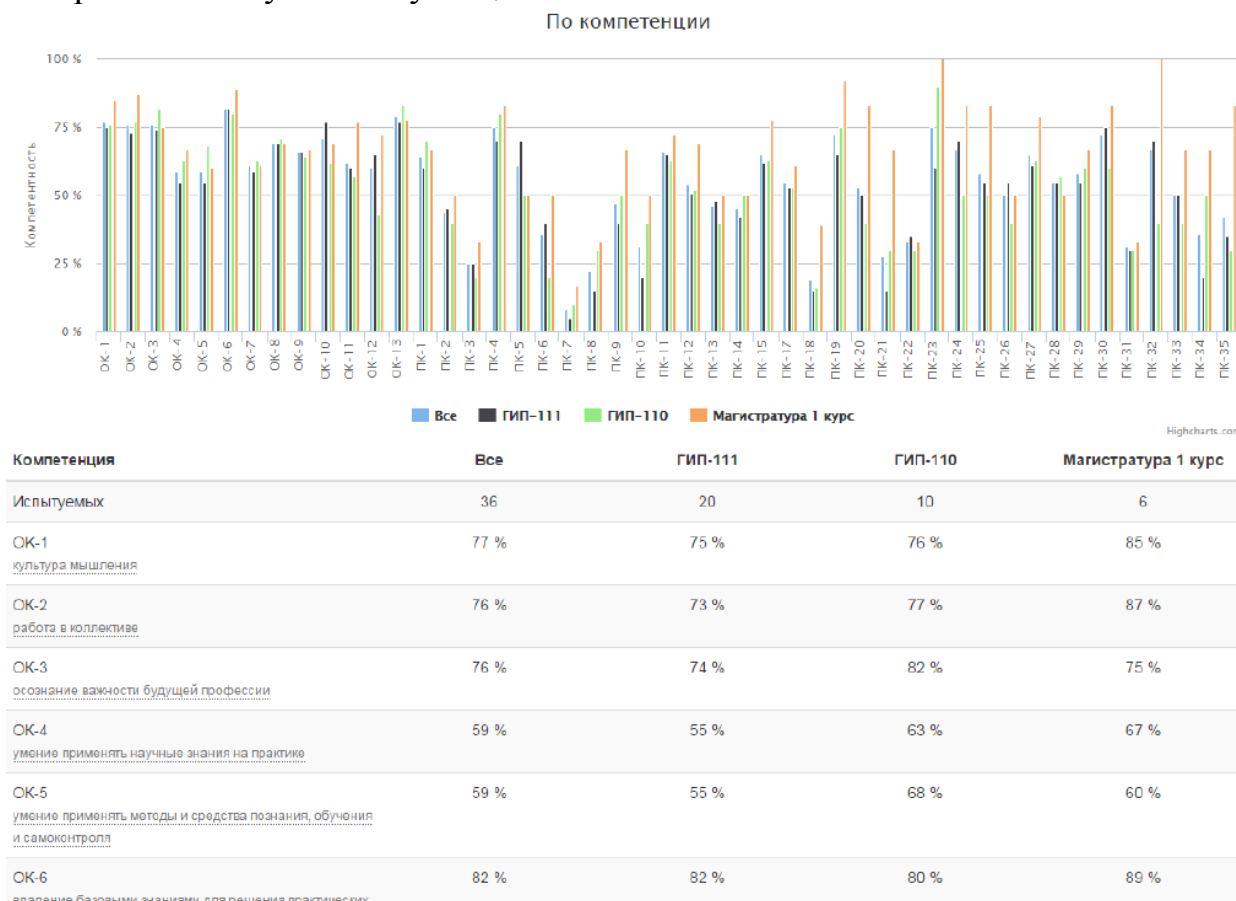


Рис. 1. Результаты тестирования по компетенциям

На рисунке 2 отображен уровень обладания компетенциями студентами старших курсов ФИСТ. Как видно из диаграмм, самая не развитая компетенция проектно-конструкторной деятельности (ниже 50%). Вторая по неразвитости — производственно-технологическая деятельность. Самые развитые — научно-исследовательская деятельность и общая культура.

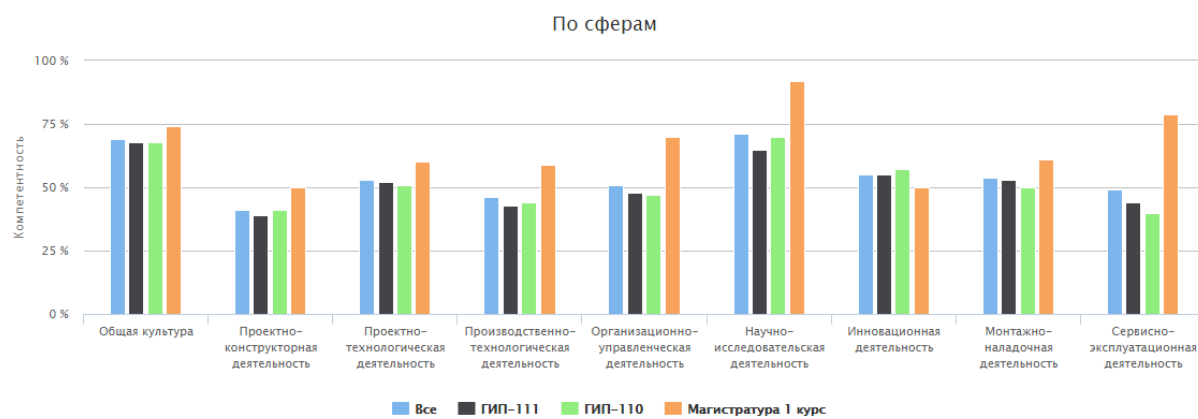


Рис. 2. Уровень обладания компетенциями студентами старших курсов ФИСТ

На рисунке 3 можно увидеть результаты корреляционного анализа зависимости обладания студентом отдельными компетенциями и оценкой за последнюю курсовую работу. Зависимости, как таковой нет. Предположительно из-за недостаточной информации по оценкам. Возможно, при сравнении с оценкой ВКР картина будет иной.



Рис. 3. Корреляционный анализ зависимости компетенций и оценок за курсовую работу

Литература

1. Татур, Ю.Г. Компетентный подход в описании результатов и проектировании стандартов высшего профессионального образования: Материалы ко второму заседанию методологического семинара. Авторская версия. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2004.



2. ФГОС высшего профессионального образования по направлению подготовки 230400 информационные системы и технологии (квалификация (степень) "бакалавр") [Текст]. - М.: Изд-во стандартов, 2010. - 21 с.

3. Стандарт OpenMP [Электронный ресурс]: URL: <http://www.openmp.org/drupal/mp-documents/spec25.pdf>

4. Пиявский, С.А. Исследовательская деятельность студентов в инновационном вузе: учебник; Самарск. гос. арх.-строит. Ун-т. Самара: 2011.- 198с.

К.Е. Климентьев, В.В. Чугунов

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

На кафедре ИСТ СГАУ силами преподавателей и студентов ведется разработка учебного программного комплекса, предназначенного для моделирования физических процессов и явлений в режиме реального времени. По своему назначению и возможностям он относится к продуктам класса CAE – Computer Aided Engineering. От многочисленных систем аналогичного назначения, таких как пакет конечно-элементного анализа ANSYS [1], систем моделирования динамики сложных объектов SIMULINK [2] и ПК «MBTU» и прочих, разрабатываемый комплекс отличаются следующие особенности.

1. Динамическая «сцена», то есть совокупность моделируемого объекта и набора датчиков, регистрирующих его физические характеристики, конструируется преподавателем при помощи специализированного графического редактора.

2. Моделирование объекта, характеризующееся изменением его физических характеристик, выполняется в режиме реального времени при помощи автономного процесса операционной системы.

3. Числовые значения физических величин, регистрация которых выполняется набором датчиков, передаются вовне в асинхронном режиме при помощи разнообразных программных и аппаратных интерфейсов, таких как:

- сеть Ethernet с протоколами семейства TCP/IP;
- параллельный порт (интерфейс Centronix);
- последовательный порт (интерфейс RS-232);
- массив разделяемой памяти;
- файл на внешнем носителе и т.п.

4. Информационно-измерительная система, непосредственно выполняющая сбор, визуализацию, обработку и сохранение данных, полученных от объекта, разрабатывается и реализуется студентами в процессе выполнения лабо-



раторных работ и курсовых проектов в рамках учебной дисциплины «Системы реального времени».

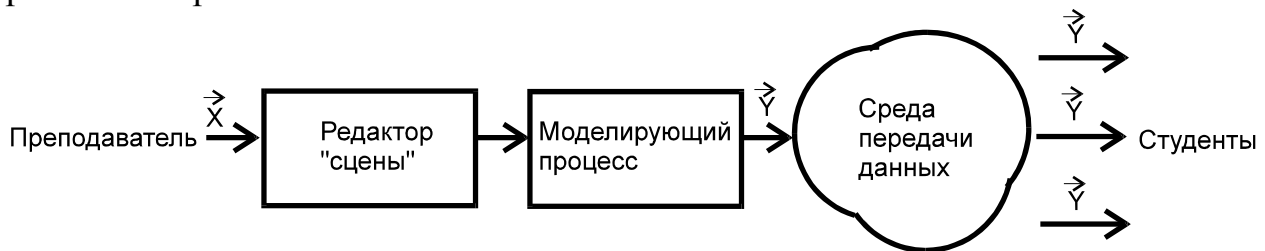


Рис. 1. Функциональная схема программного комплекса

Функциональная схема программного комплекса изображена на рис. 1, где $\vec{X}$ - вектор параметров, описывающих структуру, геометрию и технические характеристики моделируемого объекта; $\vec{Y}$ - вектор числовых значений физических характеристик, описывающих динамику модели.

В качестве примера рассмотрим принципы моделирования динамики плоскости, состоящей из связанных осцилляторов («шариков на пружинках»). На этой плоскости при помощи графического редактора может быть размещено произвольное количество «вибраторов» (источников однократного или периодического воздействия) и датчиков, воспринимающих отклонения материальных точек от нулевого положения (см. рис. 2).

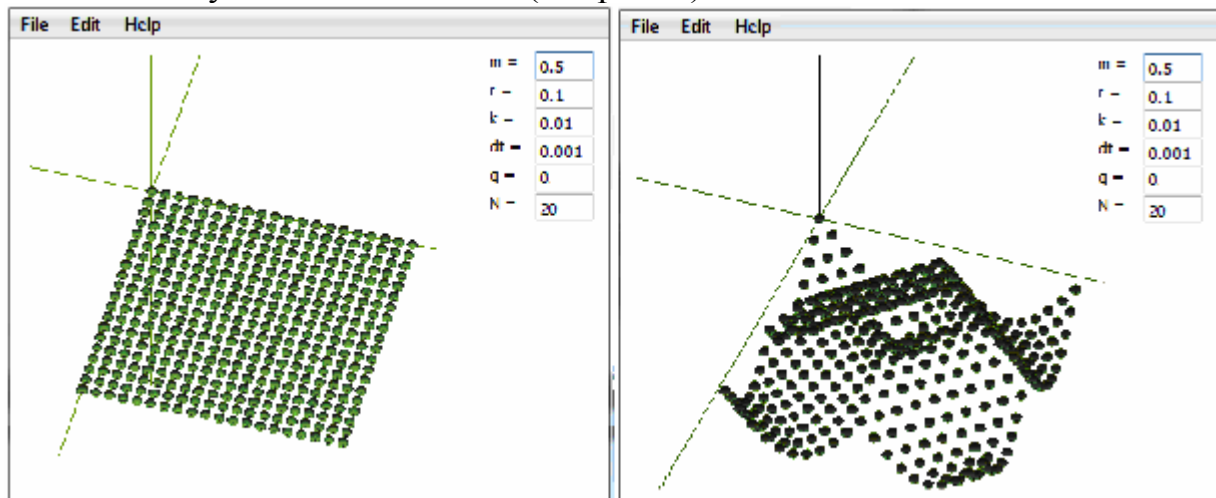


Рис. 2. Редактирование модели «плоскость с датчиками»

При моделировании решается в реальном времени следующая задача. Начальные условия: число осцилляторов N , их массы m , жесткость упругих связей k , жесткость пружины внутри осциллятора q , коэффициент вязкого трения r , шаг по времени Δt , начальные смещение ξ и скорости η . Цель: для осцилляторов определить равнодействующую силу F , ускорение θ , скорость η и смещение ξ в момент $t + \Delta t$. Решение для одной точки [3]:

$$F(t + \Delta t) = F(t) - q(\xi(t) - \sum_{s \in S} \xi_s(t)),$$

$$\theta(t + \Delta t) = (F(t + \Delta t) - r\eta(t) - k\xi(t)) / m,$$

$$\eta(t + \Delta t) = \eta(t) + \theta(t + \Delta t)\Delta t,$$

$$\xi(t + \Delta t) = \xi(t) + \eta(t + \Delta t)\Delta t.$$



Здесь $\sum_{s \in S} \xi_s(t)$ - суммарное (с учетом знака) смещение всех соседних точек. При моделировании целесообразно принять $m=1$.

Литература

1. Басов К.А. ANSYS для конструкторов [Текст] / К.А. Басов. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 248 с.
2. Дьяконов В.П. Matlab R2006/2007/2008. Simulink 5/6/7. Основы применения [Текст] / В.П. Дьяконов. – М.: Солон-Пресс, 2008. – 800 с.
3. Майер Р.В. Компьютерное моделирование физических явлений [Текст] / Р.В. Майер. – Глазов: ГГПИ, 2009. – 112 с.

Н.С. Кравцова, Р.А. Парингер, А.В. Куприянов

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЕНДРИТНЫХ КРИСТАЛЛОГРАММ НА ОСНОВЕ ОЦЕНИВАНИЯ ФАКТОРОВ ФОРМЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО СПЕКТРА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Введение

Анализ изображений медицинских кристаллограмм – это важная часть медицинской диагностики [1]. Медицинские кристаллограммы – это структуры, образованные при кристаллизации солей вследствие высушивания биологической жидкости (слеза, кровь, слюна и т.д.). Автоматизация обработки изображений кристаллограмм позволит повысить качество диагностики и сократит затраты времени на её проведение. В данной работе используются алгоритмы расчёта признаков форм пространственного спектра. Для классификации изображений использовались два классификатора: классификатор по К-ближайшим соседям и Байесовский классификатор.

В данной работе применяются геометрические признаки формы. Расчёт данных признаков производится на основе геометрических характеристик объектов представленных на изображении.

Информация, содержащаяся в изображении кристаллограмм, является структурно избыточной [2]. Если рассматривать пространственный спектр таких изображений, то он будет расположен в узкой полосе частот, которую можно назвать несущей частотой. Так же известно, что если на исходном изображении преобладали параллельные полосы определённого направления, тогда и на Фурье-преобразовании будут исходного изображения будут преобладать полосы с таким же направлением. Это свойство можно использовать для анализа кристаллограмм (Рисунок 1).

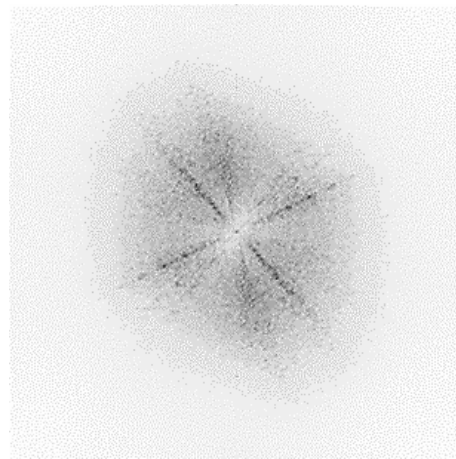
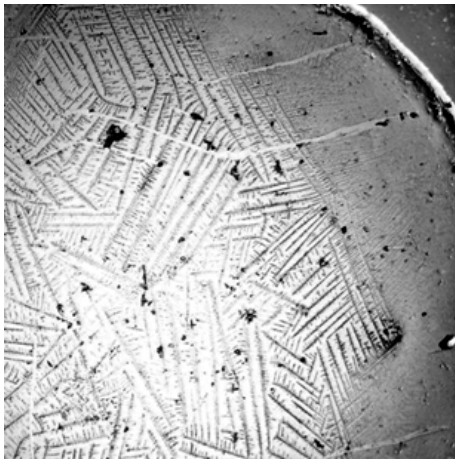


Рис. 1. Изображение кристаллограммы биологической жидкости и пространственного спектра (инвертированное изображение)

1 Факторы формы пространственного спектра

Информационная технология классификации изображений кристаллограмм с использованием факторов формы пространственного спектра заключается в следующем: выполняется выравнивание яркости исходного изображения, быстрое преобразование Фурье, построение гистограммы распределения яркости, пороговая обработка, преобразовании области в замкнутую, выделение границ, подсчёт факторов формы.

В данной работе рассчитываются различные геометрические признаки формы спектра.

1. Коэффициент компактности $F_1 = \frac{P^2}{S}$
2. Коэффициент округлости $F_2 = \sqrt{\frac{4S}{\pi}}$
3. Коэффициент формы $F_3 = \frac{4\pi S}{P^2}$
4. Коэффициент Малиновской $F_4 = \frac{P}{4\sqrt{\pi S}}$
5. Коэффициент Blair-Biss $F_5 = \frac{S}{\sqrt{2\pi \sum_i r_i^2}}$

где r_i – расстояние от точки до центра тяжести, P – периметр, а S – площадь.

Указанные признаки обладают свойством инвариантности т.е. неизменности величины по отношению к преобразованиям сдвиг, поворот, масштабирование.

Вычисление периметра P является нетривиальной задачей. В данной работе используется способ, состоящий из трёх этапов:

1) Применяется операция дилатации. Из полученного расширенного на один пиксель по всем направлениям изображения, попиксельно вычитаем исходное изображение. Получаем изображение «внешнего» контура.

2) Применяется операция эрозии к исходному. Из исходного изображения попиксельно вычитаем полученное изображение. Получаем изображение «внутреннего» контура.



3) Среднее значение двух полученных контуров можно использовать в качестве периметра Р.

Для подсчёта площади S применим более простой метод. Посчитаем количество белых точек на изображении. Если принять один пиксель за единицу площади. Тогда площадь будет равна сумме всех белых точек.

2 Байесовский классификатор.

Наивный байесовский классификатор – простой вероятностный классификатор, основанный на применении Теоремы Байеса со строгими (наивными) предположениями о независимости.

Достоинством наивного байесовского классификатора является малое количество данных для обучения, необходимых для оценки параметров, требуемых для классификации.

Пусть входной сигнал, задаваемый вектором $y = (y_0, \dots, y_{K-1})^T$ и подлежащий распознаванию, представляет собой аддитивную смесь детерминированной и шумовой составляющих. Будем считать, что наблюдаемые векторы имеют плотность вероятностей вида

$$p(y/\Omega_l) = \frac{1}{(2\pi)^{K/2} \sqrt{|B_l|}} \exp \left(-\frac{1}{2} (y - M_l)^T B_l^{-1} (y - M_l) \right), \quad l = \overline{0, L-1}$$

Здесь $M_l = E\{Y/\Omega_l\}$, $B_l = E\{(y - M_l)(y - M_l)^T / \Omega_l\}$ — математическое ожидание и ковариационная матрица вектора признаков из класса Ω_l , соответственно. Требуется по реализации y случайного вектора Y определить класс, к которому данный вектор принадлежит.

Решением данной задачи является классификатор Байеса с дискриминантными функциями следующего вида:

$$d_l(y) = \ln P(\Omega_l) - \ln \sqrt{|B_l|} - \frac{1}{2} (y - M_l)^T B_l^{-1} (y - M_l), \quad l = \overline{0, L-1}.$$

Данное выражение может быть упрощено. Предположим, что все корреляционные матрицы одинаковы. Тогда решающие функции классификатора Байеса представляются в виде

$$d_l(y) = 2 \ln P(\Omega_l) - (y - M_l)^T B_l^{-1} (y - M_l), \quad l = \overline{0, L-1}.$$

Величина $\rho(y, M_l) = (y - M_l)^T B_l^{-1} (y - M_l)$ называется расстоянием Махаланобиса между векторами y и M_l и является мерой близости вектора y к центру класса Ω_l .

3 Метод k ближайших соседей

Метод k ближайших соседей — метод автоматической классификации объектов. Основным принципом метода ближайших соседей является то, что объект присваивается тому классу, который является наиболее распространённым среди соседей данного элемента.

Алгоритм может быть применен к многомерным выборкам. Для этого перед применением нужно определить функцию дистанции. Классический вариант определения дистанции — дистанция в евклидовом пространстве.



4 Экспериментальные результаты классификации

Для обучения классификатора были использованы изображения формата jpg с разрешением 256 на 256 пикселей, состоящие из 256 полутоновых оттенков. Всего было выбрано 400 изображений, принадлежащих к разным классам. По 100 изображений каждого класса (Рисунок 2).



Рис. 2. Увеличенные фрагменты изображений дендритных кристаллограмм

Критерием качества классификации определим ошибку классификации, показывающую, в скольких случаях классификатор принял неправильные решения, по формуле: $\varepsilon = \frac{k}{n} \cdot 100\%$, где k – число ошибок классификации, n – общее число изображений.

Изображения исследуемых кристаллограмм были разбиты по группам: группа 1 – больные с поставленным диагнозом; группа 2 – после нескольких процедур лечения; группа 3 – группа прошедших курс лечения; группа 4 – группа «норма».

Результат эксперимента показал, что ошибка классификатора по k ближайшим соседям равна 11%. В случае использования Байесовского классификатора ошибка равна 16%.

Были построены детальные графики гистограмм распределения признаков по каждой группе кристаллограмм. Результаты для признака Малиновской представлены на рисунке 3. Пики на графиках определяют характерное значение признака для выбранной группы.

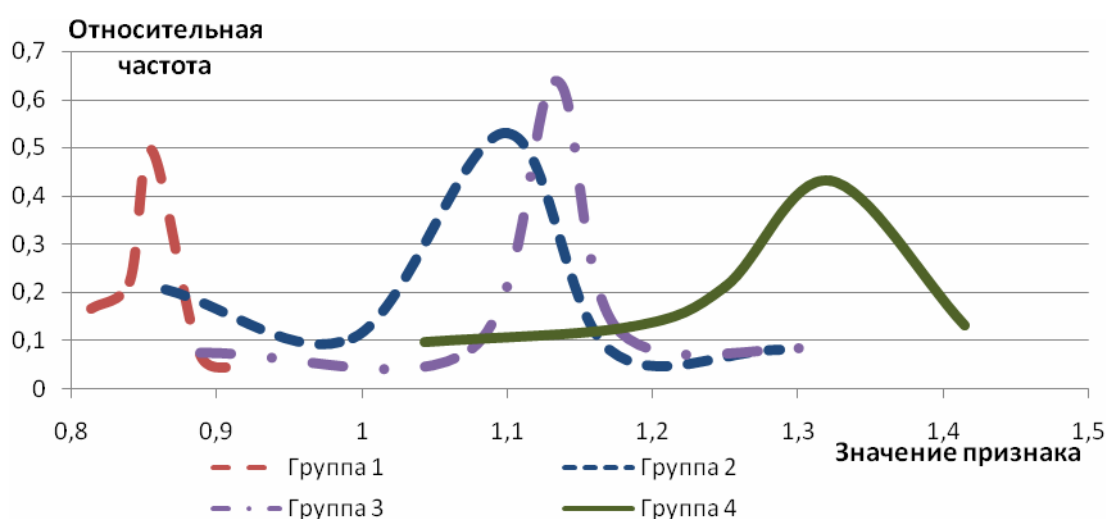


Рис. 3. Гистограмма распределения фактора Малиновской



Заключение

Анализ гистограмм распределения признаков пространственного спектра показал, что области распределения значений фактора Малиновской для различных групп кристаллограмм практически не пересекаются. Это свидетельствует об эффективности применения предложенной технологии анализа факторов формы пространственного спектра для классификации дендритных кристаллограмм.

Литература

1. Мартусевич, А. К. , Кристаллографический анализ: общая характеристика / А. К. Мартусевич // Вятский медицинский вестник. - 2002. - № 3. С. 59-61.
2. Куприянов, А. В. Сегментация текстурных изображений на основе оценивания локальных статистических признаков / А. В. Куприянов // Вестник СГАУ. – 2008. – №2 (15). – С. 245-252.

И.А. Лёзин, А.О. Авдиенко

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ И МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ПОИСКА ПРИ ИМПОРТЕ БОЛЬШИХ МАССИВОВ ДАННЫХ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

По условию задачи, на вход автоматизированной системы поступает файл в некотором формате (например, CSV) с записями о сотрудниках организации, которые нужно импортировать в базу данных, предварительно провалидивав и разделив на классы. Записи могут быть невалидными, повторяющимися, уже существующими в базе, новыми, и т.д. Объем файла довольно велик, несколько десятков тысяч строк.

Каждая запись содержит M полей, то есть в файле M колонок и N строк. Некоторые колонки используются для поиска дубликатов записей с учетом их приоритета.

Подробнее о возможных сложностях и проблемах:

- в файле могут быть записи вообще без колонок, по которым проводится проверка;
- имя задается в 3 колонках, при этом никто не может гарантировать, что фамилия будет стоять в графе "Фамилия";
- ни одна из поисковых колонок не уникальна среди всех записей, уникальность поддерживается только по группе атрибутов;
- файл импортируется не весь целиком, а по частям, поэтому непосредственно в момент валидации мы не видим всего файла целиком.

По результатам импорта формируется отчет.



При работе с большими массивами данных особое внимание следует уделить оптимальности алгоритмов обработки с точки зрения быстродействия и затрачиваемой памяти. Некоторые допущения и возможные упрощения, сделанные для сравнительно небольших размерностей решаемой задачи, зачастую неприменимы к достаточно большим объемам входных данных. Особенно это касается задач поиска и алгоритмической классификации, при решении которых зачастую требуется неоднократный просмотр имеющихся входных массивов.

При решении поставленной задачи использовался следующий алгоритм – входной файл полностью разбирается на лексемы и загружается в оперативную память. Уже в процессе загрузки записи валидируются и разделяются на классы по набору эвристических критериев. Далее записи, уже прошедшие обработку, разделяются на группы, которые при необходимости импортируются в базу данных (batch update); если добавление не требуется, то они просто учитываются при формировании отчета.

Некоторые из использовавшихся принципов и эвристик:

- ёперебор сочетаний значений колонок, отвечающих за один атрибут, с дальнейшей перестановкой;
- отброс некоторых более приоритетных полей при наличии заполненной комбинации нескольких менее приоритетных;
- повторная проверка записей с целью перестройки конечного решения в случае появления новых дубликатов.

Система достаточно хорошо разделяет входные данные на классы (число ошибок близко к нулю), но её быстродействие довольно невелико. На данном этапе планируются дальнейшие исследования по увеличению производительности алгоритмов. В дальнейшем планируется применение нейронных сетей для решения задачи классификации, что позволит достигнуть большего быстродействия при той же точности классификации.

Литература

1. Муравьиный алгоритм [Электронный ресурс] – <http://habrahabr.ru/post/221237/>.
2. Метрические алгоритмы классификации [Электронный ресурс] – <http://www.ccas.ru/voron/download/MetricAlgs.pdf>.
3. Теория автоматической классификации [Электронный ресурс] – http://stu.sernam.ru/book_stat3.php?id=83.



И.А. Лёзин, С.А. Кирьяков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА ИМИТАЦИИ ОТЖИГА ПРИ ОБУЧЕНИИ СЕТИ ТСК

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Алгоритм имитации отжига – общий алгоритмический метод решения задачи глобальной оптимизации, особенно дискретной и комбинаторной оптимизации.

Алгоритм основывается на имитации физического процесса, который происходит при кристаллизации вещества, в том числе при отжиге металлов. Предполагается, что атомы уже выстроились в кристаллическую решётку, но ещё допустимы переходы отдельных атомов из одной ячейки в другую. Предполагается, что процесс протекает при постепенно понижающейся температуре. Переход атома из одной ячейки в другую происходит с некоторой вероятностью, причём вероятность уменьшается с понижением температуры. Устойчивая кристаллическая решётка соответствует минимуму энергии атомов, поэтому атом либо переходит в состояние с меньшим уровнем энергии, либо остаётся на месте.

Новые коэффициенты сети X' получаются на основе текущих коэффициентов X следующим образом. К каждому коэффициенту x_j применяется оператор A , который случайным образом модифицирует соответствующий коэффициент. Коэффициенты X становятся X' с вероятностью $P(X, X')$.

$$P(X, X') = \begin{cases} 1 & F(X') - F(X) < 0 \\ \exp\left(-\frac{F(X') - F(X)}{t_i}\right) & F(X') - F(X) \geq 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$F(X) = \sum (y_i - y'_i)^2 \quad (2)$$

где y – выход нейронной сети, y' – контрольные значения.

На каждой итерации происходит понижение температуры.

$$t_i = T \cdot \exp(-a \cdot i^b), \quad a > 0, \quad 0 < b < 1, \quad (3)$$

где T – стартовая температура.

Новые коэффициенты X' рассчитываются по формуле:

$$x'_j = \operatorname{sgn}\left(a - \frac{1}{2}\right) \cdot x_j \cdot k \cdot \frac{t_i}{T}, \quad (4)$$

где a – равномерно распределённая на отрезке $[0, 1]$ случайная величина.

Результаты обучения сети ТСК с разными алгебрами с помощью алгоритма имитации отжига представлены на рисунках далее:

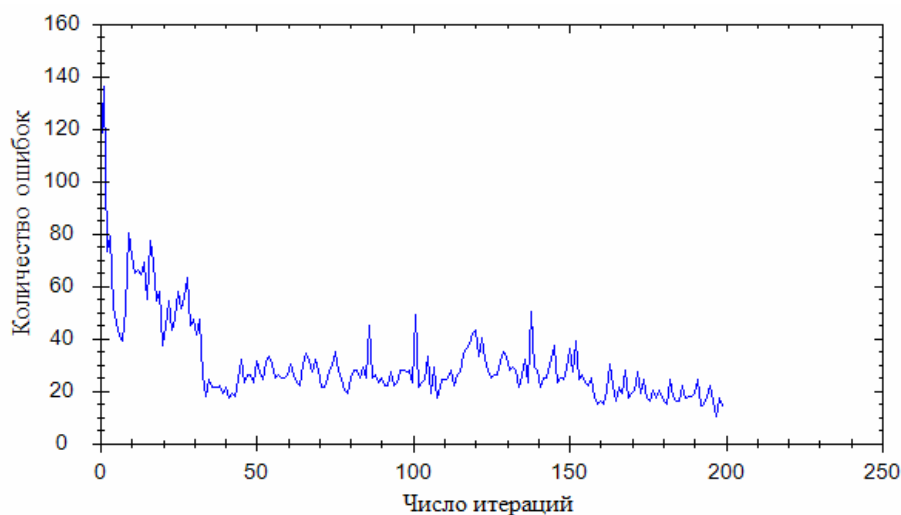


Рис. 1. ТСК сеть на основе операций арифметического сложения и произведения

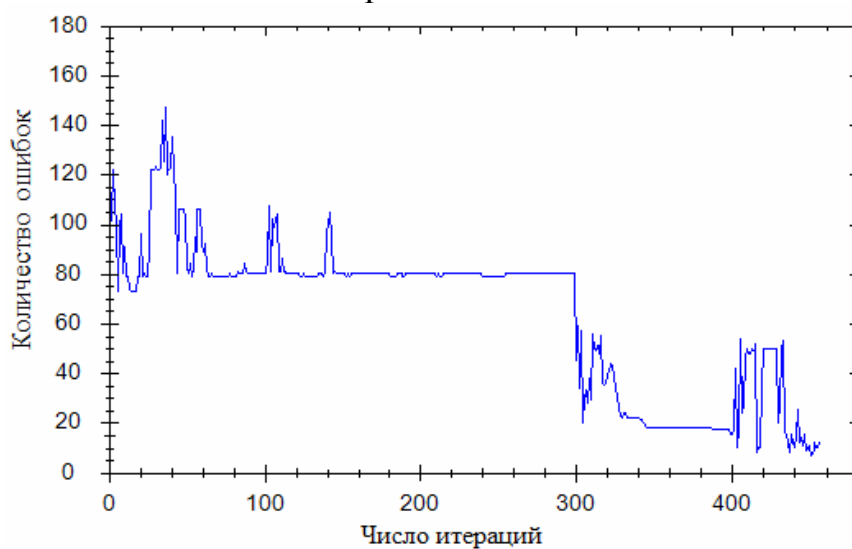


Рис. 2. ТСК сеть на основе алгебры Гёделя

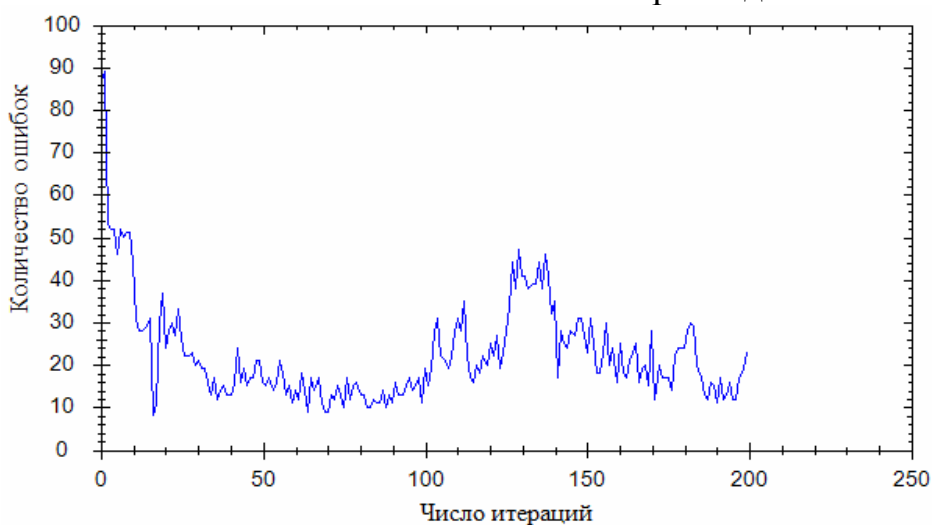


Рис. 3. ТСК сеть на основе алгебры Гогена

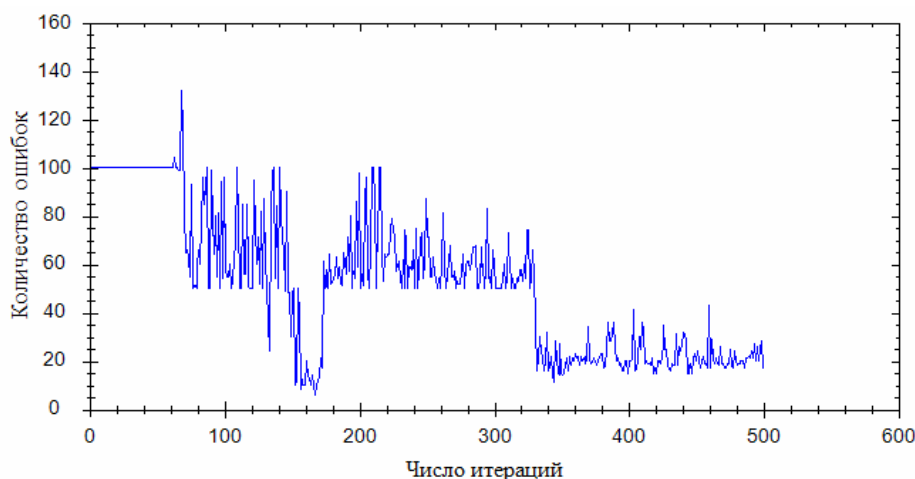


Рис. 4. ТСК сеть на основе алгебры Лукашевича

Литература

- 1 Алгоритм имитации отжига [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм_имитации_отжига.
- 2 Метод имитации отжига [Электронный ресурс]. – URL: <http://habrahabr.ru/post/112189/>.
- 3 Введение в оптимизацию. Имитация отжига [Электронный ресурс]. – URL: <http://habrahabr.ru/post/209610/>.
- 4 Нейронные сети для обработки информации [Электронный ресурс]. – URL: http://stu.scask.ru/book_ns.php?id=29.

И.А. Лёзин, М.А. Болотов

ВЫЧИСЛЕНИЕ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА МЕЖДУ ЦЕНТРАМИ ДВУХ ОТВЕРСТИЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Для простоты вычислений ограничимся рассмотрением координат вычисляемых точек на плоскости. Как показано на рисунке 1, даны три точки t_0 , t_1 и t_2 . Каждая из них характеризуется двумя функциями плотности вероятности их координат $f(x)$ и $f(y)$, которые в рамках данной задачи принимаются независимыми.

Угол между прямыми t_0t_1 и t_0t_2 равен разности углов между соответствующими прямыми и осью абсцисс. Если положить, что указанные углы являются случайными величинами A_1 и A_2 , распределенными по некоторым законам, то искомый угол является случайной величиной вида:

$$A = A_1 - A_2. \quad (1)$$

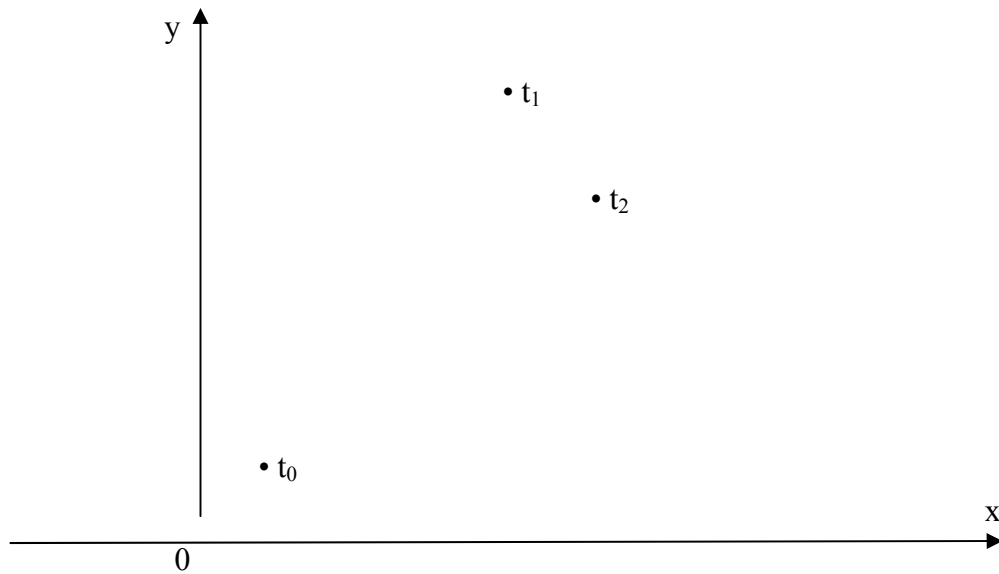


Рис. 1. Положение точек на плоскости

Распределение искомой величины вычисляется по известной формуле [1]:

$$f_A(a) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_{A_1}(a_1) f_{A_2}(a_1 - a) da_1. \quad (2)$$

Рассмотрим вычисление выражения $f_{A_1}(a_1)$ более детально. Величина A_1 – это арктангенс угла T_1 между прямой t_0t_1 и осью абсцисс.

$$A_1 = \arctan(T_1). \quad (3)$$

Ее плотность вероятности вычисляется как:

$$f_{A_1}(a_1) = f_{T_1}(\tan a_1) \frac{1}{\cos^2 a_1}. \quad (4)$$

В свою очередь случайная величина T_1 есть частное расстояний между точками LX_1 и LY_1 по каждой из осей:

$$T_1 = \frac{LY_1}{LX_1}, \quad (5)$$

с плотностью вероятности $f_{T_1}(t_1)$, вычисляемой через выражения $f_{LX_1}(x)$ и $f_{LY_1}(y)$ по правилам [2,3].

Плотности вероятностей случайных величин $LX_1 = X_1 - X_0$ и $LY_1 = Y_1 - Y_0$, характеризующих расстояния между координатами точек, находятся аналогично величине A по формуле (2) с использованием известных выражений для величин X_0 , X_1 , Y_0 и Y_1 . Таким же образом вычисляется выражение плотности вероятности для величины T_2 .

Литература

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. [Текст] – 7-е изд. стер. – М.: Высш. шк., 2001. – 575 с.: ил.
2. Теория вероятностей. Введение [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.exponenta.ru/educat/class/courses/tv/theme0/8.asp>



3. Плотность распределения частного двух независимых случайных величин [Электронный ресурс]. – URL: http://kontromat.ru/?page_id=1589

И.В. Лёзина, Б.Н. Дубинин

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ГЕНЕРАЦИИ КАПЧИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

С развитием технологий и интернета в частности появляется необходимость различать пользователей от компьютеров, так называемых программ-ботов, которые используются для совершения различных неблагоприятных действий, например, спама и создают повышенную нагрузку на посещаемых ими ресурсах.

Одним из методов решения данной проблемы является использование Captcha (Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart — полностью автоматизированный публичный тест Тьюринга[1] для идентификации компьютеров и людей).

Существуют различные виды капч [2], от нажатия на нужный элемент до видео-тестов. Однако наиболее часто применяемый вариант реализации – ввод символов с изображения.

Была разработана автоматизированная система генерации капчи.

Основным элементом изображения, генерируемого системой, являются символы алфавита. Количество символов задается пользователем. Имеется возможность добавить 2 вида шумов на результирующее изображение для затруднения автоматического распознавания.



Рис. 1. Сгенерированная капча

На рисунке 1 отображен результат работы автоматизированной системы. Для человека прохождение такого теста не займет много времени, но для компьютера это очень сложная задача.

Окно системы приведено на рисунке 2. У пользователя имеется возможность выбрать количество символов, использование линейного шума, точечного или обоих. Результат отображается в новом окне.



Рис. 2. Рабочая форма программы



Было проведено многократное тестирование системы при генерации изображений. Для тестирования сложности капчи использовался FineReader – система оптического распознавания текста [3]. Процент полного распознавания – 0%. Процент частичного распознавания – 7.5%.

Литература

1. Тест Тьюринга [Электронный ресурс] // <http://elementy.ru/trefil/21223>
2. Как это работает: Captcha [Электронный ресурс] // <http://habrahabr.ru/post/175604>
3. FineReader [Электронный ресурс] // <http://abbyy.ru/finereader>

И.В. Лёзина, А.В. Мазаев

РАСПОЗНАВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ СИМВОЛОВ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ ХЕММИНГА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

На сегодняшний день задача распознавания символов является актуальной. Определение номерных знаков, объектов на карте, оцифровка бумажных документов – вот лишь малый спектр задач, которые к ней относятся. Одним из методов решения данной задачи являются рекуррентные нейронные сети, а одной из самых эффективных – нейронная сеть Хемминга.

Сеть Хемминга является модифицированной сетью Хопфилда. Структура сети представлена на рисунке 1[1].

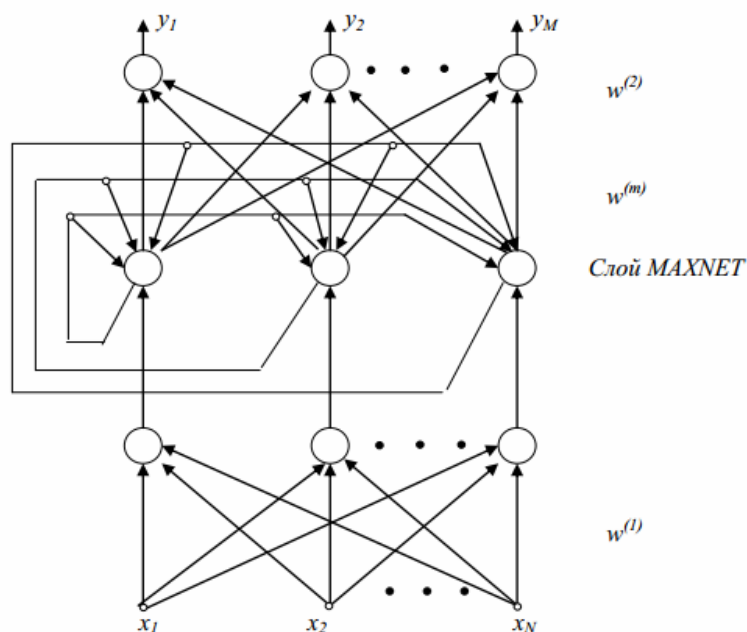


Рис. 1. Структура сети Хемминга



Сеть состоит из трех слоев. Первый слой – входной, на его вход подается вектор, который необходимо распознать. Веса первого слоя соответствуют входным векторам – образцам $x^{(t)}$:

$$w_{i,j} = x_j^{(t)} \quad (1)$$

где

$$t = 1 \dots p;$$

$$i = t;$$

$$j = 1 \dots N$$

Второй слой, MAXNET, состоит из нейронов, связанных обратными связями по принципу «каждый с каждым». Веса нейронов второго слоя сети должны усиливать собственный сигнал нейрона и ослаблять остальные сигналы. Для достижения этого веса $w_{is}^{(m)}$ должны отличаться друг от друга. Р. Липпман в своей работе принял [2]:

$$w_{is}^{(m)} = -\frac{1}{1-p} + \xi \quad (2)$$

где ξ – случайная величина с достаточно малой амплитудой.

Третий слой, однонаправленный, формирует выходной вектор по принципу WTA (Winner Takes All), в котором только один нейрон имеет выходное значение, равное 1, а все остальные равны 0. Сами веса выходного слоя соответствуют очередным векторам образов $y^{(t)}$ [1, 2]:

$$w_{li}^{(2)} = y_i^{(t)} \quad (3)$$

где $i, t, l = 1, \dots, p$.

В процессе функционирования сети можно выделить три этапа. На первом этапе на вход системы подается входной вектор. После предъявления этого вектора на выходах нейронов первого слоя генерируются сигналы, задающие начальные состояния нейронов второго слоя:

$$y_i = 1 - \frac{d_H(x^{(t)}, x)}{N} \quad (4)$$

где

$d_H(x^{(t)}, x)$ – расстояние Хемминга между входными векторами $x^{(t)}$ и x , то есть число битов, на которое различаются эти два вектора.

На втором этапе инициализированные MAXNET сигналы удаляются, и из сформированного ими начального состояния запускается итерационный процесс [1, 2]:

$$y_i(t) = f\left(\sum_s w_{is}^m y_s(t-1)\right) = \left(y_i(t-1) + \sum_{s \neq i} w_{is}^m y_s(t-1)\right) \quad (5)$$

при начальном значении $y_s(0) = y_i$.

Функция активации нейронов $f(y)$ слоя MAXNET задается выражением [1, 2]:



$$f(y) = \begin{cases} y, & \text{для } y \geq 0 \\ 0, & \text{для } y < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Итерационный процесс завершается в момент, когда все нейроны, кроме нейрона-победителя с выходным сигналом не равным 0, перейдут в нулевое состояние. Активный нейрон становится победителем и через веса $w_{i,s}^{(2)}$ $S = (1, \dots, N)$ линейных нейронов выходного слоя представляет вектор $y^{(t)}$, который соответствует номеру вектора $x^{(t)}$, признанному слою MAXNET в качестве ближайшего к входному вектору x .

В третьей фазе этот нейрон посредством весов, связывающих его с нейронами выходного слоя, формирует на выходе сигнал, равный 1, его номер является номером входного образца, к которому принадлежит входной вектор.

Разработанная программа [3] обучена 26 буквам латинского алфавита и 10 арабским цифрам (см. рисунок 2).

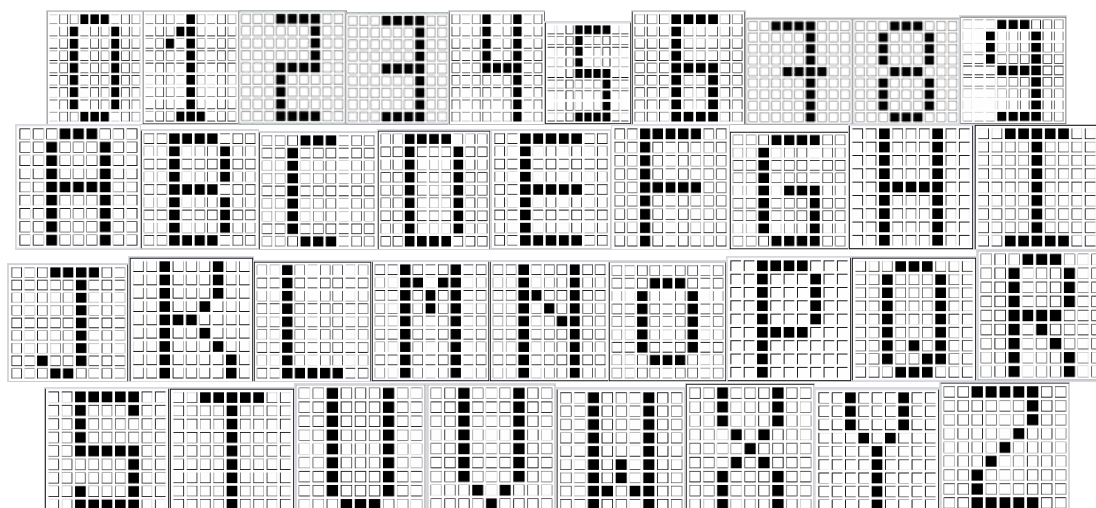


Рис. 2. Образы, которым обучена система

Примеры распознанных образов представлены на рисунке 3.

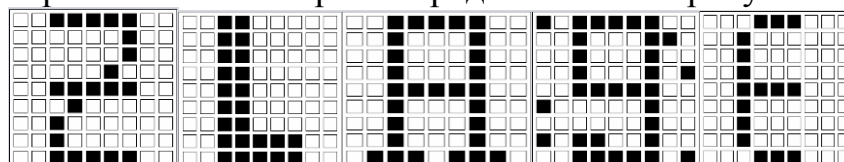


Рис. 3. Примеры распознанных образов

Интерфейс программы представлен на рисунке 4. Пользователь может обучать систему, а также распознавать символы введенные в рабочее окно. Также система ведет статистическую информацию по распознанным образам.

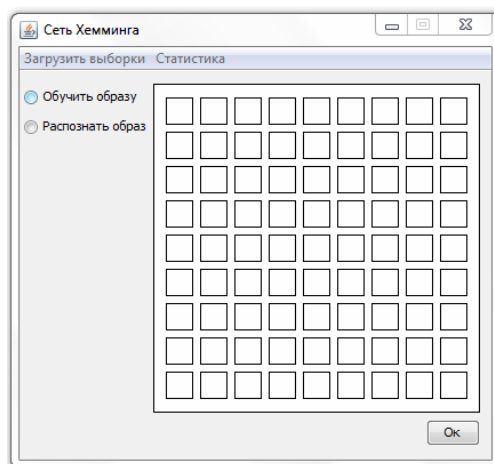


Рис. 4. Интерфейс программы

После многократных тестирований программы с изображениями различной степени искажения был получен следующий результат: процент удачных распознаваний составляет от 87% до 92%.

Литература

1. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.: ил.
2. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание [Текст]/ Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил.
3. Лёзина, И.В. Автоматизированная система распознавания печатных символов нейронной сетью Хопфилда [Текст]/ Лёзина И.В., Мазаев А.В. Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды международной научно-технической конференции – Самара: Издательство Самарского научно-го центра РАН, 2014 – С. 58-61. – Библиогр.: с.61. - ISBN 978-5-93424-704-2.

И.В. Лёзина, А.О. Новиков

КОЛОРИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Изображение в оттенках серого невозможно однозначно преобразовать в цветное, поэтому для раскрашивания изображений было решено использовать нейронные сети, которые, в настоящее время, успешно находят применение для различных задач, в том числе, связанных с изображениями. Самым очевидным решением было бы обучить некоторую нейронную сеть на некоторой обучающей выборке, множестве изображений, и в дальнейшем применять эту сеть для раскрашивания новых образцов. Но на практике такой подход не дает приемлемых результатов, так как он хорош, если изображение состоит из одного цвета



разной яркости, а реальное изображение, фотография, как известно обычно имеет широкую цветовую палитру. Поэтому, изображение предварительно сегментируется на области, где пиксели предположительно относятся к одной тематике, объекту или цветовой гамме, и затем уже каждый участок раскрашивается с помощью предварительно обученной нейронной сети соответствующей тематике данного сегмента.

Для сегментации изображения применяется широко используемый метод, основанный на взвешенном графе [1]. Суть метода состоит в следующем. Узлы графа – пиксели изображения. Каждый узел имеет ребра ведущие к четырем соседним узлам. Вес ребра – квадратный корень суммы квадратов разностей значений цвета каждого из RGB каналов пикселя. По полученному графу строится разрез минимальной стоимости. На следующем шаге выполняется объединение всех пикселей в сегменты. Пиксель присоединяется к сегменту соседнего пикселя, если вес ребра между ними меньше некоторого заранее установленного числа. После получения сегментов, проводится дополнительное склеивание тех, площадь которых меньше заданной.

При реализации для повышения быстродействия алгоритма сегментации использовалась система непересекающихся множеств (disjoint-set) – структура данных, которая позволяет администрировать множество элементов, разбитое на непересекающиеся подмножества.

После разделения изображения на сегменты, каждому из них присваивается одна из доступных тематик, а затем сегмент раскрашивается с помощью нейронной сети, соответствующей установленной тематике. На выходе получается полностью раскрашенное изображение.

Обучение нейронных сетей производится с помощью алгоритма обратного распространения ошибки, который применяется для обучения многослойных персептронов [2]. Это итеративный градиентный алгоритм, который используется с целью минимизации ошибки работы многослойного персептрона и получения желаемого выхода [3].

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^P \sum_{s=1}^M (y_s^{(t)} - d_s^{(t)})^2$$

где

$E(w)$ – функция оценки работы сети;

w – значение веса нейрона;

P – количество обучающих выборок;

M – число нейронов;

$y_s^{(t)}$ – значение, полученное в результате вычисления сетью;

$d_s^{(t)}$ – ожидаемое значение.

Основная идея этого метода состоит в распространении сигналов ошибки от выходов сети к её входам, в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы [4]. Обучающей выборкой являются



серые изображения, имеющие схожую тематику, цветовую гамму. Желаемая выборка – соответствующие им цветные изображения.

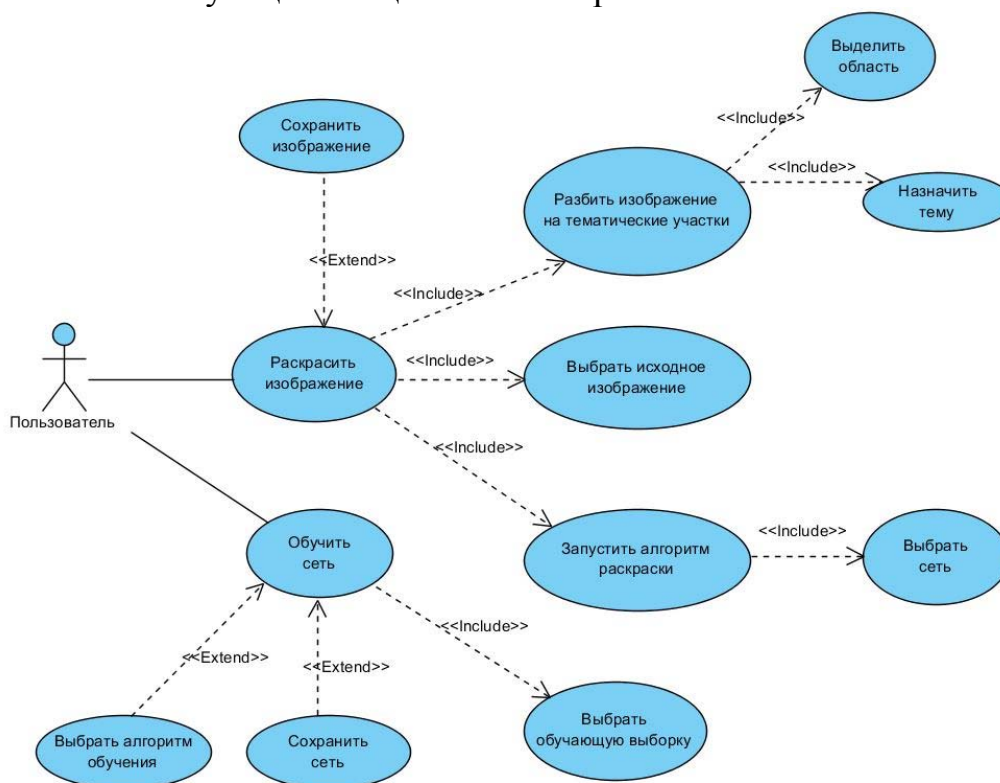


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Описываемая система позволяет сохранить обученные нейронные сети с указанием темы изображений, для последующего использования.

Чтобы раскрасить изображение для начала нужно произвести его сегментацию. Полученные сегменты можно объединить вручную, если требуется. Затем назначить каждому сегменту его тематику, выбрав ее из списка доступных, и запустить алгоритм раскраски. Полученное цветное изображение можно сохранить.

Система разработана на языке Java.

Диаграмма вариантов использования данной системы приведена на рисунке 1.

Литература

1. Graph Based Image Segmentation [Электронный ресурс]: статьи. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.cis.upenn.edu/~jshi/GraphTutorial/> Загл. с экрана. – Яз. англ.
2. Википедия [Электронный ресурс]: статьи. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/> – Загл. с экрана. – Яз. рус.
3. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.: ил.
4. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание [Текст]/ Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил.



АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

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

При решении многих научных и технических проблем значительную роль играют вопросы исследования быстропротекающих процессов. Экспериментальные способы исследования процессов такого рода, как правило, дороги, а зачастую вообще не осуществимы. В этих условиях особое значение приобретает выполняемый с использованием компьютера вычислительный эксперимент, который позволяет анализировать состояния и процессы и делать выводы о поведении исследуемых объектов на основании расчетно-теоретических представлений. Актуальным является создание такого программного комплекса, который бы обеспечивал возможность проведения таких экспериментов.

Особенностью такого программного комплекса является то, что для проведения теоретических экспериментов необходимый объем исходных данных довольно велик. При этом малейшая ошибка в данных может полностью обесценить результаты вычислений. Поэтому неотъемлемой частью любой многоцелевой программы, предназначенной для моделирования новых и модифицированных штатных высокоэнергетических составов, является база данных по свойствам индивидуальных веществ. В базе данных целесообразно хранить также сведения о других физико-химических характеристиках веществ, на основании которых могут быть получены параметры более сложных моделей.

Так, разработанная автоматизированная система расчета баллистических характеристик быстропротекающих процессов, которая позволяет на основании расчетно-теоретических исследований установить, что для увеличения энергетических характеристик составов целесообразно использовать в них определенное количество тех или иных примесей, что в итоге позволит получить оптимальный модифицированный состав. Встроенный анализатор результатов расчета позволяет создавать графические формы, наглядно отображающие зависимость определенных характеристик от количества вещества. Так же в программный комплекс входит база данных, которая включает в себя те данные о веществах, которые необходимы для проведения расчетов баллистических характеристик быстропротекающих процессов. Разработанная система дает возможность различным образом изменять составы, прослеживать изменения их баллистических характеристик и на основе полученных данных делать выводы о высокоэнергетических характеристиках. Это позволит на практике исследователям применять полученные данные при модификации существующих и созданных новых составов, что ускорит процесс эксперимента.

Разрабатываемая система производит моделирование и расчет новых и



модифицированных штатных высокоэнергетических составов на основе литературных данных и результатов проведенных теоретических исследований.

Исходными данными для разрабатываемой системы являются:

- состав веществ (химическая формула);
- энергетические и термохимические характеристики веществ;
- состав продуктов сгорания;
- процентное содержание вещества в топливе.

Ниже представлены экранные формы автоматизированной системы:

- главная форма системы – рис.1.

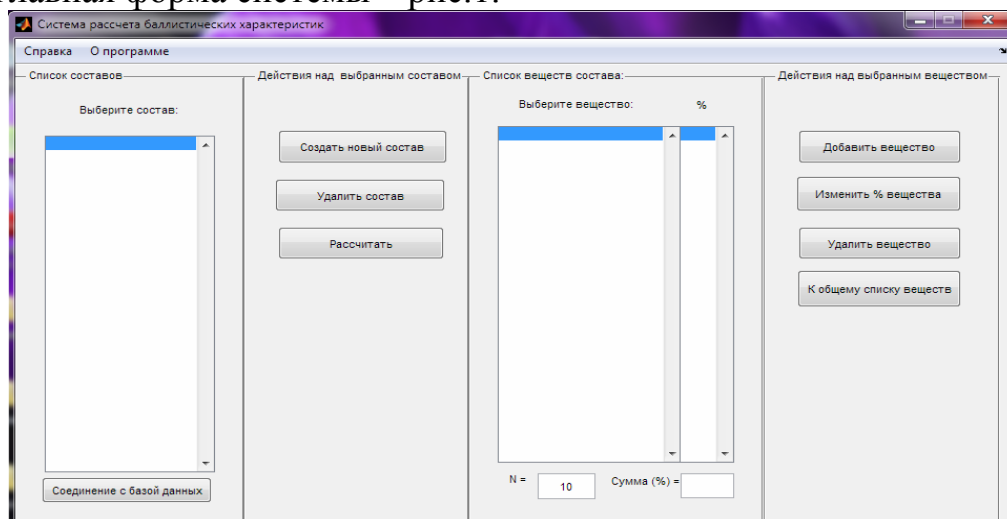


Рис. 1. Главное окно автоматизированной системы

- сведения о веществах – рис. 2

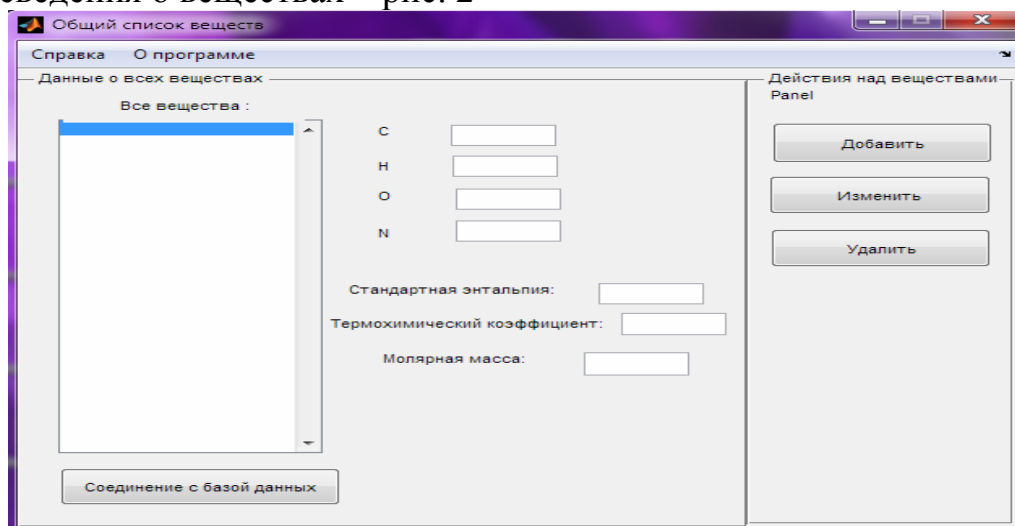


Рис. 2. Окно веществ из базы данных «Общий список веществ»

Действия, которые можно выполнить над выбранным составом:

- изменить;
- удалить;
- создать новый состав.

Действия, которые можно выполнить над выбранным веществом:

- изменить его процентное соотношение;
- удалить;



– добавить новое вещество.

Работа должна начинаться нажатием кнопки «Соединение с базой данных», при этом информация запрашивается из базы данных «CompBase».

Анализ проделанного эксперимента можно сделать по графикам зависимости определенной характеристики от количества вещества. Графики отображаются автоматически после нажатия кнопки «Рассчитать» (рис.3).

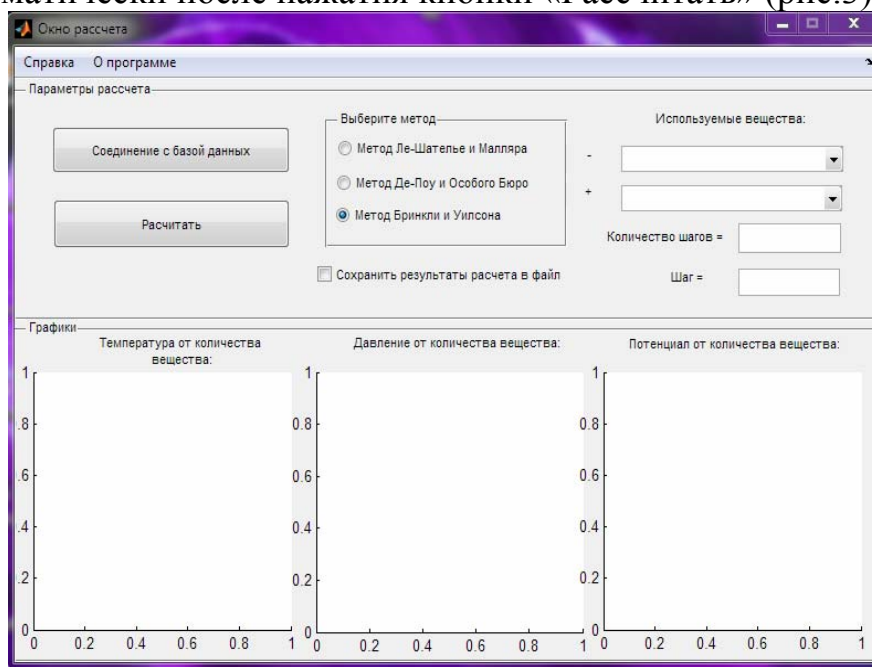


Рис.3. Окно расчета

Программная реализация автоматизированной системы моделирования параметров быстропротекающих процессов выполнена с помощью пакета прикладных программ для решения задач технических вычислений MATLAB (версии 7.12.0). Возможности этой системы огромны, а по скорости выполнения задач она опережает многие другие подобные системы.

Для создания графического интерфейса пользователя использовалась специализированная среда GUIDE, которая входит в состав MATLAB. Для хранения данных о составах и веществах создана база данных «CompBase», которая реализована с помощью MS Access 2007. Access - это реляционная СУБД с интегрированным средством разработки Microsoft SQL-сервер (Structured Query Language) - международный стандарт языка доступа к базам данных.

Связь с базой данных осуществляется через Database Toolbox, входящий в состав пакета MATLAB, который позволяет использовать мощные инструменты анализа данных и визуализации MATLAB для работы с данными, хранящимися в базах данных. Для подключения базы необходимо просто создать используемую базу в той же директории, что и сама программа.

Литература

1. Ляшева, С.А. Автоматизированная система моделирования параметров быстропротекающих процессов / С.А. Ляшева // Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиацион-



ной и ракетно-космической промышленности: Международная научно-практическая конференция, 5 – 8 августа 2014 г.: сборник докладов. Том II. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2014. С. 500-504.

2. Кирпичников, А.П. Автоматизированная система моделирования параметров быстропротекающих процессов / А.П. Кирпичников, С.А. Ляшева, О.Т. Шипина // Вестник Казанского технологического университета: Т. 17 №13; М-во образ. и науки России, Казан.нац.исслед.технолог.ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – С.349-352.

3. Ануфриев, И.Е. Самоучитель MatLab 5.3/6.x. / И.Е. Ануфриев – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 736 с.: ил.

В.С. Мелентьев, Ю.М. Иванов, В.В. Муратова

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА ОПЕРАТИВНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ*

(Самарский государственный технический университет)

Для измерения параметров квазидетерминированных процессов в автоматизированных системах контроля и управления с малым временем отклика, в число которых входят системы для научных исследований, наведения и целеуказания, оперативного слежения за объектами различного назначения и базирования, может быть успешно применен аппроксимационный подход, основанный на использовании априорной информации о процессе. Это позволяет производить определение неизвестных параметров сигналов различного вида на основе функциональной связи с информативными параметрами детерминированных моделей с учетом отклонения реального процесса от модели.

При определении параметров периодических сигналов особую роль играют гармонические модели, которые, из-за своей простоты, находят чрезвычайно широкое распространение [1].

В настоящее время развивается направление, связанное с разработкой методов и систем измерения параметров по отдельным мгновенным значениям гармонических сигналов, не связанным с периодом входного сигнала. Это предполагает два основных способа разделения мгновенных значений: во времени и в пространстве [2].

Второй способ требует формирования дополнительных сигналов напряжения и тока, сдвинутых по фазе относительно входных, и обеспечивает, в общем случае, сокращение времени измерения. При этом упрощение алгоритма измерения и аппаратной реализации обеспечивают методы, использующие в качестве дополнительных - ортогональные составляющие сигналов [3].

Одним из существенных недостатков информационно-измерительных систем (ИИС), реализующих данные методы, является частотная погрешность фазосдвигающих блоков (ФБ), предназначенных для формирования дополни-



тельных сигналов. В результате этого, изменение частоты входного сигнала может привести к тому, что угол сдвига фазы ФБ будет отличаться от $\pi/2$ [4].

Этот недостаток устраняется в методах измерения параметров гармонических сигналов (ПГС), основанных на формировании дополнительных сигналов напряжения и тока, сдвинутых на одинаковые (в общем случае произвольные) углы $\Delta\alpha$ [5]. Однако отличие углов сдвига фаз в каналах напряжения и тока приводит к дополнительной погрешности.

Исключение влияния частотной погрешности фазосдвигающего блока и погрешности, обусловленной отличием углов сдвига фаз ФБ, обеспечивает разработанный авторами метод определения ПГС, который заключается в определении параметров по трем мгновенным значениям напряжения и тока [6]. Причем, в момент перехода входного напряжения через ноль измеряют первое и, сдвинутое относительно него на угол $\Delta\alpha$, второе мгновенные значения тока, а также первое мгновенное значение напряжения, сдвинутое относительно перехода напряжения через ноль на угол $\Delta\alpha$; в момент перехода входного тока через ноль измеряют второе и, сдвинутое относительно него на угол $\Delta\alpha$, третье мгновенные значения напряжения, а также третье мгновенное значение тока, сдвинутое относительно перехода тока через ноль также на угол $\Delta\alpha$.

Временные диаграммы, поясняющие метод, представлены на рис. 1.

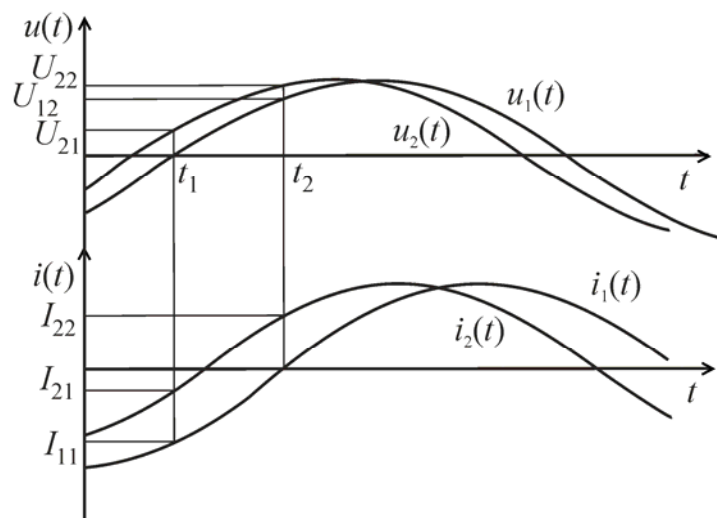


Рис. 1. Временные диаграммы,
поясняющие метод

Для гармонических входных напряжения $u_1(t) = U_m \sin \omega t$ и тока $i_1(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi)$ дополнительные сигналы примут вид:

$$u_2(t) = U_m \sin(\omega t + \Delta\alpha) \quad i_2(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi + \Delta\alpha),$$

где U_m и I_m - амплитудные значения напряжения и тока;

φ - угол сдвига фаз между напряжением и током.

В моменты времени t_1 и t_2 мгновенные значения будут равны:

$$I_{11} = I_m \sin(-\varphi); \quad I_{21} = I_m \sin(-\varphi + \Delta\alpha); \quad U_{21} = U_m \sin \Delta\alpha; \quad U_{12} = U_m \sin \varphi; \\ U_{22} = U_m \sin(\varphi + \Delta\alpha); \quad I_{22} = I_m \sin \Delta\alpha.$$

Используя мгновенные значения сигналов, можно определить ПГС:



- среднеквадратические значения (СКЗ) напряжения и тока

$$U_{СКЗ} = \left| \frac{\sqrt{2}U_{21}U_{12}U_{22}}{\sqrt{4U_{21}^2U_{22}^2 - (U_{22}^2 - U_{12}^2 + U_{21}^2)^2}} \right|; \quad (1)$$

$$I_{СКЗ} = \left| \frac{\sqrt{2}I_{11}I_{21}I_{22}}{\sqrt{4I_{21}^2I_{22}^2 - (I_{21}^2 - I_{11}^2 + I_{22}^2)^2}} \right|; \quad (2)$$

- активная (АМ) и реактивная (РМ) мощности

$$P = - \frac{I_{11}U_{21}U_{12}U_{22}(U_{22}^2 - U_{12}^2 + U_{21}^2)}{4U_{21}^2U_{22}^2 - (U_{22}^2 - U_{12}^2 + U_{21}^2)^2}, \quad (3)$$

$$Q = - \frac{I_{11}U_{21}U_{12}U_{22}}{\sqrt{4U_{21}^2U_{22}^2 - (U_{22}^2 - U_{12}^2 + U_{21}^2)^2}}. \quad (4)$$

Схема ИИС, реализующей метод, представлена на рис. 2.

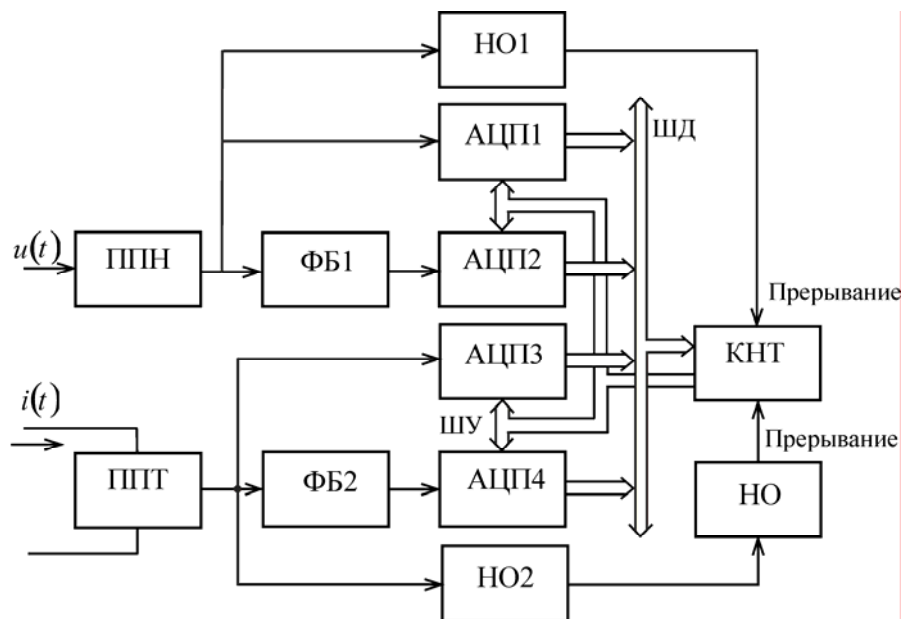


Рис. 2. ИИС, реализующая метод

ИИС содержит: первичные преобразователи напряжения ППН и тока ППТ, два фазосдвигающих блока ФБ1 и ФБ2, осуществляющих сдвиг сигналов на угол $\Delta\alpha$, четыре аналого-цифровых преобразователя АЦП1 – АЦП4, два нуля-органа НО1 и НО2, контроллер КНТ, шины управления ШУ и данных ШД.

Однако, при реализации метода возможно возникновение погрешности по напряжению (погрешности по модулю) ФБ. Наличие данного вида погрешности приводит к тому, что амплитудное значение входного сигнала будет отличаться от амплитуды выходного сигнала ФБ.

В случае, если амплитудное значение напряжения на выходе ФБ1 отличается от амплитуды входного на величину ΔU_m , то мгновенные значения допол-



нительного напряжения примут вид: $U'_{21} = (U_m + \Delta U_m) \sin \Delta \alpha$ и $U'_{22} = (U_m + \Delta U_m) \sin(\varphi + \Delta \alpha)$. Аналогично, при отличии дополнительного тока от входного сигнала на величину ΔI_m , мгновенные значения дополнительного тока будут равны: $I'_{21} = (I_m + \Delta I_m) \sin(-\varphi + \Delta \alpha)$ и $I'_{22} = (I_m + \Delta I_m) \sin \Delta \alpha$.

Для анализа данного вида погрешности можно воспользоваться методикой оценки погрешности результата измерения ПГС, как функции, аргументы которой заданы приближенно с погрешностью, соответствующей отклонению амплитуды входного сигнала от амплитуды выходного сигнала ФБ [1].

Если считать, что мгновенные значения входных сигналов были измерены без погрешности, то с учетом выражений (1) – (4) можно определить относительные погрешности измерения СКЗ напряжения и тока и приведенные погрешности измерения АМ и РМ:

$$\delta_{U_{СКЗ}} = \frac{h_U |\cos \varphi| [|\cos(\varphi + \Delta \alpha)| + |\cos \Delta \alpha|]}{|\sin \varphi \sin \Delta \alpha \sin(\varphi + \Delta \alpha)|}; \quad (5)$$

$$\delta_{I_{СКЗ}} = \frac{h_I}{|\sin \varphi \sin \Delta \alpha \sin(\varphi + \Delta \alpha)|} \times \left[\left| \frac{\cos(-\varphi + \Delta \alpha) - \sin \Delta \alpha \sin \varphi \sin(-\varphi + \Delta \alpha)}{\sin(\varphi + \Delta \alpha)} \right| + \left| \frac{\sin \Delta \alpha \sin \varphi \sin(-\varphi + \Delta \alpha) - \cos \Delta \alpha}{\sin \Delta \alpha} \right| \right]; \quad (6)$$

$$\gamma_P = h_I |\operatorname{ctg} \varphi| + \frac{h_U (\cos^2 \varphi + 1) [|\cos(\varphi + \Delta \alpha)| + |\cos \Delta \alpha|]}{|\sin \varphi \sin \Delta \alpha \sin(\varphi + \Delta \alpha)|}; \quad (7)$$

$$\gamma_Q = h_I + \frac{h_U |\cos \varphi| [|\cos(\varphi + \Delta \alpha)| + |\cos \Delta \alpha|]}{|\sin \Delta \alpha \sin(\varphi + \Delta \alpha)|}, \quad (8)$$

где $h_U = \Delta U_m / U_m$; $h_I = \Delta I_m / I_m$.

Анализ выражений (5) – (8) показывает, что погрешности зависят не только от h_U , но и от угла сдвига ФБ $\Delta \alpha$ и угла сдвига фаз φ .

Литература

1. Мелентьев, В.С. Аппроксимационные методы и системы измерения и контроля параметров периодических сигналов [Текст] / В.С. Мелентьев, В.И. Батищев. – М.: Физматлит, 2011. – 240 с.
2. Мелентьев, В.С. Исследование метода измерения интегральных характеристик по мгновенным значениям сигналов, разделенным в пространстве [Текст] / В.С. Мелентьев, Ю.М. Иванов, В.В. Муратова // Известия Волгоградского государственного технического университета. Сер. «Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь». – 2014. – Т.9, № 10 (137). – С. 52-55.
3. Мелентьев, В.С. Синтез методов измерения интегральных характеристик по мгновенным значениям ортогональных составляющих гармонических сигналов [Текст] / В.С. Мелентьев, Ю.М. Иванов, А.Е. Сеницын // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. «Технические науки». – 2012. – №3(35). – С. 84-90.



4. Мелентьев, В.С. Оценка погрешности реализации метода измерения параметров по мгновенным значениям ортогональных составляющих гармонических сигналов [Текст] / В.С. Мелентьев, В.В. Муратова, А.С. Пескова / Современные материалы, техника и технология: Матер. 4-й Междунар. науч.-практ. конф. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т., 2014. – С. 274-276.

5. Мелентьев, В.С. Методы измерения интегральных характеристик на основе формирования дополнительных сигналов [Текст] / В.С. Мелентьев, Ю.М. Иванов, А.Е. Сеницын // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Сер. «Технические науки». – 2013. - № 2 (38). - С. 56-63.

6. Melentiev, V.S. An improvement in the methods used for the measurement of the integrated characteristics of harmonic signals [Текст] / V.S. Melentiev, V.I. Batishchev, A.N. Kamyshnikova // Measurement Techniques. - 2011. - V. 54, No.4. – P. 407-411.

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 13-08-00173)

В.В. Митюков

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ В ЗАДАЧАХ АППРОКСИМАЦИИ

(Ульяновское высшее авиационное училище (институт))

Гладкое приближение дискретных точек $\{x_i, y_i\}$, где $(i = 0, 1, \dots, m)$, представляющих собой координаты независимой (x) и зависимой (y) переменных, основывается на традиционной линейной зависимости – $y(x)$, составленной из аналитически вычисляемых фрагментов – базисных функций $\varphi_j(x)$ с некоторыми коэффициентами C_j , где $(j = 0, 1, \dots, n)$:

$$y(x) = C_0 \cdot \varphi_0(x) + C_1 \cdot \varphi_1(x) + \dots + C_n \cdot \varphi_n(x) \quad (1)$$

Результаты операций дифференцирования и интегрирования линейной комбинации (1), остаются также линейными комбинациями:

$$y'(x) = C_0 \cdot \varphi'_0(x) + C_1 \cdot \varphi'_1(x) + \dots + C_n \cdot \varphi'_n(x) \quad (2)$$

$$Y(x_{-1}, x) = C_0 \cdot \int_{x_{-1}}^x \varphi_0(x) \cdot dx + C_1 \cdot \int_{x_{-1}}^x \varphi_1(x) \cdot dx + \dots + C_n \cdot \int_{x_{-1}}^x \varphi_n(x) \cdot dx \quad (3)$$

здесь $[x_{-1}, x]$ – интервал интегрирования

Точное выполнение линейных равенств (1) в точках x_i , $(i = 0, 1, \dots, m)$, является условием *интерполяции*. Если в некоторых из этих точек имеются измеренные значения наклонов касательных y'_i и/или подсчитанные значения интегральных площадей Y_i на некоторых интервалах $[x_k, x_i]$, то допускается также пополнение линейной системы уравнений $y(x_i) = y_i$, дополнительными строками $y'(x_i) = y'_i$ и $Y(x_k, x_i) = Y_i$ (здесь теперь уже $(i = i_1, \dots, i_2)$, $(i = i_3, \dots, i_4)$):



$$\begin{pmatrix} \varphi_0(x_0) & \varphi_1(x_0) & \cdots & \varphi_n(x_0) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \varphi_0(x_m) & \varphi_1(x_m) & \cdots & \varphi_n(x_m) \\ \varphi'_0(x_{i1}) & \varphi'_1(x_{i1}) & \cdots & \varphi'_n(x_{i1}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \varphi'_0(x_{i2}) & \varphi'_1(x_{i2}) & \cdots & \varphi'_n(x_{i2}) \\ \int_{x_{k1}}^{x_{i3}} \varphi_0(x) \cdot dx & \int_{x_{k1}}^{x_{i3}} \varphi_1(x) \cdot dx & \cdots & \int_{x_{k1}}^{x_{i3}} \varphi_n(x) \cdot dx \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \int_{x_{k2}}^{x_{i4}} \varphi_0(x) \cdot dx & \int_{x_{k2}}^{x_{i4}} \varphi_1(x) \cdot dx & \cdots & \int_{x_{k2}}^{x_{i4}} \varphi_n(x) \cdot dx \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} C_0 \\ C_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ C_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_0 \\ \vdots \\ y_m \\ y'_{i1} \\ \vdots \\ y'_{i2} \\ Y_{i3} \\ \vdots \\ Y_{i4} \end{pmatrix}$$

Или в векторно–матричных обозначениях :

$$\mathbf{P} \mathbf{c} = \mathbf{v} \quad (4)$$

Здесь элементами p_{ij} матрицы $\mathbf{P}$ являются значения базисных функций $\varphi_j(x_i)$, или, их производных $\varphi'_j(x_i)$, или интегралов от них $\int_{x_k}^{x_i} \varphi_n(x) \cdot dx$ (в добавленных строках). Через v_i обозначены значения y_i , или же y'_i / Y_i . Количество строк (d) в данном случае не меньше числа точек и составляет:

$$d = m + i_2 - i_1 + i_4 - i_3 + 3$$

Минимизация квадрата длины вектора $\Delta \mathbf{v}$ невязки левых и правых частей системы уравнений (4), приводит к сглаживающему приближению заданной системы точек. Если использовать аналитический подход, то необходимым условием минимума квадрата длины вектора $\Delta \mathbf{v}$ является равенство нулю всех частных производных по векторному аргументу (в данном случае вектору $\mathbf{c}$) :

$$\frac{\partial \|\Delta \mathbf{v}\|^2}{\partial \mathbf{c}} = \mathbf{0}, \quad \text{где} \quad \|\Delta \mathbf{v}\|^2 = \Delta \mathbf{v}^T \cdot \Delta \mathbf{v} = (\mathbf{Pc} - \mathbf{v})^T \cdot (\mathbf{Pc} - \mathbf{v})$$

Проделав соответствующие векторно–матричные выкладки, можно прийти к следующему соотношению [1]:

$$\mathbf{P}^T \mathbf{P} \mathbf{c} = \mathbf{P}^T \mathbf{v} \quad (5)$$

Из последнего условия, как известно [1], также получается система линейных уравнений.

Полученным из указанных условий системам линейных уравнений должен удовлетворять вычисляемый результат. В данном случае понятие



результата включает в себя как значение зависимой переменной, при некотором промежуточном значении независимой – $(y(x))$, так и значение результата операции ее дифференцирования $(y'(x))$, или интегрирования (Y) на произвольном интервале $[x_k, x]$ [4]. Можно также распространить это понятие на вычисление значений повторного дифференцирования и интегрирования.

Эффективность применения современных компьютерных мощностей в задачах моделирования и в вычислительных экспериментах, зависит в частности от выбора и программной реализации разных вычислительных методов. Отсюда вытекает потребность в разработке по возможности наиболее универсального алгоритма. В данном случае, унификация и единообразие компьютерных вычислений основаны на известном из линейной алгебры условии существования ненулевого решения однородной линейной системы с квадратной матрицей $\mathbf{H}$, то есть на условии $\det(\mathbf{H}) = 0$.

Сначала полученная система линейных уравнений (4) или (5) приводится к однородному виду. Затем к полученной квадратной матрице $\mathbf{H}$ применяется алгоритм ее LU-разложения [2] без перестановок нижней строки. Показано [3], что накопленная в предварительно обнуленном правом нижнем элементе матрицы $\mathbf{U}$ (верхней треугольной), линейная комбинация исходных дискретных значений y_i, y'_i, Y_i определяет искомое значение результата. Все разнообразие получаемых результатов определяется возможностями аналитического вычисления базисных функций $\phi_j(x)$ и операций их дифференцирования или интегрирования. Если исходные дискретные данные не меняются, то повторного LU-разложения матрицы $\mathbf{H}$ для вычисления результата в других промежуточных точках не требуется.

Эскизное опробование изложенного алгоритма проводилось в офисной программе “MS Excel”. Вводился набор дискретных данных, выбиралась система базисных функций, принимался метод приближения, задавались нужные значения констант, назначалась категория получаемых результатов. Определение элементов расширенной матрицы $\mathbf{H}$, ее обработка и вычисление результатов производились программно, с выводом в таблицы и отображением на графиках.

Представленный программный продукт может применяться для автоматизации исследований, связанных с обработкой дискретных данных без ограничений на расположение узлов, на выбор базисных функций и на способ приближения (интерполяция или метод наименьших квадратов). Областью применения данного алгоритма также могут служить задачи разработки или усовершенствования методов построения приближенных решений уравнений (функциональных, дифференциальных, интегральных). Можно продолжить далее распространять данный подход на двумерные и многомерные дискретно заданные зависимости, что имеет важное значение в задачах оптимизации (градиентный спуск по дискретному множеству).



Литература

1. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. Численные методы и математическое обеспечение. Пер. с англ. – М.: Мир, 1998. – 575 с.
2. Райс Дж. Матричные вычисления и математическое обеспечение. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 264 с.
3. Митюков В.В. Обобщенный алгоритм и дискретная унифицированная структура для вычислительных задач. «Современные информационные технологии и IT-образование». Сборник докладов научно-практической конференции: учебно-методическое пособие. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. – М.: ИНТУИТ.РУ, 2009. – с. 675–681
4. Митюков В.В. Универсальное программное решение для задач дифференцирования и интегрирования одномерных дискретных множеств. Матеріали ХІ міжнародної науково-технічної конференції «ABIA-2013». –Т.1. –К.: НАУ, 2013. – с. 6.33–6.36

Н.В. Мясникова, М.П. Берестень

РАЗЛОЖЕНИЕ НА ЭМПИРИЧЕСКИЕ МОДЫ НА ОСНОВЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ И ИНТЕГРИРОВАНИЯ

(Пензенский государственный университет)

Метод декомпозиции на эмпирические моды (EMD) является одним из самых современных в области цифровой обработки сигналов. Этот подход обладает высокой степенью адаптации к исследуемым сигналам, что позволяет проводить точное оценивание реальных свойств процессов, в том числе и нестационарных. Ключевым моментом является использование “декомпозиции на эмпирические моды”, с помощью которой любой сложный сигнал может быть разложен на конечное и часто довольно малое число “эмпирических мод”, каждая из которых содержит определенную информацию об исследуемом процессе.

Авторами развивается метод разложения на знакопеременные составляющие на основе экстремальной фильтрации, имеющий сходство с разложением на эмпирические моды. Преимуществом метода является низкая трудоемкость, что позволяет использовать его в системах реального времени или в вычислителях малой мощности [1-3].

Основное применение обоих методов: экспресс-идентификация – определение количества составляющих, их типа (колебательные, инерционные), и параметров этих составляющих; экспресс-оценка спектральных и время-частотных характеристик; адаптивная фильтрация (НЧ, ВЧ и т.д.); использование параметров мод как диагностических признаков.

В способе EMD преобразование осуществляется за несколько шагов: а) выделяют все экстремумы $x_{\min}, x_{\max}$ сигнала x ; б) строят огибающие $e_{\min}, e_{\max}$; в)



вычисляют среднее $m = \frac{e_{\min} + e_{\max}}{2}$; г) выделяют моду $d = x - m$; д) применяют процедуры а-г к остаткам m .

К недостаткам способа EMD относятся трудоемкость сплайн – аппроксимации для вычисления огибающих при больших выборках данных, а также нарушение структуры составляющих сигнала за счет сплайн аппроксимации, что важно, если предполагается дальнейший параметрический анализ.

Попробуем решить задачу декомпозиции на моды по-другому. Метод строится на акцентировании высокочастотных компонент дифференцированием. Дифференцирующее звено имеет передаточную функцию $G(j\omega) = j\omega$, поэтому при дифференцировании (может быть и многократном) будут усиливаться высокочастотные составляющие и «маскироваться» низкочастотные колебания. Покажем подход на многомодальном сигнале $x(t) = x_1(t) + x_2(t) + x_3(t)$. Сигнал и его традиционное разложение на эмпирические моды представлены на рисунке 1, где показаны только информативные составляющие разложения. На всех графиках по осям x отложены временные отсчеты, а по осям y – значения сигнала в размерных единицах.

Будем проводить дифференцирование сигнала до тех пор, пока не будет выделена мода – составляющая со знакопеременными экстремумами и близким к нулю средним. Допустим, что последовательность, соответствующая производной 3-го порядка четко выделяет высокочастотную компоненту. Эта последовательность описывается уравнением: $\frac{d^3 x(t)}{dt^3} = \frac{d^3 x_1(t)}{dt^3} + \frac{d^3 x_2(t)}{dt^3} + \frac{d^3 x_3(t)}{dt^3}$, а выделенная знакопеременная составляющая $-\frac{d^3 x_1(t)}{dt^3}$ (предположено, что x_1 – самая высокочастотная мода). Если из последовательности, полученной дифференцированием 2-го порядка $\frac{d^2 x(t)}{dt^2} = \frac{d^2 x_1(t)}{dt^2} + \frac{d^2 x_2(t)}{dt^2} + \frac{d^2 x_3(t)}{dt^2}$ вычесть интеграл от выделенной составляющей, то получим последовательность, которая не содержит самой высокочастотной составляющей.

Действуя таким образом, можно получить разложение, представленное на рисунке 2.

Очевидно, что дифференцирование – слабое звено предлагаемого алгоритма, т.к. при выполнении этой операции многократно усиливаются промахи, помехи. Выход – применение дифференцирования на основе интегрирования по Ланцошу [4]. Такое дифференцирование позволяет решить поставленную задачу. Для восстановления самой высокочастотной компоненты применяют обычное дифференцирование на основе вычисления первых разностей.

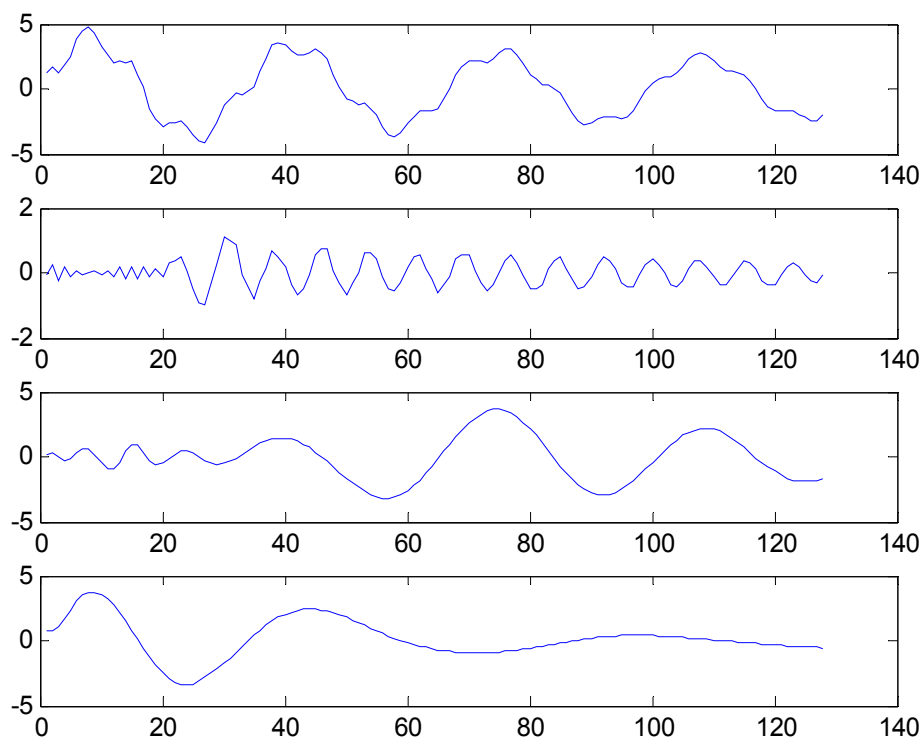


Рис. 1. Анализируемый сигнал со слабой высокочастотной компонентой и его разложение на эмпирические моды

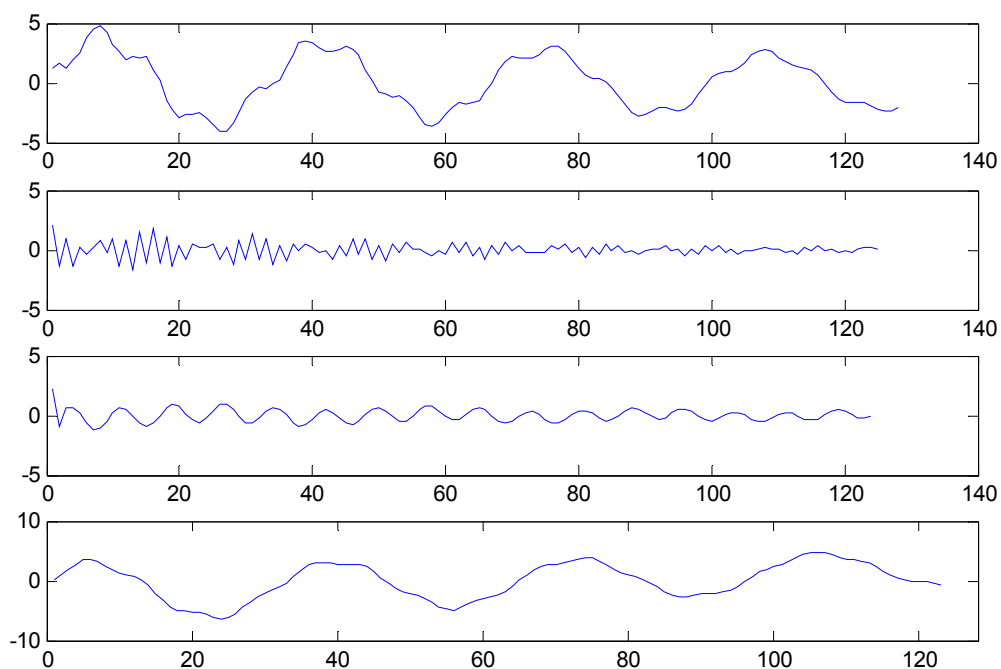


Рис. 2. Сигнал со слабой высокочастотной компонентой и его разложение на основе дифференцирования-интегрирования



Моды могут быть выделены из дифференцированных последовательностей путем интегрирования, вычитания выделенной составляющей из дифференцированных последовательностей более низкого порядка, повторения таких же действий с уже удаленной высокочастотной составляющей над дифференцированными последовательностями, начиная с предыдущей.

Из рисунка 2 видно, что имеется просачивание более высокочастотной компоненты на более низкочастотную. Это проявляется в том, что на нижнем графике рисунка 2 кривая не такая гладкая, как на рисунке 1. Но зато предложенный метод четко выделяет даже слабую высокочастотную компоненту.

Рисунок 1 показывает, что при уменьшении амплитуды колебаний алгоритм EMD перестает ее «видеть», следующая составляющая (более низкочастотная) «проталкивается» на ее место. Соответственно смещается вся картина. Рисунок 2 показывает, что этого не происходит при применении алгоритма на основе дифференцирования-интегрирования. На низкочастотной составляющей видны «следы» предыдущей моды.

Предлагаемый алгоритм несложен, так как используются лишь интегрирование и дифференцирование на основе интегрирования. Достоинство – лучше выделяются слабые высокочастотные составляющие, а для декомпозиции не требуется выделение огибающих сигнала, не используется сплайн-интерполяция как в классическом методе EMD.

Цель статьи показать возможность и принцип выделения компонент на основе дифференцирования-интегрирования, т.е. за счет естественных преобразований сигнала.

В заключении отметим, что аналогично можно построить алгоритм выделения мод, начиная с низкочастотной моды. Метод строится на подавлении высокочастотных компонент интегрированием. Интегрирование сигнала до тех пор, пока количество экстремумов не перестанет меняться – это говорит о том, что уже на предыдущем шаге осталась только одна – самая низкочастотная мода. Моды могут быть непосредственно выделены из интегрированных последовательностей путем дифференцирования, вычитания выделенной составляющей из интегрированных последовательностей более низкого порядка, повторения таких же действий с уже удаленной низкочастотной составляющей над интегрированными последовательностями, начиная с предыдущей.

Учитывая, что в любом методе накапливаются методические погрешности при последовательном выделении составляющих, то в дальнейшем будет исследован комбинационный метод – высокочастотные составляющие будут выделяться на основе акцентирования высокочастотных составляющих дифференцированием, а низкочастотные – на основе подавления высокочастотных компонент интегрированием.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант № 14-08-01065).



Литература

1. Мясникова, Н.В. Методы разложения сигналов на основе экстремальной фильтрации / Н. В. Мясникова, М. П. Берестень, Л. А. Долгих // Датчики и системы. – 2011. – № 2. – С. 8–12.
2. Мясникова, Н.В. Время-частотное распределение на основе экстремальной фильтрации в цифровой обработке сигналов/ Н. В. Мясникова, М. П. Берестень // Датчики и системы. – 2013. – № 10. – С. 9–12.
3. Мясникова, Н.В. Разложение на эмпирические моды на основе экстремальной фильтрации/ Н.В. Мясникова, М.П. Берестень// Цифровая обработка сигналов. – 2014. – № 4. – С. 13–17.
4. Ланцош, К. Практические методы прикладного анализа. – М.: Мир, 1996. – 524 с.

В.А. Печенин, Н.В. Рузанов, М.А. Болотов

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ РАБОТЫ АЛГОРИТМА НАИЛУЧШЕГО СОВМЕЩЕНИЯ ИЗМЕРЕННЫХ И ЭТАЛОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В современных производствах детали получают по их САД-моделям. На стадии производственного контроля детали измеряют при помощи 3-х координатной КИМ, контактным или бесконтактным методом. В результате измерения получают облако точек в пространстве, характеризующих поверхности детали. САД-модель характеризует идеальную форму объекта, поверхность которой всегда отлична от измеренной. Для расчета отклонения формы измеренных деталей от их моделей необходимо найти оптимальное Евклидово преобразование координат (перемещение и вращение в пространстве координат измеренных точек) которое совмещает наилучшим образом САД-модель с измеренными данными. Это позволяет определить погрешности изготовления и классифицировать их. Результат любых измерений содержит ошибки (погрешности).

Целью работы является создание метода, повышающего точность оценки отклонения формы изделия за счет повышения точности совмещения измеренных координат и САД-модели изделия при координатном контроле его геометрии.

Стандартным алгоритмом, решающим проблему наилучшего совмещения, является итеративный алгоритм ближайших точек (ICP), предложенный в [1]. Это итерационный алгоритм, у которого на каждой итерации методами нелинейного оптимизационного поиска рассчитываются углы поворота и перемещения вдоль осей. Целевую функцию алгоритма можно представить в виде:

$$f(R, t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N \|R \cdot p_i + T - q_i\|^2 \rightarrow 0, \quad (1)$$

где n – количество точек припасовки (измеренных точек);



p_i – координаты i - й измеренной точки;

R – матрица вращения точки;

T – вектор перемещения;

q_i – координаты точки на CAD-модели.

Для поиска параметров функции (1) применяются методы нелинейной оптимизации. Повышение точности совмещения поверхностей является важной задачей в современных координатных измерениях.

Оценку точности работы алгоритма ИСР можно оценить с помощью показателей отклонений матрицы поворота профиля и матрицы транспонирования.

Отклонение матрицы поворота рассчитывается как:

$$e_R = \frac{|R - R'|}{|R|} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где, R – заложенная матрица поворота профиля;

R' – рассчитанная матрица поворота профиля в результате работы алгоритма.

Отклонение матрицы транспонирования рассчитывается по формуле:

$$e_T = \frac{|T - T'|}{|T|} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где, T – заложенная матрица транспонирования профиля;

T' – рассчитанная матрица транспонирования профиля в результате работы алгоритма.

На рисунке 1 представлена CAD-поверхность и измеренная по этой модели поверхность, имеющая производственные погрешности.

Авторами применен метод последовательного квадратического программирования для поиска минимума целевой функции (1). Предлагаемый метод повышения точности содержит шаги:

- 1) определение разностей углов наклона нормалей в соответствующих точках CAD-модели и измеренного профиля уравнения (1);
- 2) поворот координат точек измеренной поверхности на величину средних значений найденных на первом шаге разностей углов наклона;
- 3) расчет матриц R и T с помощью оптимизационного алгоритма.

Шаги 1-3 итерационно повторяются. Пока профиль не совмещен наилучшим образом с номиналом, углы между нормальными в соответствующих точках будут достаточно велики.

В таблицах 1 и 2 рассматривается производительность и точность работы алгоритма ИСР и его работы в сочетании с предложенным методом в двух криволинейных профилях: параболы и сечения спинки пера лопатки компрессора ГТД 9 ступени. Производительность оценивается за счет количества итераций работы алгоритма, точность показана с помощью относительных показателей (2) и (3). В рассматриваемых профилях измеренный профиль повернут относительно номинального профиля на 30° , и смещен по осям x и y на величины $-0,1$ мм и $0,5$ мм соответственно. При расчетах использовались различные отклонения формы измеренной поверхности как по характеру, так и по абсолютным значениям.

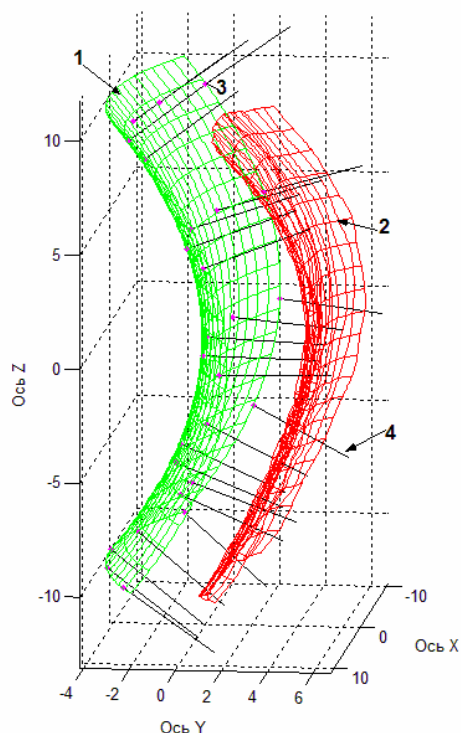


Рис. 1. Графическое представление наилучшего совмещения поверхностей
1 – CAD-модель поверхности, 2 – Измеренная поверхность, 3 – точки для совмещения поверхностей; 4 – нормали CAD-модели

Таблица 1 – Точность работы алгоритма ICP при совмещении рассматриваемых профилей поверхностей

Парабола $y=0,01x^2$, максимальная кривизна 0,02				
Параметр	Без отклонения формы	Систематическое отклонение 40 мкм	Систематическое и случ. отклонение 40 мкм	Не систематическое отклонение, макс. 40 мкм
$e_r, \%$	23,56	25,58	23,63	17,33
$e_t, \%$	21,80	21,77	21,81	22,02
N итераций	4	4	4	4
Спинка пера лопатки компрессора ГТД, максимальная кривизна 0,019				
Параметр	Без отклонения формы	Систематическое отклонение 40 мкм	Систематическое и случ.отклонение 40 мкм	Не систематическое отклонение, макс. 40 мкм
$e_r, \%$	10,55	8,32	9,43	11,21
$e_t, \%$	10,40	10,60	10,50	10,37
N итераций	2	4	4	2



Таблица 2 – Точность работы алгоритма ИСР
в сочетании с предложенным методом

Парабола $y=0,01x^2$, максимальная кривизна 0,02				
Параметр	Без отклонения формы	Систематическое отклонение 40 мкм	Систематическое и случ. отклонение 40 мкм	Не систематическое отклонение, макс. 40 мкм
e_r , %	0,05	0,03	0,15	1,55
e_t , %	0,74	0,75	0,84	0,68
N итераций	2500	348	125	410
Спинка пера лопатки компрессора ГТД, максимальная кривизна 0,019				
Параметр	Без отклонения формы	Систематическое отклонение 40 мкм	Систематическое и случ.отклонение 40 мкм	Не систематическое отклонение, макс. 40 мкм
e_r , %	3,16	1,21	3,03	5,52
e_t , %	2,51	3,04	2,76	4,02
N итераций	2	2	2	2

При сравнении таблиц 1 и 2 можно отметить существенное повышение точности, получаемое за счет поворота координат точек оцениваемых профилей перед работой основного алгоритма ИСР. Для параболического профиля точность повысилась на порядка, правда за счет существенного снижения производительности в 100 раз. Для реального профиля спинки пера лопатки погрешность удалось снизить в 2-6 раз с повышением производительности. Таким образом, предложенный метод позволил существенно повысить качество работы алгоритма ИСР и соответственно точность определения производственных погрешностей.

В работе рассмотрен метод повышения точности совмещения измеренных поверхностей с их CAD-моделями, необходимые для оценки отклонения формы изготовленных поверхностей. Предложенный метод базируется на геометрических особенностях профиля – углов наклона нормалей. Предложенный метод дополняет широко используемый алгоритм ИСР, повышая его точность при работе со сложными криволинейными поверхностями.

Литература

1. Ли, К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) [Текст]/ К. Ли. – СПб.: Питер, 2004. – 560с.
2. P.J. Besl, N.D. McKay, A method for registration of 3-D shapes, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 14, no.2. (1992) 239-256.
3. I. Ainsworth, M. Ristic, D. Brujic, CAD-based measurement path planning for freeform shapes using contact probes, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 16 (2000) 23–31
4. Rajamohan G. Practical measurement strategies for verification of freeform surfaces using coordinate measuring machines [Text]/ G. Rajamohan, M. S. Shunmugam, G. L. Samuel//Metrology and measurement systems. – 2011. - №2. - Pp. 209-222.



5. Gill P., Murray W., Wright M. Practical optimization// San Francisco: Academic Press. 1981.

С.А. Прохоров, А.А. Столбова

ПАТТЕРНЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ СОЗДАНИИ КОМПЛЕКСА ПРОГРАММ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Решение задач анализа и синтеза сигналов с заданными характеристиками, идентификация динамических объектов, как правило, осуществляется на основе частотных (спектральных) характеристик.

Для определения частотных характеристик стационарных сигналов, как правило, применяют преобразование Фурье. При анализе частотных характеристик нестационарных сигналов в последнее время применяют вейвлет-преобразование. Преимуществом данного преобразования является возможность определить время существования частоты в сигнале [1].

На кафедре информационных систем и технологий СГАУ была разработана «Автоматизированная система вейвлет-анализа случайных процессов» [3, 5], состоящая из следующих подсистем [4]:

- 1) Подсистема генерации случайного процесса, предназначенная для моделирования исходного случайного процесса с заданным видом корреляционной функции по алгоритмам рекурсивной фильтрации;
- 2) Подсистема генерации модельного сигнала, предназначенная для генерации модельных сигналов заданного вида;
- 3) Подсистема вычисления вейвлет-преобразования, предназначенная для разложения анализируемого процесса на компоненты разного масштаба и дающая информацию о процессе во времени;
- 4) Подсистема вычисления преобразования Фурье, предназначенная для получения преобразования Фурье анализируемого процесса;
- 5) Подсистема вычисления оконного преобразования Фурье, предназначенная для получения оконного преобразования Фурье анализируемого процесса;
- 6) Подсистема построения вейвлетов, предназначенная для расчета значений заданных вейвлетов;
- 7) Подсистема вычисления теоретического вейвлет преобразования, предназначенная для вычисления вейвлет-преобразования модельного сигнала аналитически;
- 8) Подсистема вычисления погрешностей, предназначенная для вычисления абсолютных, относительных и квадратических погрешностей вейвлет-преобразования модельного сигнала;



9) Подсистема визуализации поверхности, предназначенная для визуализации графиков в трехмерном пространстве;

10) Файловая подсистема, предназначенная для сохранения и загрузки используемых файлов и проверки их структур.

Эта система позволяет провести:

- вейвлет-анализ исследуемых сигналов;
- исследование методов спектрального анализа (преобразования Фурье, оконного преобразования Фурье, вейвлет-преобразования) методом имитационного моделирования.

Опыт эксплуатации системы при решении ряда практических задач выявил необходимость модификации системы за счет расширения функциональных возможностей.

В связи с этим было принято решение о создании новой системы, воспользовавшись специальной технологией проектирования.

Проанализировав различные технологии, были выбраны паттерны проектирования Model-View-Presenter (MVP) и Inversion of Control (IoC) [2], позволяющие упростить разработку комплекса программ, сократить сроки ее разработки и уменьшить затраты, устранив зависимость между логической частью программы и её интерфейсом.

Рассмотрим данные паттерны более подробно.

Model (Модель) содержит в себе данные и бизнес-логику приложения и главной целью является сделать её независимой от остальных частей.

View (Вид) – это отображение данных из Модели.

Presenter (Презентер) обеспечивает связь между Моделью и представлением (Видом).

Модель и Вид взаимодействуют с Презентером посредством обработки событий, а Презентер, в свою очередь, имеет доступ к Модели и Виду, т.к. он получает ссылки на Модель и Вид.

Принцип MVP показан на рисунке 1.

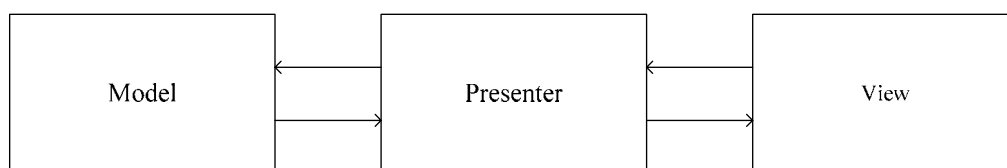


Рис. 1. Принцип MVP

При наличии ссылки на экземпляр Вида в Презентере возникает зависимость, из чего следует, что, при необходимости, будет сложно изменить Вид. Для решения данной проблемы применяется паттерн IoC, согласно которому вводится интерфейсный класс, содержащий в себе сигнатуры методов, которые Презентер должен вызывать у Вида. При этом Вид реализует данный интерфейс.



На рисунке 2 представлена часть диаграммы классов системы, на которой показана реализация вейвлет-преобразования с применением паттернов проектирования.

Data Wavelet Transformation User Control – это Вид (реализованный в виде пользовательского компонента), который содержит в себе элементы для отображения данных вейвлет-преобразования.

Данный Вид реализует интерфейс *IData Wavelet Transformation View*, который содержит свойства, методы и события, доступные Презентеру.

Wavelet Transformation Model – это Модель. Она содержит в себе экземпляр класса, реализующего алгоритмы вейвлет-преобразования, а также свойства и методы, необходимые для реализации вейвлет-преобразования. Модель реализует интерфейс *IWavelet Transformation Model*, содержащий свойства, методы и события, доступные в Презентере.

Wavelet Transformation Presenter обеспечивает связь между Видом и Моделью, что позволяет обновить данные Модели, если, например, пользователем были внесены изменения, а также обновить Вид, если были проведены расчеты и Модель изменилась.



Рис. 2. Диаграмма классов вейвлет-преобразования

Аналогичным образом реализуется визуализация вейвлет-преобразования:

- Вид представлен следующими классами:
Charts Of Wavelet Transformation User Control,



ICharts Of Wavelet Transformation View;

- Презентер *Charts Of Wavelet Transformation Presenter;*
- Модель преобразования осталась прежней.

При применении данных паттернов при реализации комплекса были получены следующие преимущества:

- описание комплекса программ стало более простым и удобным за счет модульной структуры;
- комплекс программ более гибкий, по сравнению с предыдущей системой, появилась возможность добавить модули, необходимые для решения практических задач;
- снизилась трудоемкость при модификации алгоритмов вычисления вейвлет-преобразования, организации имитационного моделирования и др.;
- отладка и тестирование алгоритмов стала проще.

Литература

1. Добеши, И. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши. – Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.
2. Приемы объектно-ориентированного программирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма, Р. Хелм, Р. Джонсон, Дж. Влиссидес. – СПб : Питер, 2001. – 368 с. : ил. – (Серия «Библиотека программиста»).
3. Прикладной анализ случайных процессов / под ред. С. А. Прохорова. – Самара : СНЦ РАН, 2007. – 582 с.
4. Прохоров С. А., Столбова А. А. Автоматизированная информационная система вейвлет-анализа случайных процессов // Проблемы автоматизации и управления в технических системах: Сб. ст. / Издательство ПГУ. – Пенза, 2013. – С. 159-163.
5. Свид. 2013613175 Российская Федерация. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Автоматизированная система вейвлет-анализа случайных процессов. / С. А. Прохоров, А. А. Столбова; заявитель и правообладатель С. А. Прохоров (RU), А. А. Столбова (RU) . – №2013613175; заявл. 05.02.2013; опубл. 27.03.2013, Реестр программ для ЭВМ. – 1 с.

И.С. Ризаев, Л.М. Шарнин, З.Т. Яхина

ВЫДЕЛЕНИЕ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ БАЙЕСОВСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

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

Задачей классификации является разбиение множества объектов, характеризующиеся определенными признаками, на классы – непересекающиеся группы множеств. Формально требуется определить значение зависимой пере-



менной на основании значений других переменных, характеризующих данный объект.

Пусть $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ представляет множество объектов. Каждый объект характеризуется набором переменных: $x_i = \{a_1, a_2, a_3, \dots, y\}$, где a_j – независимые переменные, а y – зависимая переменная, значение которой и надо определить.

Так как сведения, полученные из различных источников, носят вербальный характер, то для решения данной задачи можно использовать дискриминантный анализ, в основе которого лежит метод «наивного Байеса» [1]. Метод называется наивным, так как исходит из предположения о взаимной независимости признаков. Метод Байесовской классификации является статистическим методом, который позволяет предсказать вероятность принадлежности объекта к заданному классу [3,4].

Пусть имеется объект X , класс которого неизвестен, а также гипотеза H , согласно которой X относится к некоторому классу C . Для решения задачи классификации определим условную вероятность $P(H/X)$. Очевидно $P(H/X)$ – апостериорная вероятность выполнения гипотезы H при наблюдении за объектом X . При заданных вероятностях $P(X)$, $P(H)$ и $P(H/X)$ апостериорная вероятность составит:

$$P(H / X) = \frac{P(X / H)P(H)}{P(X)}$$

Пусть исходное множество данных содержит атрибуты $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$. Заданы классы $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$, наблюдения X , для которого необходимо определить класс. Необходимо определить класс, который имеет наибольшую апостериорную вероятность $P(H/X)$. Наивный байесовский классификатор относит наблюдение X к классу C_i тогда, когда выполняется условие $P(C_i/X) > P(C_k/X)$ для любых $1 \leq i \leq n, i \neq k$.

$$P(C_i / X) = \frac{P(X / C_i)P(C_i)}{P(X)}$$

Так как вероятность $P(X)$ для всех классов одинакова, максимизировать требуется только числитель. Если априорная вероятность $P(C_i)$ неизвестна, то предполагают, что классы равновероятны. В этом случае выбирают максимальную вероятность $P(X/C_i) - C_{map}$.

$$C_{map} = \arg \max_{c \in C} [P(X / C)P(C_i)]$$

Тогда для набора атрибутов $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ будем иметь:

$$P(X / C_i) = P(x_1 / C_i)P(x_2 / C_i) \dots P(x_n / C_i) = \prod_{i=1}^n P(x_i / C_i)$$

Полученное выражение подставим в C_{map}

$$C_{map} = \arg \max_{c \in C} [P(C_i) \prod P(x_i / C_i)]$$

Пример. Пусть ставится задача – покупка подержанного автомобиля.

В России все автомобили делятся на классы в зависимости от вида и размера кузова: малогабаритные, переднеприводные («хэтчбек»), низший средний



класс («гольф-класс»), средний класс, высший средний класс, мощные автомобили («люкс», «представительский класс») [2].

Составим таблицу, объединяющую классы машин в три группы: мини-машины; средний класс машин; мощные (табл.1).

Решение о покупке автомобиля основывается на показателях: класс машины, страна производитель, повреждение автомобиля, коробка переключения передач (КПП) –механическая или автоматическая

Таблица 1. Набор данных автомобилей

№	Класс машин	Страна	Повреждения на автомобиле	Вид КПП	Покупать
	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
1	мини	Корея	среднее	МКПП	да
2	мини	Корея	высокое	МКПП	да
3	средний	Корея	среднее	МКПП	нет
4	мощные	Германия	среднее	МКПП	да
5	мощные	Япония	среднее	АКПП	нет
6	мощные	Япония	высокое	АКПП	нет
7	средний	Япония	высокое	АКПП	да
8	мини	Германия	среднее	МКПП	нет
9	мини	Япония	среднее	АКПП	да
10	мощные	Германия	среднее	АКПП	да
11	мини	Германия	высокое	АКПП	да
12	средний	Германия	высокое	МКПП	да
13	средний	Корея	среднее	АКПП	да
14	мощные	Германия	высокое	МКПП	нет

В зависимости от класса, страны, КПП и повреждений все машины делятся на два класса: покупать (да) или не покупать (нет). Здесь $A = \{A_1, A_2, A_3, A_4\}$ переменные атрибуты. A_5 – решение.

Пусть вероятность очередного автомобиля, выбранного покупателем, определим следующим образом:

$X = (\text{Класс машины} = \text{средний}, \text{страна} = \text{Япония}, \text{повреждения} = \text{среднее}, \text{КПП} = \text{АКПП})$

Обозначим через C_1 класс, обозначающий что Покупатель говорит - Да, C_2 – скорее Нет.

Вероятность классов: $P(C_1) = 9/14 = 0,643$; $P(C_2) = 5/14 = 0,357$.

Далее приведем расчет условных вероятностей:

$P(A_1) = \text{мини} / A_5 = \text{Да} = 4/9 = 0,444$;

$P(A_1) = \text{мини} / A_5 = \text{Нет} = 1/5 = 0,200$;

$P(A_2) = \text{Япония} / A_5 = \text{Да} = 4/9 = 0,444$;

$P(A_2) = \text{Япония} / A_5 = \text{Нет} = 2/5 = 0,400$;



$$P(A_3)=\text{среднее}/A_5=\text{Да})=5/9=0,555;$$

$$P(A_3)=\text{среднее}/A_5=\text{Нет})=3/5=0,600;$$

$$P(A_4)=\text{АКПП}/A_5=\text{Да})=5/9=0,555;$$

$$P(A_4)=\text{АКПП}/A_5=\text{Нет})=2/5=0,400;$$

Расчет условных вероятностей $P(X/C_i)$ составит:

$$P(X/A_5=\text{Да})=P(A_1=\text{мини}/A_5=\text{Да}) \cdot P(A_2=\text{Япония}/A_5=\text{Да}) \cdot P(A_3=\text{среднее}/A_5=\text{Да}) \cdot P(A_4=\text{АКПП}/A_5=\text{Да})=0,061;$$

$$P(X/A_5=\text{Нет})=P(A_1=\text{мини}/A_5=\text{Нет}) \cdot P(A_2=\text{Япония}/A_5=\text{Нет}) \cdot$$

$$P(A_3=\text{среднее}/A_5=\text{Нет}) \cdot P(A_4=\text{АКПП}/A_5=\text{Нет})=0,019;$$

$$P(X/C=\text{Да}) \cdot P(C_1)=0,039;$$

$$P(X/C=\text{Нет}) \cdot P(C_2)=0,007.$$

Класс C_1 больше C_2 , следовательно, данную машину Покупатель готов купить.

Заключение. С помощью данного метода решается задача бинарной классификации, так как все объекты (машины) делятся на два класса: покупать, не покупать. С помощью рассмотренной методики можно проводить классификацию для решения самых различных задач: выделение пожароопасных участков в лесных массивах, экологический мониторинг, отнесение сообщений в интернете в разряд «спам», выделение дорог низкого качества и многое другое.

Литература

1. Барсегян А.А. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP/ А.А.Барсегян, М.С.Куприянов, В.В.Степаненко, И.И.Холод. СПб.:БХВ-Петербург, 2008. – 384 с.

2. www.pushcar.ru/poleznoe/klassi_auto.htm

3. Ризаев И.С. Интеллектуальный анализ данных для поддержки принятия решений. / И.С.Ризаев, Я.Рахал. – Казань: Изд-во МОиН РТ, 2011. - 172 с.

4. Ризаев И.С., Осипова А.Л. Компьютерные технологии при решении задач классификации. / И.С.Ризаев, А.Л.Осипова 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.

Д.А. Сердобинцева

РАСЧЕТ СПЕКТРАЛЬНЫХ ФИЛЬТРОВ НА ОСНОВЕ МАССИВОВ ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Цель работы – теоретическое и экспериментальное исследование коэффициентов связанности, нахождение добротности и передаточной функции для массива связанных резонаторов.



Волновод на основе связанных резонаторов (coupled resonator optical waveguides, CROW) является важным элементом для исследований в нелинейной оптике, а так же для использования в телекоммуникациях. Он состоит из нескольких связанных резонаторов, например от 1 до 5 связанных резонаторов можно использовать для фильтрации и модуляции оптических сигналов. В больших системах, где число резонаторов больше 10, у CROW появляются новые уникальные и управляемые диспергирующие свойства.

Одним из интересных свойств CROW является распространение оптических импульсов с очень низкой групповой скоростью. Так как резонаторы в структуре между собой слабо связаны, прохождение оптического сигнала между резонаторами занимает больше времени, таким образом, замедляется. Поэтому воспользовавшись явлением замедления света в CROW можно производить оптические буферы, а так же открыть новые возможности в направлении производства компактных оптических линий задержки и интерферометров.

Теория связанных мод описывает физическую систему с точки зрения набора идеализированных компонентов (например изолированных волноводов и резонаторов), которые связаны, в некотором роде.

Выше было сказано, что CROW представляет из себя массив резонаторов. Опишем при помощи теории связанных мод массив из N резонаторов. Пусть a_j - комплексная амплитуда в j -м резонаторе, p_{in} , p_{rf} , p_{tr} - амплитуды входного, отраженного и прошедшего полей соответственно. Резонансная частота каждого резонатора ω_0 , а κ_j коэффициенты связности каждого резонатора с массивом.

Тогда массив связанных резонаторов можно описать в матричном виде:

$$Ma = p_{in},$$

$$M = \begin{pmatrix} s_1 + k_0 & ik_1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ ik_1 & s_2 & ik_2 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & ik_i & s_3 & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & ik_{N-2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & s_{N-1} & ik_{N-1} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & ik_{N-1} & s_N + k_N \end{pmatrix}$$

где $s_j = i(\omega - \omega_0) + r_j = s + r_j$ - переменная, учитывающая рассогласование относительно частоты резонансной моды и энергетические потери r_j резонатора в пространство. Функцию пропускания системы можно записать в виде:

$$T_N(s) = \frac{p_{tr}}{p_{in}} = -\frac{2(-i)^{N-1} \sqrt{k_0 k_N k_1 k_2 \dots k_{N-1}}}{\det(M)}, \quad (1)$$

где $p_{tr} = -i\sqrt{2k_N} a_N = -2\sqrt{k_0 k_N} [M^{-1}]_{N,1} p_{in}$.

Для $N=1$, уравнение (1) сводится к виду:

$$T_1(s) = -\frac{2k_0}{s + 2k_0}. \quad (2)$$

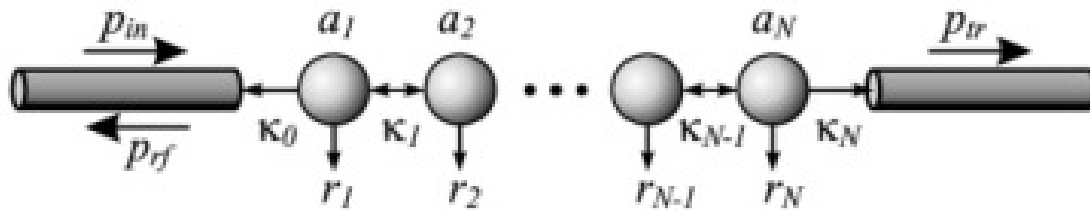


Рис. 1. Схема оптического волновода на основе связанных резонаторов
Для массива из трех резонаторов, передаточная функция равна

$$T_2(s) = \frac{i2k_0k_1}{(s+k_0)^2 + k_1^2} \cdot (3)$$

Случай массива двух связанных резонаторов можно интерпретировать как простейший одномерный резонатор Фабри-Перо.

В терминах Фабри-Перо, передаточная функция будет выглядеть следующим образом:

$$T = \frac{1}{1 + F^2 \sin^2(\delta/2)}, (4)$$

где $F = \frac{4R}{(1-R)^2}$ - резкость резонатора (характеризует разрешающую способность),

R - коэффициент отражения,

$\delta = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) 2nl \cos \theta$ - фазовый сдвиг.

Нахождение отраженных лучей в фазе зависит от длины волны источника света в вакууме (λ), угла прохождения света через резонатор (θ), толщины резонатора (l) и показателя преломления материала между отражающими поверхностями (n).

Экспериментальное исследование массива резонаторов осуществлялось с помощью программного пакета для конечно-разностного моделирования электромагнитных систем Меер. Моделирование массива двух связанных резонаторов проводилось для различных расстояний между резонаторами, находя соответствие между параметрами аналитики и FDTD – фазой и расстоянием. Пример сравнения экспериментальных и аналитических результатов представлен на рисунке ниже.

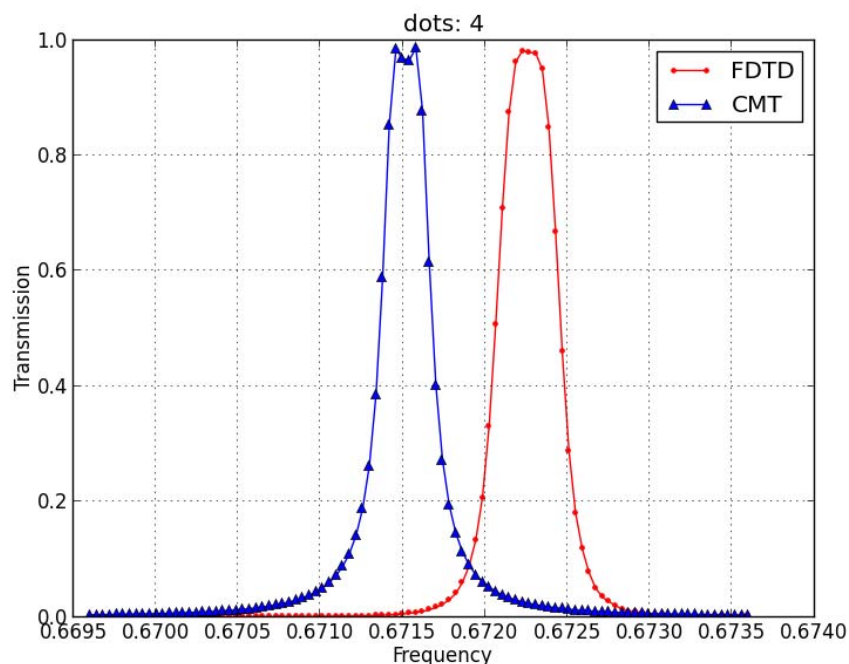


Рис. 2. Спектральные кривые для массива двух резонаторов с четырьмя отверстиями (расстояние между резонаторами – 350нм)

Литература

1. Казанский Н.Л., Серафимович П.Г. Coupled-resonator optical waveguides for temporal integration of optical signals [Электронный ресурс] // Optics Express. – 2014. Режим доступа: <http://www.opticsinfobase.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-22-11-4004&id=286668>
2. Photonic Crystals: Molding the Flow of Light. Second Edition/ John D. Joannopoulos, Steven G. Johnson, Joshua N. Winn, Robert D. Meade. – Princeton University Press, 2008. – 305 p.
3. Band diagram, resonant modes, and transmission in a holey waveguide [Электронный ресурс] // Meep Tutorial. – 2010. Режим доступа: http://ab-initio.mit.edu/wiki/index.php/Meep_Tutorial/Band_diagram_resonant_modes_and_transmission_in_a_holey_waveguide

А.А. Смирнов

КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТУРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Задача классификации изображения заключается в отнесении этого изображения к одному из нескольких классов. Необходимо заметить, что в этой задаче множество классов, к которым может быть отнесено изображение, зара-



нее известно. Примером таких задач могут быть, например, медицинские задачи, в которых необходимо определить исход заболевания.

Нейронные сети являются универсальным средством аппроксимации функций, что позволяет использовать их в задаче классификации. Нейронные сети можно рассматривать как современные вычислительные системы, которые преобразуют информацию по образу процессов, происходящих в мозгу человека. Обработка информации имеет численный характер, что позволяет использовать нейронную сеть в качестве модели объекта с совершенно неизвестными характеристиками.

Для построения классификатора необходимо определить, какие параметры влияют на принятие решения о том, к какому классу принадлежит образец. При этом могут возникнуть две проблемы. Во-первых, если количество параметров мало, то может возникнуть ситуация, при которой один и тот же набор исходных данных соответствует примерам, находящимся в разных классах. Тогда невозможно обучить нейронную сеть, и система не будет корректно работать (невозможно найти минимум, который соответствует такому набору исходных данных). Во-вторых, исходные данные обязательно должны быть непротиворечивы. Для решения этой проблемы необходимо увеличить размерность пространства признаков (количество компонент входного вектора, соответствующего образцу). Но при увеличении размерности пространства признаков может возникнуть ситуация, когда число примеров может стать недостаточным для обучения сети, и она вместо обобщения просто запомнит примеры из обучающей выборки и не сможет корректно функционировать. Поэтому при определении признаков необходимо найти компромисс с их количеством.

1. Вычисление текстурных признаков на основе матрицы вхождений

Для описания изображений с использованием текстурных признаков был реализован метод, основанный на матрицах вероятностного распределения яркости на изображении. Такой подход дает большой набор признаков, и можно предполагать, что, по крайней мере, один из них отражает текстурные изменения между классами. Элементами матрицы являются вероятности второго порядка, которые учитывают как уровни яркости, так и относительное расположение пикселей на изображении.

Матрица вхождений – это двумерный массив C , в котором индексы строк и столбцов образуют множество V допустимых на изображении значений пикселей. Например, для полутоновых изображений V может быть множеством допустимых значений интенсивности (яркости). Значение $C(i, j)$ указывает, сколько раз значение i встречалось на изображении в некотором заданном пространственном отношении со значением j . Например, в качестве пространственного отношения может быть выбрано «значение i является правым соседом для значения j ».

Обозначим через d вектор перемещения (dr, dc) , где dr соответствует перемещению в направлении строк (вниз по изображению), а dc перемещение в



направлении столбцов (вправо по изображению). Полутонная матрица вхождений C_d для изображения I определяется выражением:

$$C_d[i, j] = |\{[r, c] | I[r, c] = i \wedge I[r + dr, c + dc] = j\}|$$

Одна из разновидностей стандартной полутонной матрицы вхождений называется нормированной полутонной матрицей вхождений N_d и определяется выражением:

$$N_d[i, j] = \frac{C_d[i, j]}{\sum_i \sum_j C_d[i, j]}$$

Вычисленные, согласно этому выражению значения вхождений принадлежат диапазону $[0, 1]$. Их можно рассматривать в качестве значений вероятности в матрице большего размера.

Для того, чтобы устранить зависимость элементов матрицы от поворота изображения для вычисления признаков использовалась матрица $C_d[i, j]$, которая вычислялась как среднее четырех матриц, вычисленных при каждом из четырех углов поворота (0° , 45° , 90° и 180°):

$$C_d = (C_{d,0} + C_{d,d} + C_{0,d} + C_{0,-d}) / 4$$

Таким образом, матрица позволяет оценить преимущественное расположение отсчетов на изображении и их коррелированность.

Матрицы вхождений представляют свойства текстуры, но они не удобны для непосредственного применения при анализе изображений. Вместо этого матрицы вхождений используются для вычисления числовых характерных признаков, которые могут служить более компактным представлением текстуры. На основе нормированной матрицы вхождений можно вычислить следующие характерные признаки:

1. Суммарное среднее: $F_1 = \sum_i m_i p_i$
2. Инерция: $F_2 = \sum_i \sum_j (i - j)^2 N_d(i, j)$
3. Второй угловой момент $F_3 = \sum_i \sum_j N_d^2(i, j)$
4. Суммарная корреляция $F_4 = \sum_i \sum_j m_i m_j$
5. Энтропия: $F_5 = -\sum_i \sum_j \ln(N_d(i, j)) N_d(i, j)$
6. Корреляция: $F_6 = \sum_i \sum_j (i - M_x)(j - M_x) N_d(i, j)$
7. Затенение: $F_7 = \sum_i \sum_j (i + j - 2M_x)^3 N_d(i, j)$
8. Контраст: $F_8 = \sum_i \sum_j |i - j| N_d(i, j)$
9. Суммарная энтропия: $F_9 = \sum_i \ln(p_i) p_i$

где $m_i = \sum_j j N_d(i, j)$, $p_i = \sum_j N_d(i, j)$, $M_x = \sum_i i p_i$.



2. Обучение нейронной сети

Для обучения многослойного персептрона используется алгоритм обратного распространения ошибки. Этот алгоритм основывается на коррекции ошибки. Обучение методом обратного распространения ошибки предполагает два прохода по всем слоям сети: прямого и обратного. При прямом проходе входной вектор подается на входной слой нейронной сети, после чего распространяется по сети от слоя к слою. В результате генерируется набор выходных сигналов, который и является фактической реакцией сети на данный входной образ. Во время прямого прохода все синаптические веса сети фиксированы. Во время обратного прохода все синаптические веса настраиваются в соответствии с правилом коррекции ошибок, а именно: фактический выход сети вычитается из желаемого, в результате чего формируется сигнал ошибки. Этот сигнал впоследствии распространяется по сети в направлении, обратном направлению синаптических связей. Отсюда и название – алгоритм обратного распространения ошибки. Синаптические веса настраиваются с целью максимального приближения выходного сигнала сети к желаемому.

Алгоритм обратного распространения ошибки следующий:

1. Инициализировать синаптические веса маленькими случайными значениями.
2. Выбрать очередную обучающую пару из обучающего множества; подать входной вектор на вход сети.
3. Вычислить выход сети.
4. Вычислить разность между выходом сети и требуемым выходом (целевым вектором обучающей пары).
5. Подкорректировать веса сети для минимизации ошибки.
6. Повторять шаги с 2 по 5 для каждого вектора обучающего множества до тех пор, пока ошибка на всем множестве не достигнет приемлемого уровня.

Целью обучения сети алгоритмом обратного распространения ошибки является такая подстройка ее весов, чтобы приложение некоторого множества входов приводило к требуемому множеству выходов. Для краткости эти множества входов и выходов будут называться векторами. При обучении предполагается, что для каждого входного вектора существует парный ему целевой вектор, задающий требуемый выход. Вместе они называются обучающей парой. Сеть обучается на многих парах.

3. Результаты классификации текстур

Был исследован набор из 49 изображений размерами 512 на 512 пикселей. В этом наборе было 7 представителей от каждого класса. Таким образом, было доступно 7 классов изображений по 7 изображений на каждый класс.

В ходе эксперимента выбиралось одно изображение для тестовой выборки и 48 для обучающей. Эта процедура повторялась 49 раз для каждой нейронной сети. После каждого формирования проводилась классификация, и фиксировалось число верно проклассифицированных изображений из каждого класса. Так же фиксировалось количество неверно проклассифицированных изображений, которые либо не попали в свой класс, либо попали в чужой.



В таблице 1 представлена матрица ошибок классификации текстурных изображений с использованием нейронной сети. Она показывает вероятность попадания изображения из класса i в класс j . На главной диагонали этой матрицы располагаются вероятности правильной классификации.

Таблица 1 – Матрица ошибок классификации текстурных изображений

	bark	brick	bubbles	grass	leather	pigskin	rafia
bark	1	0	0	0	0	0	0
brick	0	1	0	0	0	0	0
bubbles	0	0	0.5714	0	0.1429	0	0
grass	0.2857	0	0	1	0	0	0
leather	0	0	0.2857	0	0.8571	0	0
pigskin	0	0	0.1429	0	0	1	0.1429
rafia	0	0	0	0	0	0	1

Литература

1. Haralick, R (1979). Statistical and structural approaches to texture. Proceedings of the IEEE 67, 786–804.
2. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение / Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд., испр. / Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2006. – 1104 с.

Я.В. Соловьева, О.В. Борисова

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИМИ РЕЛЯЦИОННЫМИ БАЗАМИ ДАННЫХ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

С ростом популярности систем управления базами данных (СУБД) в 70-80-х годах появилось множество различных моделей данных. Первые СУБД использовали иерархическую модель данных. Для чтения данных из иерархической базы данных требовалось перемещаться по записям, за один раз переходя на одну запись вверх, вниз или в сторону. Если структура данных оказывалась сложнее, чем обычная иерархия, простота структуры иерархической базы данных становилась её недостатком. В связи с этим была разработана новая сетевая модель данных. Разница между иерархической моделью данных и сетевой состоит в том, что в иерархических структурах запись-потомок должна иметь в точности одного предка, а в сетевой структуре данных у потомка может иметься любое число предков. Сетевая БД состоит из набора экземпляров определенного типа записи и набора экземпляров определенного типа связей между



этимися записями. Как и иерархические базы данных, сетевые базы данных были очень жесткими. Наборы отношений и структуру записей приходилось задавать наперёд. Изменение структуры базы данных обычно означало перестройку всей базы данных.

Недостатки иерархической и сетевой моделей привели к появлению новой, реляционной модели данных, созданной Коддом в 1970 году и вызвавшей всеобщий интерес. Реляционная модель была попыткой упростить структуру базы данных. Такие модели управления можно охарактеризовать простотой, удобным табличным представлением и возможностью использования формального аппарата алгебры отношений и реляционного исчисления для обработки данных.

Реляционные базы данных позволяют хранить информацию в нескольких «плоских» (двухмерных) таблицах, связанных между собой посредством совместно используемых полей данных, называемых ключами. Реляционные базы данных предоставляют более простой доступ к оперативно составляемым отчетам (обычно через SQL) и обеспечивают повышенную надежность и целостность данных благодаря отсутствию избыточной информации [1].

В рамках данного проекта изучалась реляционная модель данных. Разрабатываемая система предназначена для организации доступа к удаленной базе данных различных пользователей в локальной сети за счет расширения функционала SQLite. Система позволит освободить человека от необходимости рутинной работы, а также сократить время на установку программного обеспечения (ПО).

При разработке автоматизированной системы необходимо предусмотреть:

- контроль корректности задания всех параметров;
- создать информационную базу для автоматизированного процесса управления реляционными базами данных;
- разграничение прав и обязанностей пользователей;
- выполнение ограничений целостности базы данных;
- возможность корректировки справочника пользователей;
- возможность загрузки оперативной информации.

SQLite – это реляционная база данных запросы к которой можно осуществлять при помощи языка запросов SQL. База данных не поддерживает все особенности SQL и уступает в функциональности другим развитым СУБД, но вполне подходит для хранения и извлечения информации

Ядро базы данных является сердцевиной СУБД; оно отвечает за физическое структурирование и запись данных на диск, а также за физическое чтение данных с диска. Кроме того, оно принимает SQL-запросы от других компонентов СУБД (таких как генератор форм, генератор отчетов или модуль формирования интерактивных запросов), от пользовательских приложений и даже от других вычислительных систем [2]. SQL – язык создания приложений клиент/сервер, и программах для персональных компьютеров SQL используется



для организации связи через локальную сеть с сервером базы данных, в которой хранятся совместно используемые данные. SQL выполняет много различных функций.

- организация данных. SQL дает пользователю возможность изменять структуру представления данных, а также устанавливать отношения между элементами базы данных;
- чтение данных. SQL дает пользователю или приложению возможность читать из базы данных содержащиеся в ней данные и пользоваться ими;
- обработка данных. SQL дает пользователю или приложению возможность изменять базу данных, т.е. добавлять в нее новые данные, а также удалять или обновлять уже имеющиеся в ней данные;
- управление доступом. С помощью SQL можно ограничить возможности пользователя по чтению и изменению данных и защитить их от несанкционированного доступа;
- совместное использование данных. SQL координирует совместное использование данных пользователями, работающими параллельно, чтобы они не мешали друг другу;
- целостность данных. SQL позволяет обеспечить целостность базы данных, защищая ее от разрушения из-за несогласованных изменений или отказа системы [3].

АС имеет архитектуру «клиент-сервер» ПО разделено на две части – клиентскую и серверную. БД размещается на компьютере – сервере сети (сервере или удаленном сервере) и называется также удаленной БД. Приложение, осуществляющее работу с этой БД, находится на компьютере пользователя. Приложение пользователя является клиентом, его также называют приложением-клиентом.

Клиент и сервер взаимодействуют следующим образом. Логика представления данных и бизнес-логика размещаются на клиенте, который, в случае, когда сервером является СУБД, общается с логикой хранения и накопления данных на сервере, используя язык SQL. Таким образом, в архитектуре «клиент-сервер» клиент посылает запрос и получает только те данные, которые ему действительно нужны. Вся обработка запроса выполняется на удаленном сервере [4].

На рисунке 1 показана главная форма работы с сервером СУБД, которая выполняет основные функции серверной части приложения:

- выполнять соединение с сервером и отключение от него;
- выполнять обработку полученных данных.

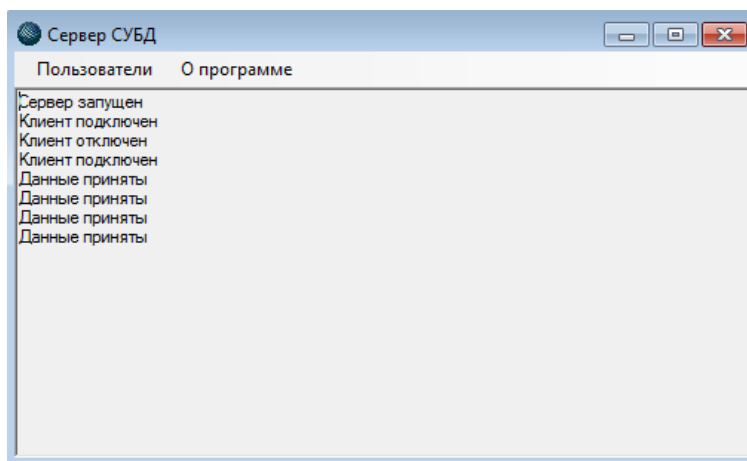


Рис. 1. Главная форма сервера СУБД

На рисунке 2 изображена экранная форма клиентской части. Основные функции, которые она выполняет:

- создание запроса.
- обработка запроса: открытие файла, считывание строки из файла, запись файла в базу, закрытие файла.
- Получение результата выполнения запроса.

Также при разработке АС предусмотрено разграничение прав и обязанностей пользователей: для того чтобы войти в систему нужно добавить нового пользователя и войти под его логином и паролем.

Таким образом, реализованная в рамках данной работы система управления реляционными базами данных.

Разработанная подсистема отвечает всем требованиям задания и реализует следующие основные функции:

- выполнение соединения с сервером и отключение от него;
- создание запросов;
- обработка запросов;
- получение результата выполнения запроса.

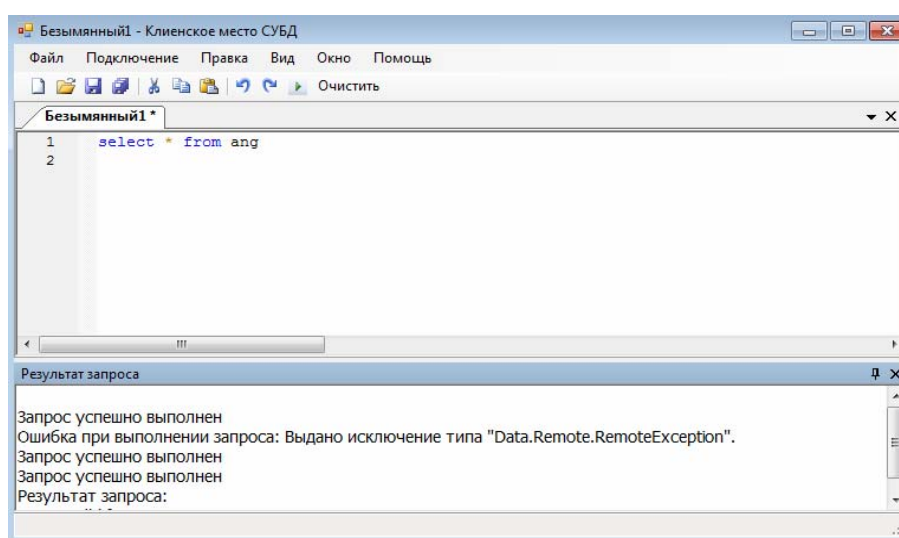


Рис. 2. Экранная форма клиентской части



Литература

- 1 Диго, С.М. Проектирование баз данных [Текст]: учебник/С.М. Диго. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 216 с.
- 2 Кригель, А. Борис Трухнов. SQL. Библия пользователя. Язык запросов SQL = SQL Bible [Текст]/А. Кригель, Б. Трухнов. - М.: Диалектика, 2009.- 752 с.
- 3 Чигарина, Е. И. Лекции по курсу «Базы данных и базы знаний» [Текст]/Е. И. Чигарина. – Самара: СГАУ, 2009.
- 4 Когаловский, М.Р. Энциклопедия технологий баз данных[Текст]/М.Р. Когаловский - М.: Финансы и статистика, 2002. – 800 с.

Н.Н. Хрисанов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МНОГОЭЛЕМЕНТНЫХ ДВУХПОЛЮСНЫХ ЦЕПЕЙ ПРИ СИНУСОИДАЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

(Самарский государственный технический университет)

Рассматривается метод определения параметров многоэлементных двухполюсных цепей, основанный на интегрировании переходного процесса при воздействии, имеющем вид одной или суммы нескольких экспонент[1].

Пусть структурная схема измерительного канала имеет вид, представленный на рис.1, где ИСВ – источник синусоидального воздействия; ДЭЦ – исследуемая двухполюсная электрическая цепь (в данном случае последовательная RC – цепь); ОУ – операционный усилитель; УПО – устройство предва-

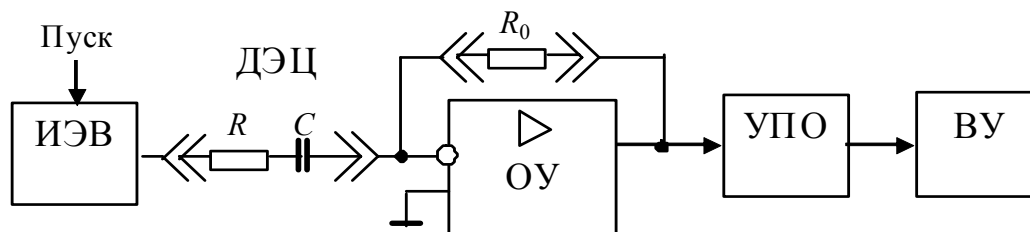


Рис.1. Схема для определения параметров последовательной RC цепи

рительной обработки, включающее в себя аналоговый интегратор; ВУ – вычислительное устройство; R_0 - опорный элемент.

При подаче на вход исследуемой цепи напряжения вида:

$$U_{ВХ}(t) = U_0 \sin \omega t = U_0 / 2\omega (e^{i\omega t} - e^{-i\omega t}).$$

Напряжение на выходе будет иметь:

$$U_{ВЫХ}(p) = -A \frac{p}{(p^2 + \omega^2)(p - p_1)},$$

где

$$A = U_0 \frac{R_0}{R}, \quad p_1 = -\frac{1}{RC}.$$



Переходя к оригиналу, получим для выходного напряжения:

$$U_{\text{ВЫХ}}(t) = -A(\omega \sin \omega t - p_1 \cos \omega t + p_1 e^{p_1 t}).$$

Запишем выражение для неопределенного интеграла от (6):

$$\int U_{\text{ВЫХ}}(t) dt = -A \left(-\cos \omega t - \frac{p_1}{\omega} \sin \omega t + e^{p_1 t} \right).$$

При $t = 0$, имеем

$$\int U_{\text{ВЫХ}}(t) dt \Big|_{t=0} = 0.$$

Тогда определенный интеграл от выходного напряжения в пределах от $t = 0$ до некоторого $t = t_p$ будет равен:

$$\int_0^{t_p} U_{\text{ВЫХ}}(t) dt = -A \left(-\cos \omega t_p - \frac{p_1}{\omega} \sin \omega t_p + e^{p_1 t_p} \right).$$

Таким образом, интеграл от входного напряжения в интервале от $t = 0$ до некоторого $t = t_p$ также есть сумма экспонент, учитывая, в частности, что $\sin x = 1/2i(e^{ix} - e^{-ix})$, и следовательно для определения показателей и амплитуд в также можно применить метод Прони. При этом в качестве исходных данных можно брать не равноотстоящие ординаты переходного процесса (как в методе Прони), а значения интегралов от $t = 0$ до равноотстоящих ординат $t_p, 2t_p, 3t_p \dots$ переходного процесса. Учитывая фильтрующие свойства операции интегрирования, очевидно, это позволит повысить точность определения параметров экспонент, и соответственно параметров элементов двухполюсной цепи.

При использовании синусоидального воздействия необходимо иметь в виду, что синусоидальное воздействие может быть представлено в виде суммы двух экспонент и показатели этих экспонент известны. Влияние этих экспонент можно исключить из исходных данных выполнением операции свертки. В итоге, несмотря на наличие в выходном сигнале пяти экспонент, задача сводится к нахождению амплитуды и показателя одной экспоненты.

Общая схема определения параметров экспонент и затем параметров двухполюсной сети выглядит следующим образом:

1. Производят интегрирование свободной составляющей переходного процесса на $2n-1$ участках: $\tilde{H}_j = \int_0^{jt_p} U_{\text{ВЫХ}} dt, j = \overline{1, 2n-1}$, где t_p - некоторый фиксированный интервал времени; n - порядок дифференциального уравнения, описывающего двухполюсную цепь.

2. Выполняют фильтрацию известных экспонент, соответствующих входному воздействию из экспериментальных данных выполнением операции свертки, в результате чего получают $2n-1$ значений интегралов:

$$H_j = b_0 \tilde{H}_{j-1} + b_1 \tilde{H}_j, \quad j = \overline{1, 2n-1},$$

где $b_0 = -\exp(\omega t_p)$, $b_1 = 1$. Далее следуют стандартные шаги метода Прони[2] для определения показателей и амплитуд неизвестных экспонент.



Используя соотношения для исследуемой электрической цепи, определяют амплитуды экспонент и затем параметры двухполюсника решением системы уравнений:

$$A_i = F_i^A(\mathbf{x}), \quad p_i = F_i^p(\mathbf{x}), \quad i = \overline{1, n},$$

где $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ - вектор параметров двухполюсника.

Для цепи на рис.1 необходимо произвести интегрирование на трех участках для получения трех значений интегралов $\tilde{H}_1 - \tilde{H}_3$. Выполнением операции свертки получаем два значения H_1, H_2 . Далее определяем параметры неизвестной экспоненты переходного процесса:

$$p_1 = \frac{\ln(H_2/H_1)}{t_p}, \quad A = \frac{H_k(p_1 - p_0)}{e^{kp_0 t_p} - e^{kp_1 t_p}}.$$

Далее параметры двухполюсника могут быть определены из соответствующей системы уравнений. На погрешность определения параметров двухполюсника большое влияние оказывает выбор интервала разбиения t_p . С целью упрощения измерительного преобразователя в качестве t_p целесообразно использовать особые точки на переходном процессе. На рис. 2 показан переходной процесс в последовательной RC цепи при следующих исходных данных: $U_{ВХ}(t) = -5e^{-1000t}$, $R=100$ Ом, $C=1$ мкФ, $R_0=100$ Ом.

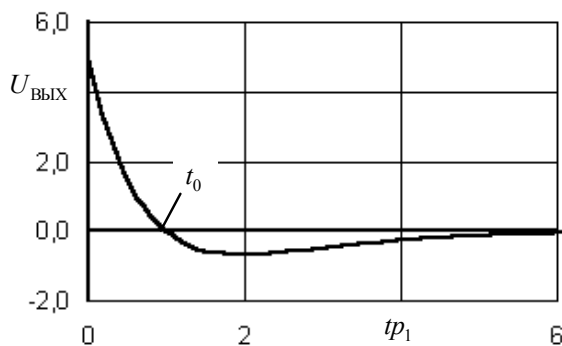


Рис.2. Переходной процесс на выходе двухэлементного двухполюсника

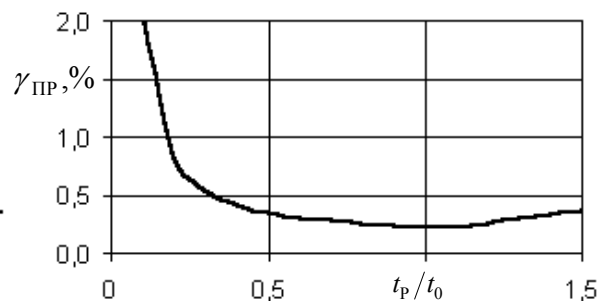


Рис.3. Зависимость предельной погрешности от интервала разбиения

При этом момент времени равенства выходного напряжения нулю, отмечен как t_0 . На рис. 3 приведена зависимость предельной погрешности $\gamma_{ПР}$ (равной сумме предельных погрешностей определения значений R и C , т.е. $\gamma_{ПР} = \gamma_R + \gamma_C$) от интервала разбиения t_p , нормированного по t_0 . При вычислении предельных погрешностей предполагалось, что систематическая погрешность и средне-квадратичное отклонение случайной погрешности составляет 0,1% максимального значения переходного процесса. Из рис. 3 следует, что в качестве t_p целесообразно выбирать t_0 .



Литература

1. Пат. 2210081 России МКИЗ G01R 27/02. Способ определения параметров многоэлементных двухполюсных цепей/ Н.Н. Хрисанов, Д.Б. Фролагин (Россия); №2001133361/09; заявлено 07.12.2001;. Оpubл. 27.03.2005. Бюл. №09.
2. Марпл.-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ. – М.:Мир, 1990. – 584с.

С.В. Цаплин, С.А. Болычев, Б.С.Мишагин, Д.В.Шеманаев

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ИССЛЕДОВАНИЯ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЗАКАЛОЧНЫХ СРЕД

(Самарский государственный университет)

В Самарском государственном университете была разработана информационно-измерительная система по определению охлаждающих свойств закалочных сред [1-3], позволяющая проводить измерения в соответствии с международными стандартами ISO9001, ISO9950, ASTM D6200-01, ASTM D6482-01. Отличительной особенностью разработанной системы является наличие механического устройства переноса зонда-датчика из печи в закалочную среду и системы определения координат зонда-датчика, с помощью которых контролируется время переноса (не более 2сек) и положение зонда-датчика. Общая схема системы приведена на рисунке 1.

В настоящее время проведена модернизация системы с целью осуществления управления и передачи данных беспроводным способом по радиоканалу. Принципиальная схема блока управления нагревом приведена на рисунке 2.

Блок управления нагревом состоит из измерительной части, блока индикации и управления (CPU), силового модуля, и радио модуля. Измерительная часть блока управления нагревом полностью повторяет модуль сбора данных зонда.

Блок управления и индикации включает в себя дисплей, на котором отображается сервисная информация (режим работы, температура в печи, температура заданная, включение стабилизации, выход на заданную температуру) и энкодер, с помощью которого осуществляется ручное управление печью.

Особенностями силового модуля являются гальваническая развязка с управляющей и измерительной частью, включение и выключение нагревателя осуществляется только в момент отсутствия мощности на нагрузке (переход через ноль zero cross detector) в результате чего минимизированы внешние электромагнитные помехи отрицательно влияющие как на процесс измерения так и на другие приборы подключенные к одной электросети с нагревателем. Радиомодуль обладает следующими характеристиками: частота передачи/приема 2.4ггц, дальность до 30 м, скорость 1Mbps, максимальная выходная мощность 0 dBm, коэффициент усиления антенны (пиковая) 2dBm.



Рис. 1. Общая схема информационно-измерительной системы по определению охлаждающей способности закалочных сред

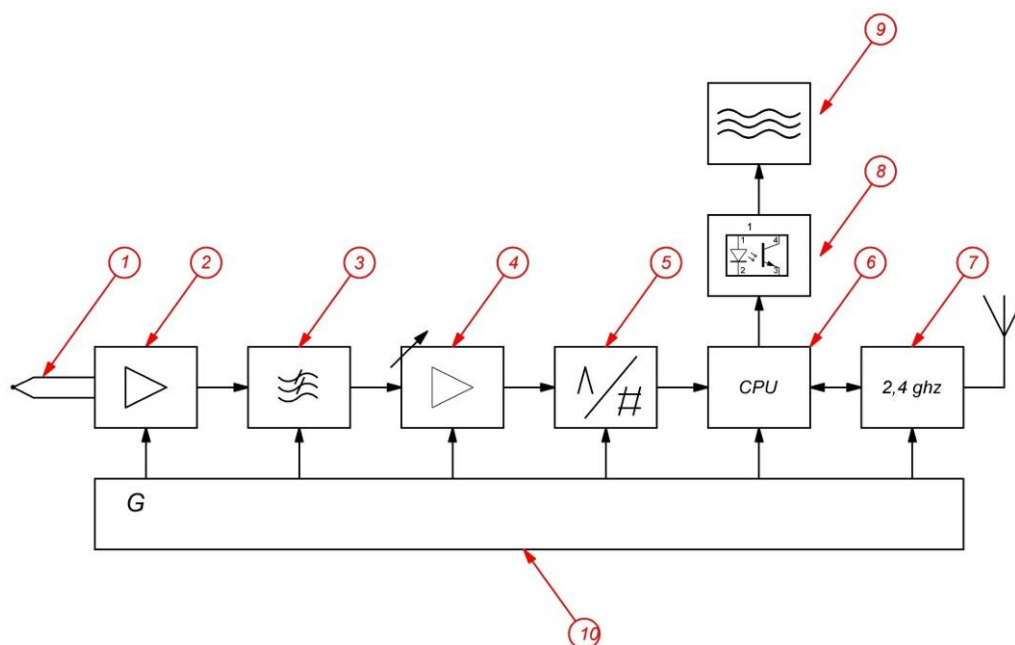


Рис. 2. Принципиальная схема блока управления нагревом
1 – термопара типа К, 2 – усилитель термопары, 3 – фильтр помех, 4 – масштабирующий усилитель, 5 – аналого-цифровой преобразователь, 6 – процессор, 7 – передатчик, 8 – силовой модуль управления, 9 – печь, 10 – блок питания



Блок управления нагревом имеет 2 основных режима работы автономный режим и режим внешнего управления. В автономном режиме температура и включение/выключение стабилизации задаётся с помощью энкодера на передней панели. В режиме внешнего управления температура стабилизации и команды на включение и выключение стабилизации задаётся с ПК по средством радиоканала. В целях повышения точности стабилизации температуры в рабочей зоне печи и компенсации градиента вызванного особенностями её конструкции блок управления использует данные о температуре полученные как с управляющей термопары находящейся вне рабочей зоны (около тэнов) так и с датчика зонда.

С помощью модернизированной системы проведено исследование охлаждающей способности закалочных сред масла МЗМ-26 и 15% водного раствора полимерной среды «Акваквенч» при начальной температуре закалочной среды 40°C. Результаты измерений приведены в таблице 1 и на рисунках 3, 4.

Таблица 1. Характеристики охлаждающей способности закалочных сред

Характеристика	Ед. изм.	МЗМ-26	Акваквенч 15%
Максимальная скорость охлаждения	°C/с	76.6	60.4
Температура максимальной скорости охлаждения;	°C	573.8	503.8
Температура перехода из фазы пара в фазу кипения	°C	682.2	561
Температура перехода из фазы кипения в фазу конвекции	°C	354.3	322
Скорость охлаждения при 300°C	°C/с	5.9	7.9
Скорость охлаждения при 550 °C	°C/с	73.6	20.1
Время охлаждения до 600°C	с	8.7	15.4
Время охлаждения до 400°C	с	13.1	22.3
Время охлаждения до 200°C	с	48.1	49.6

Разработанная система может быть использована для оснащения термических цехов и научно-исследовательских лабораторий, в том числе производителей закалочных сред, выпускаемых в соответствии с международными стандартами ISO, ASTM.

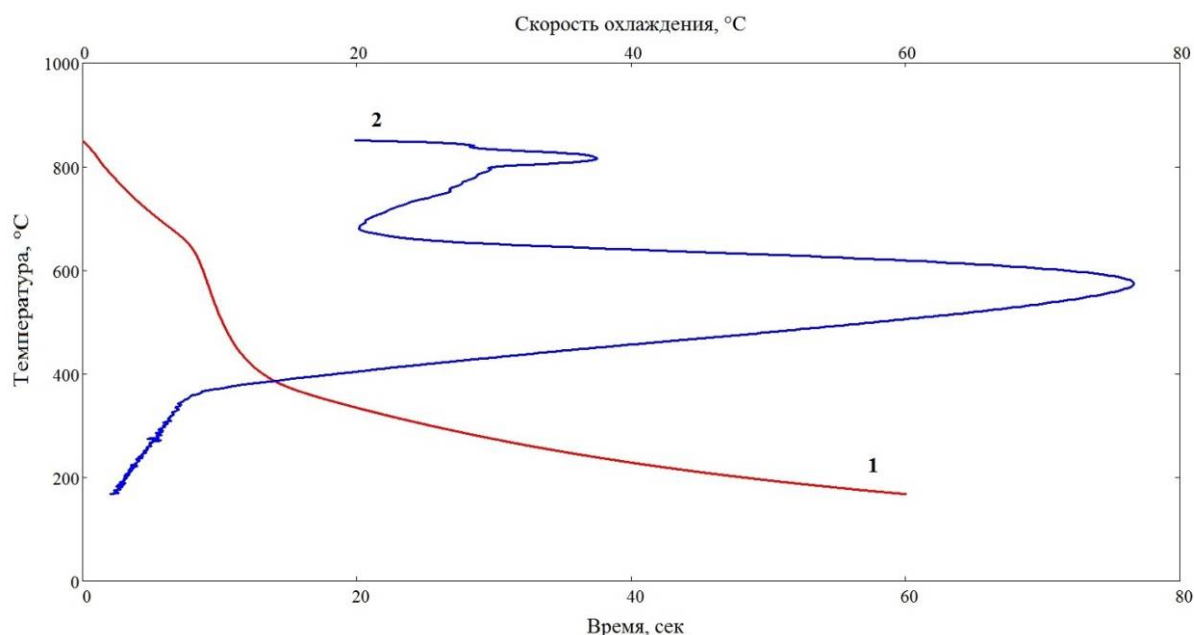


Рис. 3. Кривые охлаждения масла МЗМ-26
(1 – температура, 2 – скорость охлаждения)

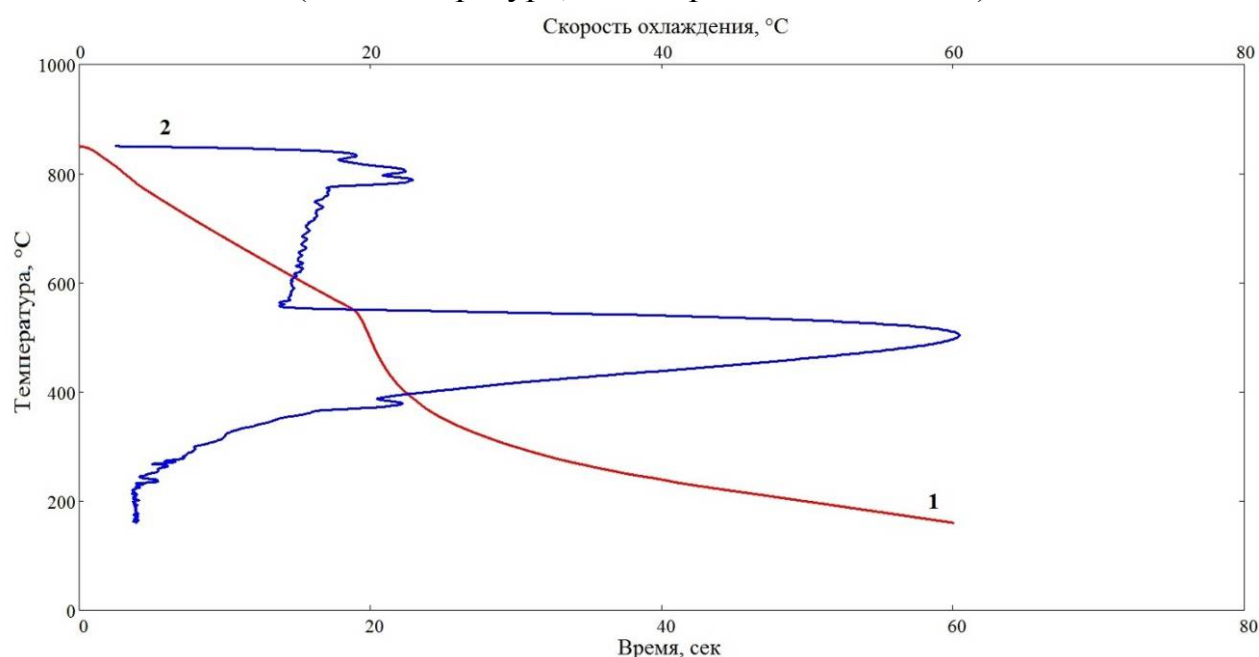


Рис. 4. Кривые охлаждения Акваквенч (15% раствор)
(1 – температура, 2 – скорость охлаждения)

Литература

1. С.В. Цаплин и др. отчёт по гранту: «Межотраслевая программа сотрудничества Минобразования России и ОАО «АВТОВАЗ» по направлению «Научно-инновационное сотрудничество», тема: «Разработка, изготовление, поставка и внедрение системы для определения охлаждающей способности закалочных сред, применяемых для термообработки деталей автомобиля ВАЗ», СамГУ, Самара 2004 г, 120с.



2. С.В. Цаплин и др. отчёт НИОКР «Проведение сравнительных испытаний масел закалочных производства ООО «НЗМП» с использованием информационно-измерительной системы определения охлаждающей способности закалочных сред (разработка СамГУ) и прибора «IVF SmartQuench»», (Швеция), применяемого в ОАО «АВТОВАЗ», СамГУ, Самара 2012г., 60с.

3. Цаплин С.В. Информационно-измерительная система исследования охлаждающей способности закалочных сред [Текст] / С.В. Цаплин, С.А. Болычев, Б.С.Мишагин, Д.В.Шеманаев // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2014. – №5.

А.А. Цыганов

GPGPU ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЙ МЕТРИКИ СХОЖЕСТИ КАДРОВ ТРЕХМЕРНОГО ВЕКТОРНОГО ВИДЕО

(Самарский государственный технический университет)

Использование потоковых процессоров графических ускорителей и платформы *CUDA* позволяет добиться значительного прироста производительности по сравнению с расчетами на процессорах общего назначения при решении задач в области компьютерного зрения, в частности для определения схожести изображений. В статье рассматриваются методы, применяемые для решения задачи вычисления метрики схожести кадров трехмерного векторного видео. Приведены результаты исследования производительности *GPGPU* реализации расчетов значений метрики.

Метрика схожести изображений

Для воспроизведения видео в трехмерном векторном формате важной задачей является определение типов параметров шейдерных программ, содержащихся в видео потоке. Это может быть осуществлено на основе сравнения растровых представлений исходного кадра видео и кадра, модифицированного с использованием предположения о типе параметров. Исходный кадр и модифицированный кадр проходят процесс растеризации, результатом которого являются два изображения I_o и I_m соответственно. Они сравниваются с помощью метрики схожести изображений.

Алгоритм вычисления метрики осуществляет обработку изображений в несколько шагов. Из исходных изображений методом рассеивания рассчитываются цветовые гистограммы $H(I_o)$ и $H(I_m)$. Первичная оценка расстояния между изображениями выполняется с помощью расстояния Бхаттачарья $D_B(H_o, H_m)$. Метрика уточняется с помощью сравнения множеств контрольных точек на исходных изображениях [1]. Множества контрольных точек P_o и P_m , получаемые из изображений I_o и I_m соответственно, используются для вычисления расстояния $D_S(P_o, P_m)$. Для обнаружения точек используется метод *SURF* [2].

Вычисление гистограмм

Вычисление компоненты метрики D_B выполняется с помощью гистограмм $H(I_o)$ и $H(I_s)$ соответствующих изображений. Расчет гистограмм на *GPU* может



быть выполнен как с использованием классических шейдерных программ, так и с использованием технологии *CUDA* для вычислений общего назначения на графическом процессоре. Использование технологии *CUDA* описано в работах Подложнюка [3] и Шамса [4]. Эти алгоритмы обеспечивают более высокую производительность, чем те, что основаны на использовании обычных средств графических программных интерфейсов, как это показано в работе Нугтерена и соавторов.

Так как основной задачей метода является ускорение расчета метрики, то наиболее подходящими являются методы на основе *CUDA*. В частности, метод Подложнюка реализован в *CUDA SDK*. Метод кэш-эффективен и не содержит этапов выгрузки данных в общую память, что позволяет его интегрировать в процесс вычисления компонент метрики.

В этом методе исходные данные разделяются на блоки между исполняемыми на GPU потоками. Результат обработки данных каждым потоком сохраняется в индивидуальной гистограмме. В финальном проходе все гистограммы, созданные разными потоками, объединяются в одну. Для эффективного использования общей памяти потоков каждая индивидуальная гистограмма создается для группы потоков, называемой тросом. Это позволяет хранить в памяти гистограммы большего объема, вплоть до 6 килобайт на аппаратной архитектуре *G80*.

На основе полученных гистограмм вычисляется расстояние Бхаттачарья для двух статистических множеств. Вычисление суммы произведений элементов гистограмм реализуется с помощью свертки массивов исходных данных на GPU при использовании оптимизированного метода параллельной свертки на *CUDA*.

Поиск ключевых точек

Вторая компонента метрики D_S рассчитывается с использованием алгоритма *SURF*. С его помощью осуществляется поиск двух множеств ключевых точек P и P' , имеющих на оригинальном и модифицированном кадрах соответственно (рисунок 1).

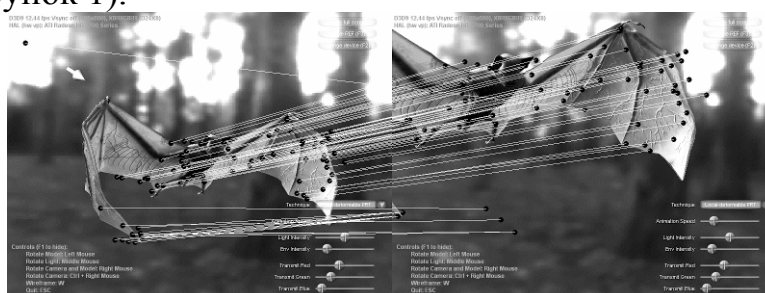


Рис. 1. Сопоставление ключевых точек

Обнаружение ключевых точек в *SURF* осуществляется с помощью аппроксимации определителя матрицы Гессе. Аппроксимация выполняется наложением блочных фильтров на изображение. Это позволяет эффективно использовать интегральное представление изображения.

Вычисление интегрального представления на GPU является самым длительным этапом работы алгоритма *SURF* и может быть осуществлено с помо-



стью алгоритма пирамиды моментов, как это описано в работе Террибери и соавторов [5].

Само построение интегрального изображения является задачей префиксной суммы. Алгоритм пирамиды моментов предлагает решение этой задачи на *GPU* в два этапа. На первом этапе осуществляется проход снизу вверх, в ходе которого строится пирамида изображений, каждое из которых разбивается на четыре вдвое меньших по ширине и высоте, чем на предыдущем уровне.

Используя интегральное изображение, ключевые точки определяются путем поиска экстремумов определителя матриц Гессе. Для этого применяются блочные фильтры, описанные в работе Бэя и соавторов [1]. Для их вычисления на *GPU* требуется всего 17 текстурных выборов на пиксель. Нахождения локального максимума Гессеианы производится методом соседних точек $3 \times 3 \times 3$.

Исследование производительности

Для определения выигрыша производительности *GPGPU* реализации по сравнению с реализацией для процессоров общего назначения, было проведено экспериментальное исследование с различными источниками графической информации. Источниками выступали приложения, выбранные по статистике сервисов потокового видео вещания.

Первая серия опытов нацелена на оценку зависимости времени составления профиля от длительности записи. Результаты представлены на рисунке 2. Как видно, время работы системы возрастает незначительно, так как в более длительных записях почти не появляется новых шейдерных программ. Однако, происходит значительное сокращение времени выполнения при использовании *GPU* реализации в 8-12 раз.

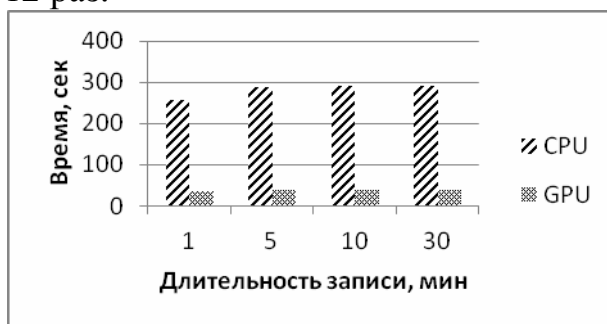


Рис. 2. Диаграмма зависимости времени от длительности записи

Состав шейдерных программ в каждом приложении очень разнороден. Основным свойством, влияющим на сложность анализа конкретной шейдерной программы, является количество ее параметров, представляющих интерес для алгоритма. Для оценки влияния этого количества на время обработки каждой шейдерной программы проведена серия экспериментов над теми же источниками графической информации, что и в предыдущем случае.

Значения являются усредненными по всем шейдерным программам с заданным количеством параметров матричного типа в десятиминутной записи. Результаты представлены на рисунке 3.

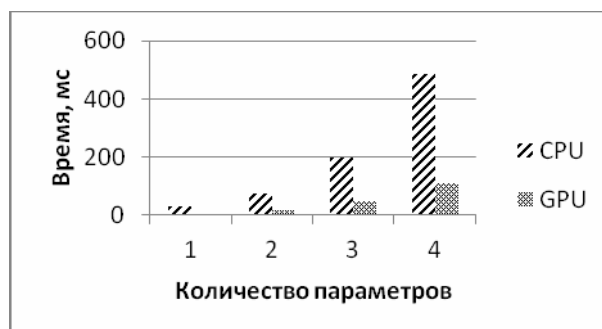


Рис. 3. Диаграмма зависимости времени от количества параметров

Число распознаваемых параметров экспоненциально влияет на длительность их распознавания. Скорость обработки данных методом сильно зависит от сложности системы рендеринга источника видеопотока. Однако вычисления с помощью *GPGPU* способны сократить затраты времени в 8-12 раз. Это позволяет осуществлять сравнение кадров векторного видео и последующее составление профиля за сроки, приемлемые для практического использования описанных методов.

Литература

1. Cornelis N. Fast Scale Invariant Feature Detection and Matching on Programmable Graphics Hardware / N. Cornelis, L. Van Gool // IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2008. P. 1 – 8.
2. Herbert Bay. Speeded-Up Robust Features (SURF) / Herbert Bay, Andreas Ess, Tinne Tuytelaars, Luc Van Gool // New York, USA: Computer Vision and Image Understanding, 2008. – Vol. 110. – P. 346 – 359.
3. Podlozhnyuk V. Histogram calculation in CUDA. Technical report, NVIDIA, 2007. URL: http://developer.download.nvidia.com/compute/cuda/1.1-Beta/x86_website/projects/histogram64/doc/histogram.pdf
4. Ramtin Shams, R. A. Kennedy. Efficient Histogram Algorithms for NVIDIA CUDA Compatible Devices. – Australia, Gold Coast. – ICSPCS, 2007. – P. 418 – 422.
5. Timothy B. Terriberry. GPU Accelerating Speeded-Up Robust Features / Timothy B. Terriberry, Lindley M. French, John Helmsen // Proceedings of the Fourth International Symposium on 3D Data Processing, Visualization and Transmission. – Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA, 2008. – P. 355 – 362.
6. Kari Pulli. Real-time computer vision with OpenCV / Kari Pulli (NVIDIA), Anatoly Baksheev, Kirill Korniyakov, Victor Eruhimov // Communications of the ACM. – ACM: New York, NY, USA, 2012. – P. 61 – 69.



АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ВЫЧИСЛЕНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ В МАТРИЧНЫХ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ

(Ульяновский государственный университет)

Введение

В докладе представлен подход к построению методов вычисления производных в матричных ортогональных преобразованиях. Ортогональные преобразования в силу своих улучшенных вычислительных свойств широко используются при решении различных задач вычислительной линейной алгебры [1]. В теории калмановской фильтрации ортогональные преобразования применяются для робастного (устойчивого к ошибкам машинного округления) вычисления решения матричного разностного уравнения Риккати [2].

В свою очередь, потребность в дифференцировании матричных соотношений для вычисления значений производных элементов параметризованных матриц возникает в задачах вычислительной математики, математической физики, теории управления и др. *Параметризованной матрицей* $A(\theta)$ назовём прямоугольную матрицу размера $m \times n$, элементы которой являются дифференцируемыми функциями по параметру θ .

В настоящее время наиболее распространены три способа вычисления производных [3]: символьное (аналитическое) дифференцирование, численное дифференцирование и алгоритмическое (автоматическое) дифференцирование.

Символьное дифференцирование позволяет получить точные аналитические формулы для производных элементов параметризованной матрицы, однако даже для матрицы небольших размеров такой подход требует существенных вычислительных затрат и не подходит для решения задач в режиме реального времени. При численном дифференцировании точность вычислений существенно зависит от многих факторов, например, от величины шага выбранного алгоритма. В отличие от двух предыдущих способов, алгоритмическое (автоматическое) дифференцирование позволяет вычислить не выражения для производных и не их табличное приближение, а численные значения производных при данных значениях аргументов функции. Для этого требуется знание выражения для функции или хотя бы компьютерной программы для её вычисления.

В связи с этим, целью доклада является описание подхода к построению методов алгоритмического вычисления производных матричных ортогональных преобразований параметризованных матриц.

Рассмотрим пример классического QR преобразования. Построим алгоритм нахождения в заданной точке θ значений производных $\partial r_{ij} / \partial \theta$ элементов верхней треугольной матрицы $R(\theta)$, полученной в результате матричного ортогонального преобразования $A(\theta) = QR(\theta)$, где $A(\theta)$ – параметризованная по θ прямоугольная матрица, Q – матрица ортогонального преобразования.



1. Метод вычисления производных в QR преобразовании

Сформулируем теоретический результат [4]:

Пусть задана прямоугольная матрица $A(\theta)$ размера $(s+k) \times (s+l)$, где $s > 0$, $k, l \geq 0$, и элементы матрицы являются дифференцируемыми функциями по скалярному параметру θ . Рассмотрим матричное ортогональное преобразование $A(\theta) = QR(\theta)$, представленное в блочном виде:

$$\begin{bmatrix} (A_{11})_{s \times s} & (A_{12})_{s \times l} \\ (A_{21})_{k \times s} & (A_{22})_{k \times l} \end{bmatrix} = Q \begin{bmatrix} (R_{11})_{s \times s} & (R_{12})_{s \times l} \\ O_{k \times s} & (R_{22})_{k \times l} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $O_{k \times s}$ – нулевой матричный блок.

Применим то же ортогональное преобразование к матрице производных A'_θ :

$$Q^T \begin{bmatrix} (A'_{11})_{s \times s} & (A'_{12})_{s \times l} \\ (A'_{21})_{k \times s} & (A'_{22})_{k \times l} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{s \times s} & N_{s \times l} \\ Y_{k \times s} & V_{k \times l} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где X, N, Y, V – соответствующие матричные блоки.

Тогда при известной матрице производных A'_θ и заданном значении параметра $\theta = \hat{\theta}$, значения производных элементов верхней треугольной матрицы R'_θ можно вычислить по формулам:

$$(R'_{11})_{\hat{\theta}} = (\bar{L}^T + D + \bar{U})R_{11}, \quad (3)$$

$$(R'_{12})_{\hat{\theta}} = (\bar{L}^T - \bar{L})R_{12} + R_{11}^{-T} Y^T R_{22} + N, \quad (4)$$

где $\bar{L}$, D и $\bar{U}$ – соответственно строго нижняя треугольная, диагональная и строго верхняя треугольная части матричного произведения $X \cdot R_{11}^{-1}$.

Строгое математическое доказательство содержится в [4].

Теперь запишем вычислительный алгоритм:

Алгоритм 1 вычисления производных в QR преобразовании:

Вход: Значение параметра $\theta = \hat{\theta}$, матрица $A(\hat{\theta})$ и матрица производных $A'_{\hat{\theta}}$.

Выполнить: ортогональное преобразование $A = QR$.

Найти: произведение $Q^T \cdot A'_\theta$ и представить его в блочном виде (2).

Вычислить: произведение $X \cdot R_{11}^{-1}$ и разбить его на части $\bar{L}$, D и $\bar{U}$.

Найти: матрицы $(R'_{11})_{\hat{\theta}}$ и $(R'_{12})_{\theta=\hat{\theta}}$ по выражениям (3) и (4).

Выход: значения производных матричных блоков R_{11} и R_{12} .

Замечание. В представленном алгоритме не вычисляются значения производных матричного блока R_{22} , поскольку такой случай редко используется для решения практических задач.

2. Численный пример

Проведем вычислительные эксперименты по исследованию точности представленного алгоритма 1 и времени его выполнения. Рассмотрим два типа



тестовых матриц $A(\theta)$ размера $m \times n$ ($m, n = 2, 10, 100, 1000$), заданных своими элементами [5]:

- **Тип 1:** $a_{ij} = \frac{1}{1 + \theta \cdot \left(\frac{(i-1)j}{m}\right)^4}$, где $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$; $\hat{\theta} = 66$.
- **Тип 2:** $a_{ij} = \theta \cdot (RAND - 0.5)$, где $i = 1, \dots, m$, $j = 1, \dots, n$; $\hat{\theta} = 100$,

$RAND$ – случайное число из равномерного распределения.

Погрешность вычислений будем оценивать по формуле:

$$e = \left\| (A^T \cdot A)'_{\hat{\theta}} - (R^T \cdot R)'_{\hat{\theta}} \right\|_{\infty}.$$

Исходный код алгоритма 1 реализован в программной среде MATLAB R2010a. Эксперименты проведены на персональном компьютере с характеристиками: Intel Core 2 Quad Q6600 @ 2.4 GHz, 4 GB RAM, MS Windows 7 Ultimate. Результаты экспериментов представлены в таблицах 1 и 2. Видно, что для вычисления производных в ортогональном преобразовании матрицы размера 1000×1000 потребовалось менее 0.8 сек, при этом погрешность вычислений не превысила $5.2 \cdot 10^{-10}$. Таким образом, полученные результаты подтверждают эффективность построенного алгоритма 1 для использования в задачах реального времени и для систем больших размеров.

Таблица 1. Временные затраты на выполнение алгоритма 1 (сек).

	Тип 1				Тип 2			
(m,n)	2	10	100	1000	2	10	100	1000
2	0.0059	0.4531	0.0002	0.0073	0.0060	0.0065	0.0001	0.0070
10	0.0001	0.0003	0.0066	0.0262	0.0001	0.0001	0.0022	0.0006
100	0.0002	0.0015	0.0142	0.0241	0.0002	0.0028	0.0107	0.0241
1000	0.0256	0.0691	0.4726	0.6051	0.0290	0.0717	0.5069	0.7553

Таблица 2. Погрешность вычислений по алгоритму 1.

	Тип 1				Тип 2			
(m,n)	2	10	100	1000	2	10	100	1000
2	2.8e-19	2.2e-18	2.6e-17	2.7e-16	3.5e-14	4.7e-14	4.3e-13	5.6e-12
10	3.9e-18	7.6e-18	5.9e-17	1.0e-15	8.5e-14	1.6e-13	5.6e-12	5.9e-11
100	6.2e-17	1.2e-16	1.8e-15	2.5e-14	5.8e-13	1.3e-12	1.2e-11	1.6e-10
1000	1.7e-15	2.2e-15	5.7e-15	5.3e-12	9.4e-12	1.4e-11	5.5e-11	5.1e-10

Заключение

В докладе представлен подход к построению новых методов алгоритмического вычисления производных элементов параметризованных матриц в матричных ортогональных преобразованиях. Результаты работы найдут своё применение в теории адаптивной фильтрации, параметрической идентификации



моделей систем, а также в задачах вычислительной математики, математической физики, оптимизации, управления и др.

Литература

1. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления: Пер. с англ. – М.: Мир, 1999.
2. Grewal M.S., Andrews A.P. Kalman Filtering: Theory and Practice Using MATLAB, Second Edition. – John Wiley&Sons, Inc., 2001.
3. Шарый С.П. Курс вычислительных методов. Электронный учебник. – Новосибирск: Новосиб. гос. ун-т., 2014.
4. Kulikova M.V., Tsyganova J.V. Constructing numerically stable Kalman filter-based algorithms for gradient-based adaptive filtering // Int. J. Adapt. Control Signal Process, 2015. (в печати)
5. Семушин И.В. Вычислительные методы алгебры и оценивания: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2011.



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

М.В. Акинин, Н.В. Акинина, А.В. Соколова

ПОНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВА ТЕКСТУРНЫХ ПРИЗНАКОВ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

(Рязанский государственный радиотехнический университет)

На современной стадии развития человечества, предполагающей интенсивное и часто неразумное природопользование с применением разнообразных технологических средств, оказывающих отрицательный экологический эффект на окружающую среду, на первый план выходит задача рационального природопользования, предполагающая повышение эффективности использования природных ресурсов с одновременным снижением пагубного влияния, оказываемого человечеством на окружающую среду. Одной из составляющих решения означенной задачи является мониторинг природных ресурсов посредством анализа данных аэрофотосъемки в видимом спектральном диапазоне, полученных с беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Наконец, одним из способов анализа данных аэрофотосъемки является автоматизированное построение электронных карт посредством которых в дальнейшем решаются прочие прикладные задачи обеспечения рационального природопользования и улучшения экологической обстановки на конкретной местности.

Наиболее простым является выбор в качестве признаков пикселя его яркостей во всех каналах снимка. Таковой подход не может быть использован на практике, поскольку он не учитывает спектральные яркости соседних пикселей и, следовательно, ведет к неправильной классификации пикселей на зашумленных изображениях.

Существенный интерес в контексте решения задачи составления электронных карт по данным аэрофотосъемки представляет описание пикселей снимка посредством описания покрывающих их текстур (текстурные признаки), поскольку таковые признаки учитывают не только спектральные яркости пикселя в каждом из каналов спутникового снимка, но также спектральные яркости пикселей в окрестностях рассматриваемого пикселя и взаимосвязь между данными спектральными яркостями.

Существуют следующие способы описания текстур [1].

1) Описание текстур с помощью признаков, рассчитываемых по гистограмме изображения.

2) Спектральные текстурные признаки.

3) Энергетические признаки Лавса.

К достоинствам данного подхода относятся:



- возможность компактно описывать большинство характерных паттернов структуры текстуры (периодическое повторение элементов текстуры, множество несвязанных мелких элементов, отдельные относительно большие пятна и др.);
- возможность компактно описывать уровень яркости текстуры, масштабированного к одинаковому уровню освещения по всему снимку.

Недостатком такого подхода являются существенные временные затраты на расчет описания текстуры.

4) Текстурные признаки Харалика.

По сравнению с характеристиками Лавса достоинством признаков Харалика является их большая информативность и большая гибкость характера описания, а недостатком — их меньшая компактность, что можно объяснить необходимостью расчета одних и тех же характеристик для нескольких матриц вхождений.

5) Прочие способы.

При использовании текстурных признаков для решения прикладных задач возникает проблема катастрофически больших размерностей векторных пространств, образуемых текстурными характеристиками. Следовательно, необходимо предусмотреть способ понижения размерности анализируемого векторного пространства.

Анализ главных компонент дает удобный механизм упрощения анализируемого векторного пространства с возможной оценкой и регулировкой информационных потерь при понижении размерности.

Анализ главных компонент (principal component analysis, PCA) [2] — один из основных способов уменьшить размерность данных, потеряв наименьшее количество информации. Иногда PCA называют преобразованием Карунена — Лоева или преобразованием Хотеллинга. PCA состоит в линейном ортогональном преобразовании входного вектора X размерности n в выходной вектор Y размерности p (рисунок 1), где $p < n$. При этом компоненты вектора Y являются некоррелированными и общая дисперсия после преобразования остается неизменной.



Рис. 1. Модель PCA сети

Другим способом понижения размерности анализируемого векторного пространства является применение для этих целей автоэнкодера [3].

Автоэнкодер (автоассоциатор) - специальная архитектура искусственных нейронных сетей, позволяющая применять обучение без учителя при использовании метода обратного распространения ошибки. Простейшая архитектура автоэнкодера приведена на рисунке 2 — сеть прямого распространения, без обратных связей, наиболее схожая с перцептроном и содержащая входной слой, промежуточный слой и выходной слой. В отличие от перцептрона, выходной слой автоэнкодера должен содержать столько же нейронов, сколько и входной слой.

Основной принцип работы и обучения сети автоэнкодера — получить на выходном слое отклик, наиболее близкий к входному. Чтобы решение не оказалось тривиальным, на промежуточный слой автоэнкодера накладываются ограничения: промежуточный слой должен быть или меньшей размерности, чем входной и выходной слои, или искусственно ограничивается количество одновременно активных нейронов промежуточного слоя — разреженная активация. Эти ограничения заставляют нейронную сеть искать обобщения и корреляцию в поступающих на вход данных, выполнять их сжатие. Таким образом, нейронная сеть автоматически обучается выделять из входных данных общие признаки, которые кодируются в значениях весов сети. Так, при обучении сети на наборе различных входных изображений, нейронная сеть может самостоятельно обучиться распознавать линии и полосы под различными углами.

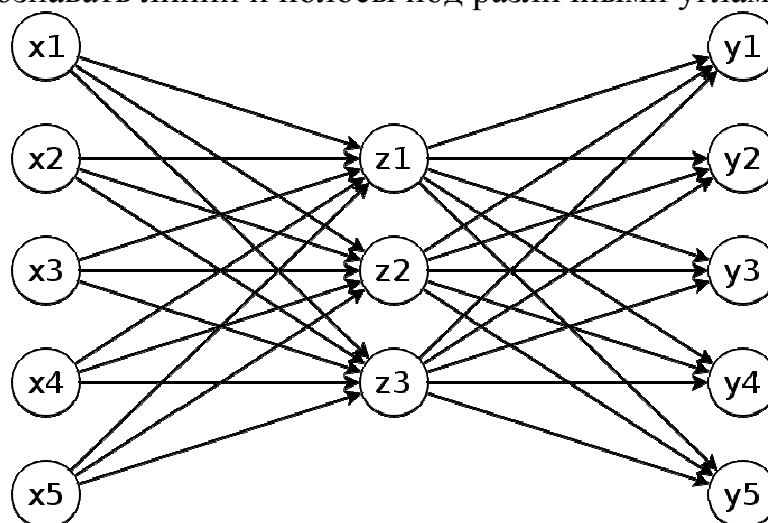


Рис. 2. Архитектура автоэнкодера

Применительно к решаемой задаче автоэнкодер используется в качестве средства понижения размерности векторных пространств, образуемых текстурными характеристиками, так как его архитектура подразумевает, что информация на входе и выходе сети будет идентична с точностью до допустимой ошибки. Таким образом, обученный автоэнкодер возможно разделить на две нейронных сети, первая из которых осуществляет понижение размерности вектора текстурных характеристик, а вторая применяется при необходимости уже после обработки данных для восстановления исходной размерности.



Такой подход позволяет уменьшить временные затраты на обработку изображений, сократить объемы используемой памяти, сохраняя при этом высокую точность результатов и высокую производительность.

Литература

1. Акинин М.В., Логинов А.А., Никифоров М.Б.. Способы описания текстов в задачах построения топографических карт. // Материалы XI Международной научно-технической конференции «АВИА — 2013» (том 4). Украина, Киев: НАУ 2013.
2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.
3. Хайкин С. Нейронные сети: Полный курс, 2-е изд., испр.: Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс» - 2006.

М.А. Беляев, О.Н. Ярыгин

ПРЕОДОЛЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВЫХОДА ЗА ПРЕДЕЛЫ ШКАЛЫ ПРЕДПОЧТЕНИЙ В МЕТОДЕ ПАРНЫХ СРАВНЕНИЙ

(Тольяттинский государственный университет)

В ситуациях многокритериального принятия решения в экономических и социальных системах возникают задачи связанные с выбором лучших из альтернативных вариантов, распределением ресурсов между альтернативными производителями и т.п. Метод анализа иерархий (МАИ) позволяет сравнивать альтернативы пропорционально их приоритетам. Сравнения могут производиться на основе реальных измерений или с помощью *фундаментальной шкалы*, которая отражает относительную силу предпочтений экспертов. МАИ допускает использование оценок отклоняющихся от полной согласованности, то есть в некоторой степени противоречащих друг другу. Поэтому предусматривается измерение рассогласованности сравнений.

В работе Т.Саати [1] так описывается согласованность парных сравнений: «В общем случае, под согласованностью подразумевается то, что при наличии основного массива необработанных данных все другие данные логически могут быть получены из них» [1, с.23]. Однако такое правило противоречит организации шкалы предпочтений, используемой в методе анализа иерархий, что в свою очередь ограничивает возможности применения метода в некоторых технических и экономических задачах [2].

Для попарного сравнения факторов автором метода Т.Саати предложена специальная оценочная шкала, от 1 до 9, состоящая из пяти основных и четырех промежуточных суждений.

Для дальнейшего рассмотрения введем обозначения. Пусть значение степени предпочтения альтернативы *a* над альтернативой *b* равно *p*, $a \overset{p}{\succ} b$, значе-



ние степени предпочтения альтернативы b над альтернативой c равно q , $b \succ^q c$, а значение степени предпочтения альтернативы a над альтернативой c равно r , $a \succ^r c$. В самом общем виде условие того, что предпочтения являются согласованными, задается некоторой функцией, позволяющей вычислить степень предпочтения r , в зависимости от степеней предпочтения p и q :

$$r = f(p, q).$$

Как показано выше, Т. Саати в методе анализа иерархий [1] использует $f(p, q) = p * q$. При этом значения p, q изменяются в пределах основной шкалы от 1 до 9. Однако при этом возникает ситуация, когда значение степени предпочтения r выходит за пределы исходной шкалы, и не может быть интерпретировано. Например, при значении степени предпочтения альтернативы a альтернативе b равном 9, $a \succ^9 b$, и значении степени предпочтения альтернативы b альтернативе c равном 8, $b \succ^8 c$, значение согласованной степени предпочтения альтернативы a альтернативе c должно равняться 72, $a \succ^{72} c$, которое придется интерпретировать как «абсолютное предпочтение», $a \succ^9 c$, что хотя и соответствует интуитивно «абсолютным предпочтениям» альтернативы a альтернативе b и альтернативы b альтернативе c , но не вписывается в заданную изначально шкалу степеней предпочтений от 1 до 9.

Авторами статьи предлагается «вероятностная шкала» сравнения альтернатив, которая позволяет преодолеть проблему выхода за пределы фундаментальной шкалы. При использовании «вероятностной шкалы» степень предпочтения интерпретируется как субъективная вероятность предпочтения экспертом одной альтернативы другой. Вопрос, задаваемый эксперту для определения степени предпочтения, формулируется следующим образом: «Какова вероятность того, что альтернатива a предпочтительнее альтернативы b ?» При такой интерпретации степени предпочтения, заданные по используемой экспертами фундаментальной шкале Саати, могут быть сопоставлены со значениями вероятностей в интервале $[0, 1]$. Возникает задача задания функции f для определения согласованной степени предпочтения $a \succ^r c$, при заданных степенях предпочтения $b \succ^q c$ и $a \succ^p b$.

Решение задачи с помощью представления геометрической вероятности представляет весьма громоздкую задачу. Поэтому для того чтобы рассчитать значения согласованных степеней при вероятностной функции согласования была построена имитационная модель, на языке программирования Java, короткая реализует метод Монте-Карло и проводит 60000 статистических испытаний для определения вероятности третьего предпочтения. При построении имитационной модели учитывалось, что интервалы для случайных равномерно рас-



предельных величин a , b и c должны задаваться так, чтобы обеспечить соответствующие вероятности $p = P(a > b)$ и $q = P(b > c)$. Интервалы, вычисленные на основании геометрических вероятностей [3], представлены в табл. 1. На основании множественного испытания оценивается вероятность наступления события $\{a > c\}$. Частота событий в 60000 испытаний и принимается за приближительное значение вероятности $P(a > c)$.

Таблица 1. Интервалы выбора случайных величин

Заданные p и q	$p > 0.5$	$p < 0.5$
$q > 0.5$	$a \in [0, 0.5/(1-p)]$	$a \in [0, 2p]$
	$b \in [0, 1]$	$b \in [0, 1]$
	$c \in [0, 2(1-q)]$	$c \in [0, 2(1-q)]$
$q < 0.5$	$a \in [0, 0.5/(1-p)]$	$a \in [0, 2p]$
	$b \in [0, 1]$	$b \in [0, 1]$
	$c \in [0, 1/(2q)]$	$c \in [0, 1/(2q)]$

После получения согласованных уровней предпочтений возникает проблема согласованности экспертных оценок, так как алгоритм оценки согласованности матрицы парных сравнений, предлагаемый Т. Саати, построен для мультипликативной функции f и не подходит для вероятностной шкалы.

Поэтому требуется новая мера рассогласованности матрицы парных сравнений, в качестве которой предлагается использовать квадратичную меру различия матриц $\|A - B\| = \sqrt{\sum_{i,j} (a_{ij} - b_{ij})^2}$, вычисленную для исходной матрицы парных

сравнений A и полностью согласованной матрицы B , полученной по $(n-1)$ элементам матрицы A . Тогда индекс рассогласованности C_I будет определяться формулой:

$$C_I = \|AP - AP^*\|,$$

где AP – матрица парных сравнений полученная по вероятностной шкале, AP^* – полностью согласованная матрица, полученная по матрице AP , редуцированной до 1-й строки.

Далее, многократно задавая «случайную матрицу» AP заданного порядка n , с элементами из интервала $(0,1)$ и удовлетворяющими аддитивной антисимметрии ($ap_{ij} = 1 - ap_{ji}$), редуцируя её до 1-й строки, вычисляя полностью согласованную матрицу AP^* , а затем - индекс рассогласованности C_I , можно получить достаточно большую выборку дающую «устойчивое» среднее значение индекса рассогласования при большом количестве испытаний. Такое среднее значение и будет «стохастическим индексом рассогласованности», аналогичным индексу R_I в алгоритме Т. Саати. Относительный индекс рассогласованности $C_R = C_I / R_I$.

После разработки алгоритма оценки согласованности «вероятностной» матрицы парных сравнений, было реализовано приложение для сравнения поведения графиков разработанного метода и метода Т. Саати. (рис. 1).

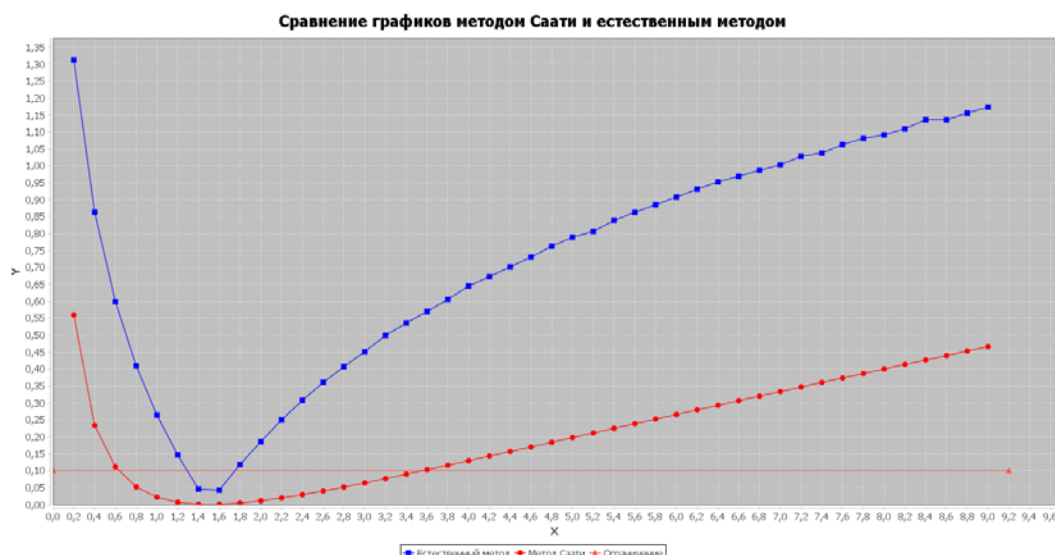


Рис. 1. Сравнение графиков метода Т.Саати и естественного метода ($n=3$)

Сопоставление графиков изменения C_R показывает сходное поведение функции относительного рассогласования при вычислении отклонения от согласованной матрицы по метрике, используемой Т. Саати (через максимальное собственное число матрицы) и по естественной (евклидовой) метрике. При $n=3$, случайным образом выбирается только один элемент матрицы A_P , который и отражается на оси абсцисс. При заданных значениях элементов первой строки матрицы парных сравнений, полностью согласованным значением для ar_{23} является число 1,5. Синий график «логарифмически симметричен» относительно согласованного значения 1,5 (слева от 1,5 степень рассогласования становится отрицательной, если отразить значения относительно оси ОХ), а красный график станет симметричным относительно значения 1,5, если левую часть растянуть в 9 раз.

Это позволяет сделать вывод, что можно использовать и естественную шкалу для оценки рассогласованности матриц парных сравнений. Для этого остается лишь определить интервал допустимых отклонений C_I от 0 (полная согласованность).

В алгоритме Т. Саати задана допустимая граница для индекса рассогласованности $C_I < 0.1$, Такому ограничению удовлетворяют значения a_{23} от 0,64 до 3,56 (по фундаментальной шкале). Как видно из графика на рис. 1, в случае использования «вероятностной шкалы», допустимой границей становится $C_I < 0,55$.

Таким образом, предложенные и программно реализованные алгоритмы, позволяют модифицировать метод парных сравнений для «вероятностной шкалы» и преодолеть указанное выше противоречие, связанное с выходом за пределы фундаментальной шкалы.

Литература

1. Саати Т. Принятие решений: метод анализа иерархий. – М. : Радио и связь, 1993. – 320 с.



2. Палферова С.Ш., Иванов О.И., Бабенко Н.Г., Кузнецова О.А. Математическая модель ценового согласования при распределении вычислительных ресурсов./Вестник Казанского технологического университета. 2008. № 4. С. 182-187.

3. Ярыгин О.Н., Беляев М.А. Уточнение вида функции предпочтения альтернатив в методе анализа иерархий./ Карельский научный журнал. 2013. № 4. С. 49-52.

И.И. Бикмуллина

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СИНТЕЗА ДИАГРАММ КЛАССОВ UML НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

(Казанский национальный исследовательский технический университет
имени А.Н. Туполева)

В исследовании предлагается искусственно интеллектуальный [1] подход к разработке UML[2] модели на примере построения диаграмм классов. Основное внимание уделено структурному синтезу информационных систем.

Основная цель исследования - повышение качества проектной проработки информационных систем за счет автоматизации синтеза диаграммы классов UML. Конечная цель автоматизации синтеза диаграммы классов заключается в передаче функций разработки автоматизированных систем специалисту-предметнику, потому что только он может вложить в автоматизированную систему все богатство используемых методических приемов.

Предмет исследования: автоматизация структурного синтеза объектов с неиерархическими связями на основе семантических моделей предметной области.

Задачи исследования:

1. Анализ существующих методов синтеза структурной модели информационных систем.
2. Разработка методики семантического моделирования структурных отношений предметной области.
3. Разработка методики синтеза структурной модели информационной системы с неиерархическими связями.
4. Разработка архитектуры автоматизированной системы структурного синтеза и алгоритмов решения задач.
5. Экспериментальное исследование разработанных методик и алгоритмов.

Разработка самой интеллектуальной информационной системы синтеза диаграммы классов UML декомпозируется на два уровня: абстрактный и конкретный. Это связано с тем, что рассматривая такие категории как понятие предметной области (концептуальная модель) и программная модель постоянно сталкиваемся с двумя уровнями рассмотрения: абстрактным и конкретным.

Абстрактный уровень характерен для описания понятий предметной об-



ласти и представляется структурными категориями:

- системами понятий,
- именами основных понятий предметной области,
- рекомендациями(ограничениями) по выбору значений атрибутов,
- именами и типами операций, с помощью которых можно производить вычисления,
- семантическими категориями: смысл того или иного понятия, операции,
- правила определения присутствия того или иного свойства,
- правила (система аксиом) образования классов,
- правила (система аксиом) образования отношений между классами.

В абстрактном типе предметной области собраны вместе формальные структурные и общие семантические признаки понятия предметной области:

а) сигнатура понятия предметной области представляет собой пару $\Sigma=(S, \Omega)$, где S - множество обозначений для всех базовых множеств данных, а Ω - множество идентификаторов для всех базовых операций над понятиями;

б) совокупность E утверждений (требований, условий, ограничений и т.п.), которые имеют место для элементов понятия предметной области.

Конкретный уровень в исследовании представляет собой структурную модель программы, заданную виде диаграммы классов UML. Где в описании структурной модели программы определены состав, атрибуты со своими значениями, свойства, понятия предметной области, выполнены все необходимые семантические проверки, определены и расставлены виды отношений между классами, определены ассоциативные отношения.

Так на рисунке 1 абстрактным уровнем будут данные подаваемые на вход синтеза моделей UML, а в конкретный уровень попадут сами синтезированные модели UML.

Таким образом, в исследовании представляют интерес две канонические задачи построения процедур взаимодействия абстрактного и конкретного уровней.

Первая задача состоит в том, что строится структурная модель программы (конкретный уровень), которая предъявляется вычислительной процедуре с целью проверки, соответствует ли она свойствам сформулированной в системе понятий модели предметной области (абстрактный уровень). Нетрудно убедиться, что это задача анализа соответствия объекта описанию предметной области.

Содержанием второй задачи является: с помощью вычислительной процедуры и сформулированных в системе понятий структурной модели предметной области (абстрактный уровень) правил построить структурную модель программы (конкретный уровень). Это задача синтеза структурной модели программы. При этом если мы хотим формально определить структурную модель программы с помощью добротной системы понятий и обозначений, то определение ее структуры нужно подчинить определению семантики: структура модели программы должна быть верна смыслу (в нашем случае смысл выражается с



помощью описания свойств).

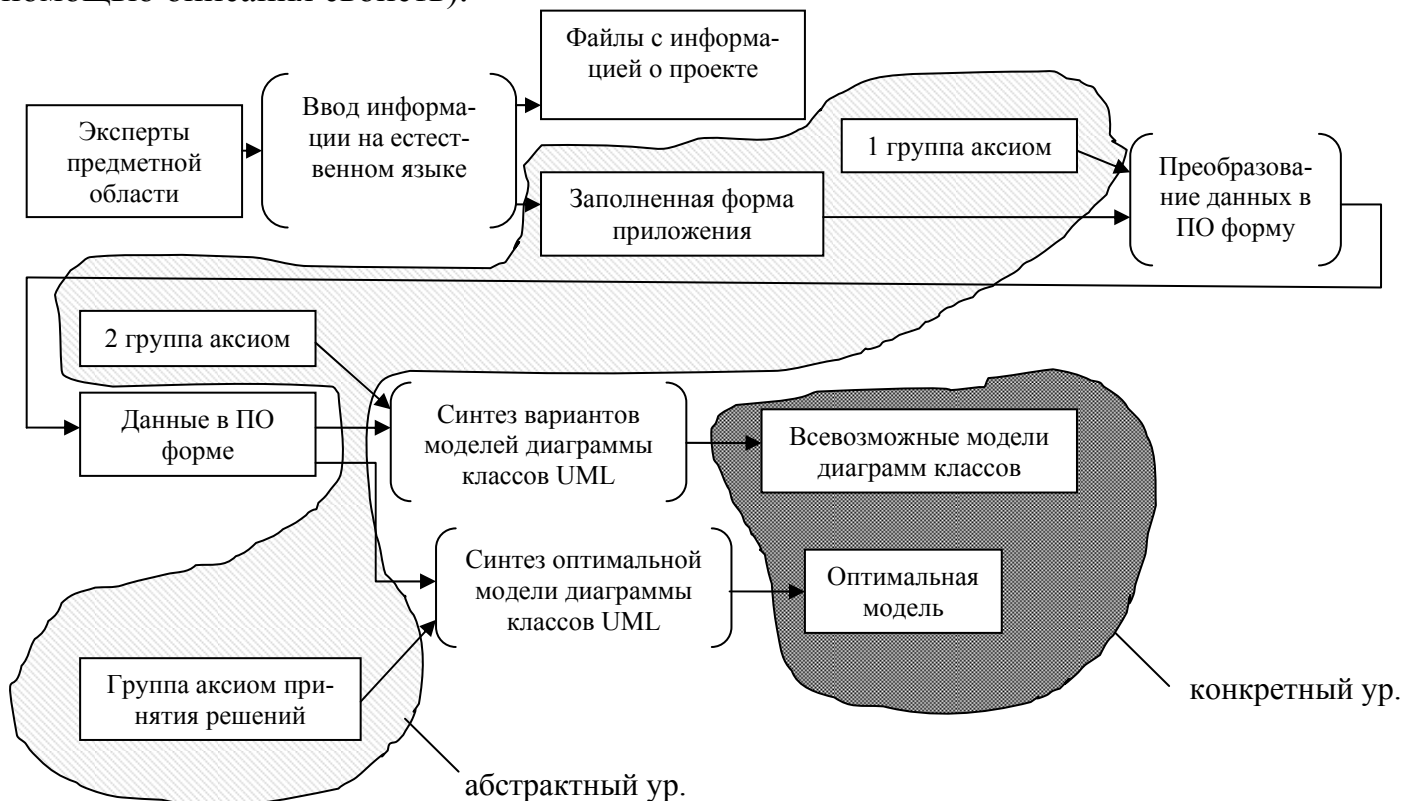


Рис. 1. Процесс синтеза моделей UML

Для построения интеллектуальных систем мы должны зафиксировать содержание понятия в виде описания его свойств, а выделение объема понятия будет осуществляться процедурно путем вычисления свойств рассматриваемых объектов. Для примера спецификации предметной области и задачи проектирования рассмотрим класс прикладных задач «Статистические характеристики», в котором используются понятия: «массив экспериментальных данных», «среднее значение», «среднее отклонение». Необходимо получить модель диаграммы классов и решить прикладную задачу:

Понятие *прикладная_задача*

```
{
  Атрибуты
    С : среднее
    Д : дисперсия
  Функции Вывести_результат(С, Д)
    Значение -
  Свойство Вывести_результат > 0
}
```

При этом входные данные вводимые экспертом формируются в семантическое описание задачи, а для этого на данном этапе закладываются в семантический язык статистические характеристики:

(1) Спецификация свойств и особенностей класса, в нашем случае, прогноз банков состоит из разделов. Так спецификация «массив экспериментальных данных» содержит раздел: «исходные данные». А раздел «основные стати-



стические характеристики» содержит такие спецификации, как «дисперсия» и «значение среднего».

(2) Спецификация профессионального раздела представляет собой систему описаний понятий исследования. Определение отдельного понятия имеет структуру: Понятие <название> <тело понятия> Конец <название>.

(3) Описание тела понятия является основой для автоматизированной обработки и может содержать следующие разделы: «Параметры», «Состав», «Атрибуты», «Внешние», «Свойства».

(4) Раздел описания «Атрибуты» определяет атрибутивные свойства понятия и представляет собой бинарное отношение «денотат характеризуется ...» между определяемым понятием и элементами раздела. Описание и использование раздела «Атрибуты» строится по тем же правилам, что и описание раздела «Состав».

В результате семантическое описание задачи выглядит следующим образом:

...Понятие среднее_значение

Атрибуты

Данные : {массив_экспериментальных_дан-ных}.

Значение : {вещественное}.

Функции Получить_значение(Данные : {вектор из вещественное}): вещественное.

Значение Сумма_вектора(Данные) / Размер из Данные.

Конец среднее_значение...

Таким образом, если мы хотим формально определить структурную модель программы с помощью добротной системы понятий и обозначений, то определение ее структуры нужно подчинить определению семантики: структура модели программы должна быть верна смыслу (в нашем случае смысл выражается с помощью описания свойств). Предлагается рассматривать структурную семантическую модель предметной области как логическую модель описания наследственно конечной иерархической структурной надстройки над моделью последовательности простых данных, характеризующей последовательность базовых данных вычислителя.

Заключение

Итак, определены абстрактный и конкретный уровни процесса синтеза диаграмм классов UML.

Формируется семантическое описание, как задачи, так и постановки того, что необходимо найти.

На основе семантических моделей разрабатывается задача синтеза структурной модели информационной технологии: синтез диаграммы классов языка UML. Разрабатывается формальная система порождения структурных решений, которая позволяет описать пошаговый процесс построения структурных решений по предварительно заданной системе понятий.



Литература

1. Романов, В.П. Интеллектуальные информационные системы в экономике: учеб. пособие / В.П. Романов; под ред. д.э.н., проф. Н.П. Тихомирова. — М.: Экзамен, 2003. — 496 с.
2. Рамбо, Дж. UML/ Дж. Рамбо, А. Якобсон, Г. Буч: специальный справочник— СПб.: Питер, 2002. - 656 с.

М.В. Бураков

КОНСТРУИРОВАНИЕ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА ПИД-ТИПА

(Санкт-Петербургский государственный
университет аэрокосмического приборостроения)

Понятие «интеллектуальные регуляторы» обычно ассоциируется с нечеткими или нейронными регуляторами. Нечеткие логические регуляторы (НЛР) используют для реализации закона управления правила, связывающие нечеткое описание ситуации и сигнал управления ([1, 2] и другие). НЛР могут использоваться для организации контура адаптации в системе, управляя параметрами регулятора нижнего уровня [3, 4], но обычно они включаются последовательно с объектом управления, являясь нелинейным корректирующим звеном. Основная проблема использования НЛР заключается в отсутствии простых методик их настройки. В данной работе предлагается универсальный алгоритм для решения этой проблемы.

В промышленности нечеткие регуляторы пока не могут конкурировать с традиционными ПИД-регуляторами, причиной популярности которых является простота построения и использования, пригодность для решения большинства практических задач и низкая стоимость [5, 6].

Однако существующие методы расчета параметров ПИД-регуляторов ориентированы на линейные системы, поскольку сам регулятор является здесь линейным динамическим звеном. Стремление к улучшению качества работы ПИД-регуляторов привело к появлению НЛР «ПИД-типа» ([7, 8] и другие). Это название подчеркивает, что регулятор получает такие же входные сигналы, что и обычный ПИД-регулятор, но реализует более сложный нелинейный алгоритм управления.

Для обоснования алгоритма конструирования НЛР ПИД-типа рассмотрим закон управления, реализуемый линейным ПИД-регулятором:

$$u(t) = k_p e(t) + k_i \int_0^t e(\tau) d\tau + k_d \frac{de(t)}{dt}, \quad (1)$$

где $e(t)$ – ошибка управления, k_p , k_i , k_d – коэффициенты, выбираемые в процессе проектирования.



Формула (1) содержит три слагаемых, поэтому НЛР должен иметь три входа. Если, например, для каждого входа выбрать лингвистические переменные с семью термами, то количество потенциальных нечетких правил с тремя посылками оказывается равно 343. Настройка такой сложной конструкции вызывает большие проблемы. Задачу синтеза НЛР ПИД-типа можно значительно упростить, если реализовать регулятор как сумму выходных сигналов трех независимых НЛР: П-типа, Д-типа и И-типа (рис. 1, где N_p , N_d , N_i – блоки нормализации, DN_p , DN_d , DN_i – блоки денормализации). Блоки нормализации служат для приведения входного сигнала к диапазону $[-1, 1]$.

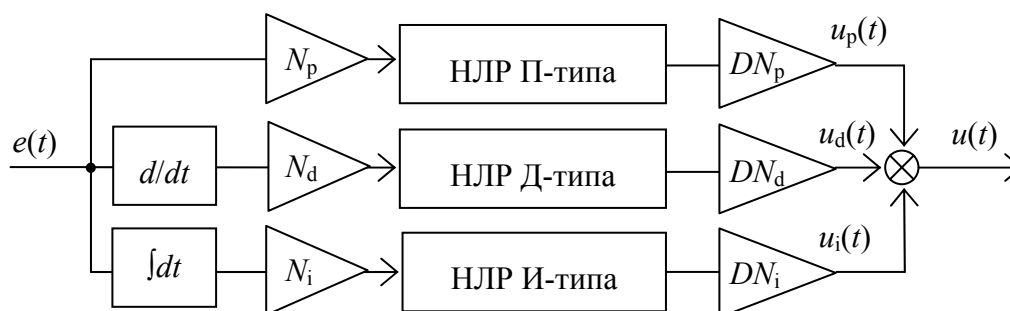


Рис. 1. Вариант структуры НЛР ПИД

Для структуры рис. 1 при использовании 7 термов для каждой переменной отдельный регулятор использует только 7 правил, заключения которых требуется оптимизировать.

Представление НЛР ПИД-типа структурой рис. 1 позволяет наглядно описать закон управления каждого из трех компонентов в виде некоторой нелинейной функциональной зависимости, вид которой требуется определить в процессе конструирования регулятора.

Алгоритм конструирования НЛР ПИД-типа может быть описан как последовательность следующих шагов:

1. Синтезируется линейный ПИД-регулятор, параметры которого k_P , k_i , k_d , будут играть роль коэффициентов денормализации в структуре рис. 1.
2. Настраиваются нелинейные функциональные зависимости, описывающие нечеткий закон управления по каждой из трех входных переменных.

Таким образом, на первом шаге получают базовые коэффициенты усиления, а на втором шаге – дополнительные коэффициенты усиления, нелинейно зависящие от входного сигнала.

Рассмотрим простой пример использования этого алгоритма. Пусть объект управления представляет собой передаточную функцию с нелинейностью типа «ограничение» (рис. 2).

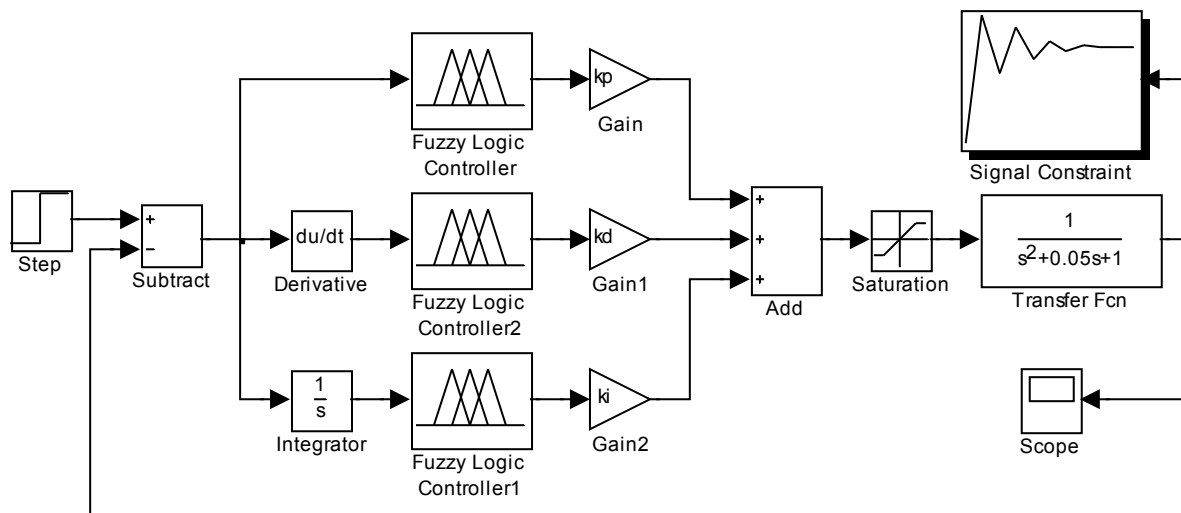


Рис. 2. Схема моделирования в *MatLab Simulink*

На первом этапе все три НЛР (*fuzzy logic controller*) настраиваются как линейные динамические звенья с единичным коэффициентом усиления, т. е. просто пропускают входной сигнал. С помощью блока оптимизации *Signal Constraint* определяются коэффициенты k_p , k_i , k_d . Затем эти коэффициенты полагаются постоянными, и на втором этапе настраиваются параметры НЛР. При семи правилах управления каждый НЛР требует настройки 4-х параметров [2]. Эффективным инструментом решения этой задачи является генетический алгоритм.

Как показывает рис. 3, нелинейный закон управления НЛР ПИД-типа позволяет значительно уменьшить перерегулирование и время переходного процесса.

Таким образом, замена линейного ПИД-регулятора на НЛР ПИД-типа позволяет получить реальные преимущества при управлении динамическими объектами. Описанный двухшаговый алгоритм проектирования НЛР ПИД-типа отличается простотой и может быть использован, если имеется описание объекта управления в виде модели Гаммерштейна – с выделенной линейной динамической и нелинейной статической частью. Подобные модели часто используются при описании систем электропривода. Аппаратная реализация НЛР на базе современной микропроцессорной техники не вызывает принципиальных трудностей.

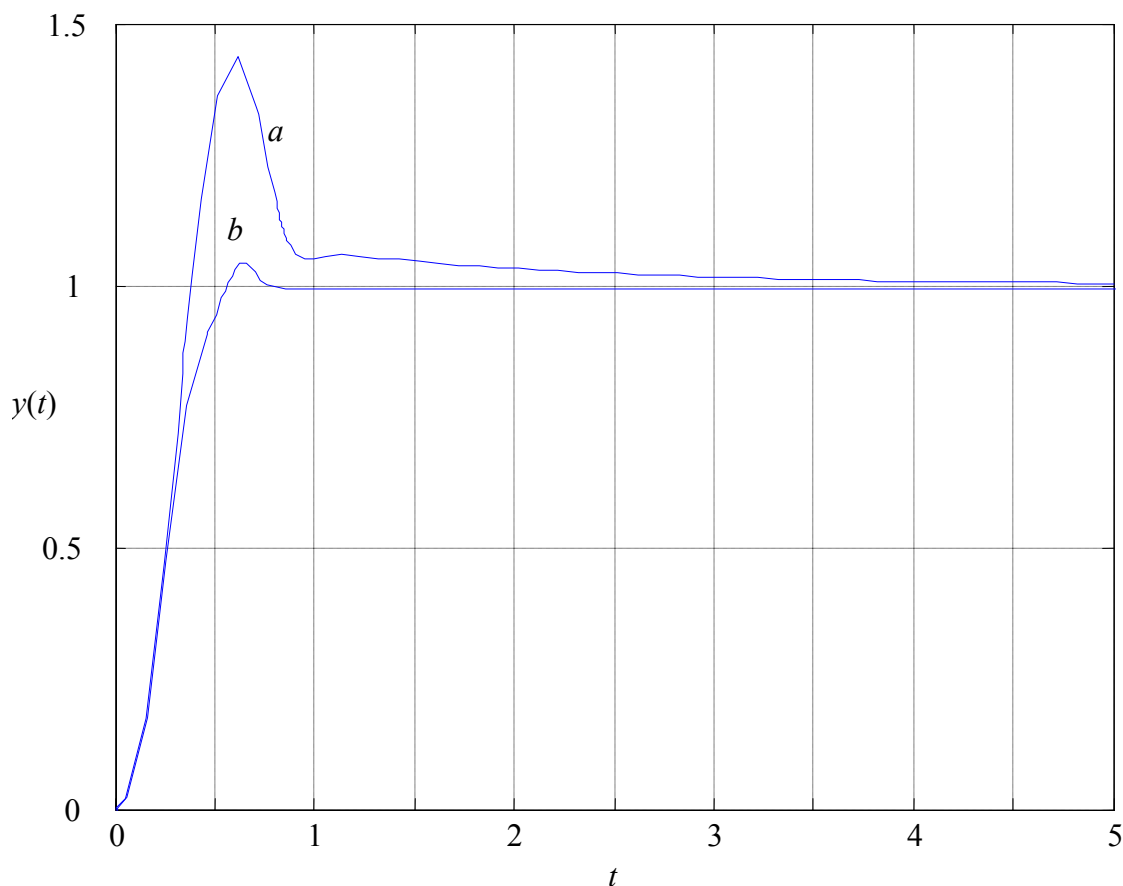


Рис. 3. Переходные процессы в системе под управлением
ПИД-регулятора (*a*) и НЛР ПИД-типа (*b*).

Литература

1. Passino, K. M. Fuzzy control / Passino K. M., Yurkovich S. :Addison Wesley Longman, Inc. 1998. 500 p.
2. Бураков, М. В. Нечеткие регуляторы: учеб. пособие / М. В. Бураков; ГУАП. СПб., 2010 г. 237с.
3. Ketata, R. Fuzzy Controller: Design, Evaluation, Parallel and Hierarchical Combination with a PID Controller / R. Ketata et al // Fuzzy Sets and Systems, Vol. 71, pp. 113 - 129. 1995.
4. Бураков М.В., Манов С.А. Нечеткое супервизорное управление электромотором // Сб. докл. «Завалишинские чтения'10», ГУАП. 2010г. С.60-66.
5. Олссон Г., Пьяни Дж. Цифровые системы автоматизации и управления. СПб, 2001. 577 с.
6. Astrom, K. J. Advanced PID control / Astrom, K.J., Hagglund T.: ISA (The Instrumentation, System, and Automation Society), 2006. 460 p.
7. Zhao G., Shen Y., Wang Y. Fuzzy PID position control approach in computer numerical control machine tool // Journal of computers, vol.8, №3. 2013. pp. 622 – 629.
8. Hu B. G., Mann G. K., Gosine R. G. A Systematic Study of Fuzzy PID Controllers—Function-Based Evaluation Approach // IEEE Transactions on fuzzy systems, vol. 9, № 5, 2001. 699 – 712.



А.С. Гришин

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЁРА МЕТОДОМ ОКРЕСТНОСТЕЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Задача коммивояжера заключается в поиске самого выгодного маршрута, проходящего через указанные города хотя бы по одному разу и возвращению в исходный город. В условиях задачи указываются критерий выгодности маршрута (кратчайший, самый дешёвый, совокупный критерий и тому подобное) и соответствующие матрицы расстояний, стоимости и тому подобного.

Ранним вариантом задачи может рассматриваться «Икосаэдрическая игра» Уильяма Гамильтона 19 века, которая заключалась в том, чтобы найти маршруты на графе с 20 узлами. Первые упоминания в качестве математической задачи на оптимизацию принадлежат Карлу Менгеру, который сформулировал её на математическом коллоквиуме в 1930 году: «Мы называем проблемой посыльного задачу найти кратчайший путь между конечным множеством мест, расстояние между которыми известно.»

В данной работе мы рассматриваем решение задачи коммивояжера. Нами были проведены различные тесты на специально написанном симуляторе, по результатам которого мы и вычислили оптимальный маршрут.

Несмотря на простоту определения и сравнительно простое нахождение хороших решений данная задача отличается тем, что нахождение действительно оптимального пути достаточно сложно. Учитывая эти свойства, начиная со второй половины 20-го века, исследование задачи коммивояжера имеет больше теоретический смысл в качестве модели для разработки новых алгоритмов оптимизации.

Легко провести параллель между задачей коммивояжера и задачей маршрутизации в самоорганизующихся сенсорных сетях.

Задача коммивояжера относится к числу трансвычислительных: уже при относительно небольшом числе узлов (66 и более) она не может быть решена методом перебора вариантов никакими теоретически мыслимыми компьютерами за время, меньшее нескольких миллиардов лет.

Допустим, мы имеем сеть из M узлов (населенных пунктов), радиус связи (суточный переход) ограничен физическими возможностями, также нам всегда известны ближайшие соседи. Требуется найти кратчайший маршрут (минимальное число переходов) между двумя произвольно выбранными точками A и B , при условии, что множество односвязное.

Существуют различные способы решения этой проблемы:

- Полный перебор всех возможных маршрутов между начальной и конечной точками
- Алгоритм поиска в ширину



- Алгоритм A*(алгоритм, первого лучшего совпадения на графе)
- Двухнаправленный алгоритм поиска
- Метод окрестностей
- Прочие методы

Для сравнения трех протоколов маршрутизации мы использовали специальный симулятор. При помощи этого симулятора задавались произвольные конфигурации сенсоров и пустот. По результатам теста было видно преимущество метода окрестностей при маршрутизации в сенсорных сетях.

Метод заключается в том, что на основании простейшей информации в виде списка узлов и их ближайших соседей можно будет вычислять кратчайший маршрут.

Под N окрестностью узла мы будем понимать множество всех соседей – сенсоров расположенных на расстоянии N переходов. Так, ближайшие соседи организуют окрестность 1-го уровня, а соседи, расположенные на расстоянии 5 переходов, организуют окрестность 5-го уровня.

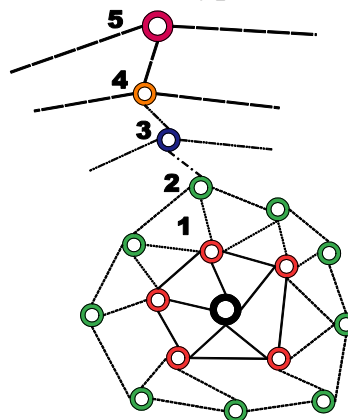


Рис. 1. Схема окрестностей различных уровней

Исходными данными для маршрутизации является список всех возможных узлов сети с указанием ближайших соседей. Эти данные легко собираются при широковебчатых запросах, получение их не требует дополнительного специального оборудования, что значительно упрощает устройство сенсоров.

Обозначим исходный узел за X , а узел назначения за Y . Для X построим множество непересекающихся окрестностей. В окрестность первого уровня $X_1^{l_1}$ войдут ближайшие соседи. В окрестность второго и последующего уровней $X_n^{l_n}$ войдут соседи узлов предыдущего уровня, за исключением тех, что встречались ранее.

На N -ом шаге в соответствующую окрестность $X_N^{l_N}$ попадет конечный узел Y , первый этап завершён. Итогом стало нахождение множества узлов, составляющих N окрестностей и число переходов от X к Y .

На втором этапе необходимо пройти процесс поиска окрестностей в обратном порядке, так как необходимо определиться с маршрутом, как списком промежуточных узлов, через которые будут передаваться данные.



Для узла Y построим пересечение его первой окрестности Y_1^i с $N-1$ окрестностью $X_{N-1}^{i_{N-1}}$. В это множество входит, как минимум, один узел. Обозначим

этот узел как $Y_1^X = Y_1^i \cap X_{N-1}^{i_{N-1}}$, для этого узла(ов) опять строим пересечение его первой окрестности с предыдущей окрестностью $X_{N-2}^{i_{N-2}}$ точки X . Прodelывая эту итерацию N раз, получим полный набор кратчайших маршрутов от X к Y с числом переходов N . Остается сравнить эти маршруты по эффективности доставки, сопоставляя соответствующие метрические функции динамической маршрутизации.

Для связанной конфигурации сенсоров, когда между любыми двумя узлами можно построить маршрут их соединяющий, метод окрестностей всегда позволит найти решение. Методом от противного легко показать, что маршрут, полученный при помощи метода окрестностей, является кратчайшим из всего набора возможных маршрутов.

Литература

1. Bose, P., Morin, P., Stojmenović, I., & Urrutia, J. (2001). Routing with guaranteed delivery in ad hoc wireless networks. *Wireless networks*, 7(6), 609-616.
2.] A.M. Sukhov, D.Yu. Chemodanov, The Neighborhoods Method and Routing in Sensor Networks, ICWiSe2013, Malaysia, Saravak, December 2013, pp. 7-12
3. Chen, Dazhi, and Pramod K. Varshney. "A survey of void handling techniques for geographic routing in wireless networks." *Communications Surveys & Tutorials*, IEEE 9.1 (2007): 50-67
4. Y. I., Park, C. S., Song, I. C., & Kim, M. H. (2009). An efficient void resolution method for geographic routing in wireless sensor networks. *Journal of Systems and Software*, 82(6), 963-973.
5. Newsome J. and Song D., Gem: Graph embedding for routing and data-centric storage in sensor networks without geographic information. In *SenSys'03*. ACM, 2003

Г.А. Иванова, А.В. Воробьев, Г.Р. Шакирова

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Погрешность чувствительных датчиков большинства современных магнитометрических систем во многом обусловлена наличием геомагнитных вариаций (ГМВ) различной природы происхождения. В настоящее время задача исследования и анализа параметров ГМВ, как правило, решается посредством



сети магнитных обсерваторий, расположенных преимущественно на территории европейской части континента [1].

В ряде известных работ отечественных и зарубежных ученых (Афанасьев Ю. В., Котенко Г. И., Миловзоров Г. В., Ломаев Г. В., Ковшов Г. Н., Кириаков В. Х., Любимов В. В., Ripka P., Smith C., Schneider R., Wang D., Tipek A. и др.) дается весьма широкое представление о существующих подходах к оценке параметров слабых магнитных полей, построению на их основе магнитометрических информационно-измерительных систем и способах выявления их метрологических характеристик [1].

Однако, в перечисленных работах отсутствует унифицированный подход к построению аппаратно-программных комплексов и средств, обеспечивающих регистрацию, мониторинг, анализ геомагнитного поля (ГМП) и его вариаций, а также поддержку принятия решений в условиях неопределенности.

В настоящей работе предлагается геоинформационная система (ГИС), обеспечивающая решение задачи поддержки принятия решений при планировании и проведении инклинометрических исследований на основе технологии геобраузеров.

Традиционно инклинометрические измерения проводят с целью решения задачи подземной ориентации и навигации. При выборе инклинометрических систем предпочтение, как правило, отдается магнитометрическим инклинометрам, обладающим достаточной точностью, приемлемой ценой и возможностью совмещения с процессом бурения. Наиболее широкое распространение в нашей стране и за рубежом получили магнитометрические инклинометры с неподвижно закрепленными на шасси тремя магнитометрами и тремя акселерометрами [2].

Большинство качественных показателей работы инклинометрических систем определяется допустимыми значениями погрешностей измерений азимута и зенитного угла. В свою очередь, задача минимизации и обеспечения приемлемых значений погрешностей измерений стоит особенно остро, что усугубляется малоэффективностью информационных систем специального назначения, обеспечивающих автоматизированный расчет и анализ параметров окружающей среды, а также оценку возможности применения измерительной техники в соответствующих условиях.

Разработанная авторами ГИС специального назначения построена на базе веб-технологий и обеспечивает широкий функционал в области расчета параметров геомагнитного поля, его вариаций и аномалий, а также визуализации их распределения в земном и околоземном пространстве.

Оценка текущего значения ГМВ реализуется посредством процедуры сравнения. Для этого текущие параметры ГМП сравниваются с эталонными значениями, например, с расчетными значениями вектора ГМП внутриземных источников в заданных пространственно-временных координатах [3]. Проведенный анализ позволяет судить о степени отклонения и характере распределения полученных данных от известных эталонных значений, наличии или отсут-



ствии ГМВ в исследуемой области и оценки размеров и силовых характеристик выявленных аномалий.

Решение о возможности проведения инклинометрических работ принимается по результатам сравнения допустимых значений ГМВ с текущими. Оценка допустимых ГМВ реализована следующим образом.

Выходной сигнал магнитометра при условии наличия ГМВ принимает вид:

$$T'_i = T_i + \Delta T = k_T (H_i + \Delta H) + T_o, \quad (1)$$

где T_i – «чистый» сигнал, ΔT – помехи, k_T – коэффициент преобразования магнитометра, H_i – проекция напряженности ГМП на ось чувствительности i -го магнитометра, ΔH – ГМВ, обусловленные геомагнитными аномалиями, наличием обсадных колонн или магнитонеустойчивыми зонами, T_o – нулевой сигнал.

Значение невозмущенного ГМП H рассчитывается для каждой точки Земли и для определенного периода времени [3, 4]. Отклонения наблюдаемых значений магнитного поля Земли H' от нормального поля H являются аномалиями магнитного поля или ГМВ:

$$\Delta H = H' - H. \quad (2)$$

При скважинных исследованиях отклонения напряженности ГМП от прогнозируемого значения могут свидетельствовать о наличии геомагнитных аномалий, т. е. о расположении рудных пород вблизи скважины. Следовательно, помимо основной задачи определения пространственной ориентации нефтяных и газовых скважин можно использовать инклинометрические системы для решения геологических задач, а именно, осуществлять поиск тел с повышенной магнитной восприимчивостью и определять положение магнитных масс в околоскважинном пространстве.

Выражение (1) в безразмерном виде примет следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{T'_i}{k_T \cdot H} &= \frac{T_i + \Delta T}{k_T \cdot H} = T_i^o + \frac{\varepsilon_h}{100\%}, \\ T_i^o &= \frac{k_T \cdot H_i + T_o}{k_T \cdot H}, \end{aligned} \quad (3)$$

где T_i^o – выходной сигнал с магнитометра при условии отсутствия ГМВ в безразмерном виде, где ε_h – относительное отклонение магнитного поля Земли от нормы (значения сигнала, измеренного эмпирически на поверхности скважины и принятого за эталонное значение), выраженное в процентах.

Подставляя в формулу для расчета азимутального угла значения выходных сигналов магнитометров при условии отсутствия и наличия ГМВ, получим абсолютную погрешность измерения азимута:

$$\Delta \alpha = |\alpha_h - \alpha'_h|, \quad (4)$$

где



$$\alpha_h = \arctg \left[\frac{(T_1 \sin \varphi + T_2 \cos \varphi)}{T_2 \sin \varphi \cos \theta - T_1 \cos \varphi \cos \theta - T_3 \sin \theta} \right],$$

$$\alpha'_h = \arctg \left[\frac{(T'_1 \sin \varphi + T'_2 \cos \varphi)}{T'_2 \sin \varphi \cos \theta - T'_1 \cos \varphi \cos \theta - T'_3 \sin \theta} \right].$$

Согласно РД 153-39.0-072-01 «Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ приборами на кабеле в нефтяных и газовых скважинах», основная погрешность измерения азимута должна удовлетворять условию $|\Delta\alpha| \leq 2$ град. Таким образом, анализ полученных значений $\Delta\alpha$ позволяет получить допустимое значение ГМВ, при котором инклинометрические системы удовлетворяют точностным требованиям. Например, для месторождений на широте $60,95^\circ$ допустимой, согласно расчетам, является величина ГМВ равная 0,85 %. Превышение заданного значения свидетельствует о наличии недопустимых для магнитометрической инклинометрической системы ГМВ.

Результаты проведенных расчетов для различных месторождений представлены в таблице 1. На рис. 1 представлена картина распределения допустимых ГМВ по всей поверхности Земного шара.

Таблица 1

Допустимые значения ε_h

Месторождения	Аскино (Республика Башкортостан)	Нижневартовск (Ханты-Мансийский автономный округ)	Ноябрьск и Муравленко	Красно- селькуп	Тазовский	Мессояхские и Новопор- товское место- рождения
			Ямало-Ненецкий автономный округ			
Широта, град	56,05	60,95	63,2	65,7	67,45	70
ε_h , %	1	0,85	0,75	0,65	0,6	0,5

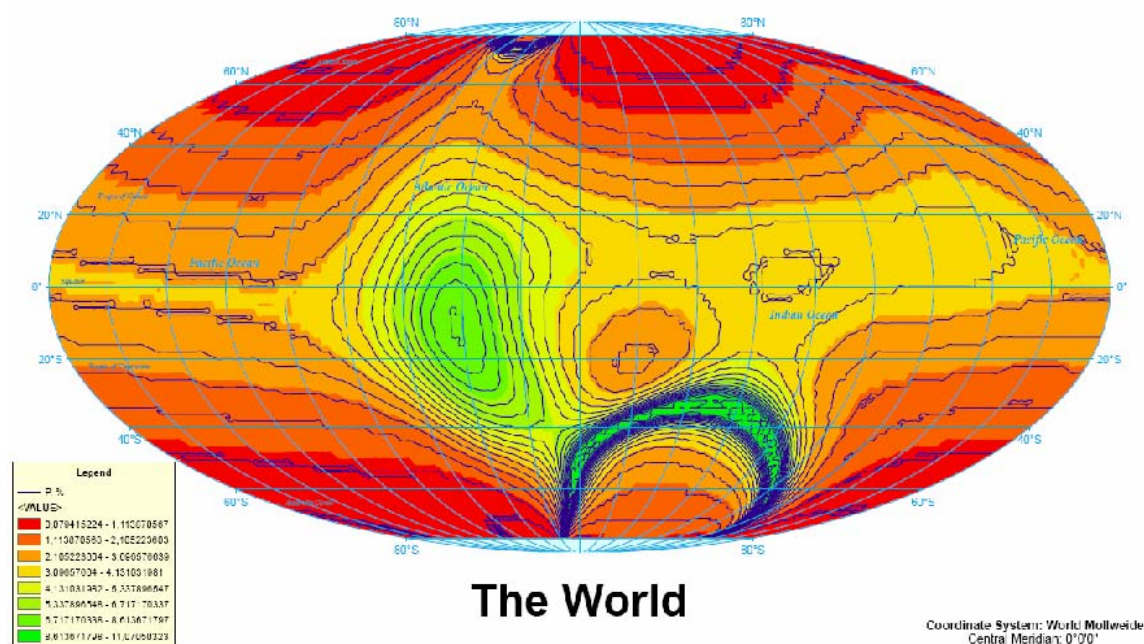


Рис. 1. Изолинии допустимых ГМВ при инклинометрии скважин

Таким образом, методика расчета параметров ГМП и его вариаций и сравнение допустимых значений ГМВ с текущими позволяет в режиме реального времени предоставить информацию, необходимую для поддержки принятия решения при планировании и проведении инклинометрических исследований. Предлагаемая ГИС также обеспечивает картографическую визуализацию областей геомагнитных аномалий в двух- и трехмерном виде с ранжированием по степени возможного воздействия на показания информационно-измерительной техники вообще и магнитометрических инклинометров в частности.

Литература

1. Воробьев, А. В. Вопросы проектирования цифровых геомагнитных обсерваторий (монография) / А. В. Воробьев – LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG, Berlin, 2012. – 133 с.
2. Ковшов, Г. Н. Приборы контроля пространственной ориентации скважин при бурении / Г. Н. Ковшов, Г. Ю. Коловертнов.–Уфа: Изд-во УГНТУ, 2001.– 228 с.
3. Ковшов, Г. Н. Инклинометры. Основы теории и проектирования / Г. Н. Ковшов, Р. И. Алимбеков, А. В. Жибер. – Уфа: Гилем, 1998. – 380 с.
4. ГОСТ 25645.126-85. Поле геомагнитное. Модель поля внутриземных источников. – Москва: Издательство стандартов, 1990



Д.В. Козлов, М.Н. Алексеев, О.Л. Сурнин, С.В. Федотов,
М.В. Андреев, П.В. Ситников, К.В. Ситников

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОЙ УСЛУГИ НА ПОРТАЛЕ РПГУ: ПРЕДПОСЫЛКИ, РАЗРАБОТКА, РАЗВИТИЕ

(ООО «Открытый код»)

В статье рассматриваются аспекты разработки портала рпгу и комплексной услуги, которая дает возможность получить сразу несколько услуг по в зависимости от контекста ситуации.

Получение комплексной услуги гражданами на портале РПГУ

Когда в семье рождается ребенок, либо семья усыновляет ребенка, то она переходит в новый статус. Либо родитель, либо – многодетная семья.

При этом и в том, и в другом случае гражданину полагается ряд льгот, но, в то же время и ряд обязательств. В подобной ситуации гражданину трудно найти время, чтобы успеть на прием ко многим специалистам из разных ведомств. А о некоторых полагающихся от государства льготах гражданин может вовсе и не знать. Воспользовавшись на Региональном портале Самарской области Комплексной услугой «Рождение ребенка» Заявитель может сэкономить время и получить больший набор услуг, чем тот, на который изначально рассчитывал. Несомненным преимуществом является то, что гражданин не обязательно привязан к рабочему дню специалистов в Органах Исполнительной Власти – заполнить заявку на РПГУ можно в любое удобное время.

При переходе по ссылке для получения комплексной услуги Рождение ребенка пользователь попадает на опросник, который помогает системе более точно определить его жизненную ситуацию и правильно назначить набор услуг, которыми заявитель может воспользоваться. Опросник работает в интерактивном режиме. Так, в зависимости от того, какой ответ даст пользователь на тот или иной вопрос, следующим ему будет задан наиболее подходящий по смыслу вопрос (Рисунок 1). Например, если на вопрос «Сколько детей родилось?» заявитель ответил «один» или «два», то далее система его спросит «Сколько детей в семье?». Потому как в семье могут быть ранее рожденные дети и в этом случае семья многодетная (и ей полагается расширенный набор льгот). Если же на вопрос «сколько детей родилось» будет дан ответ «Три» или «Более трех», то спрашивать о количестве детей в семье уже нет смысла, т.к. семья уже является многодетной и ряд вопросов будет пропущен.

По окончании заполнения опросника Заявителю будет предложен набор услуг, оказание которых ему предусмотрено регламентом (Рисунок 2). Из этого набора Заявитель может выбрать все, а может лишь часть – по своему усмотрению. И далее он может перейти к заполнению форм подачи заявок.



Региональный портал государственных услуг Самарской области

Каталог услуг — Описание услуги — Заполнение опросника

Рождение ребенка

Сколько детей родилось?

☐ Один

☐ Больше одного

☐ Больше двух

☐ Больше трех

Назад Далее

Рис. 1. Опросник комплексной услуги

Каталог услуг — Описание услуги — Заполнение опросника

Рождение ребенка

Опрос окончен.

Доступные услуги

- Документ о гражданстве
- Услуга получается в территориальном органе УФМС
- Регистрация по месту жительства
- Вы можете получить эту услугу на сайте gosuslugi.ru
- Выдача мед. полиса
- Выбор мед. организации
- Выдача СНИЛС
- Материнский капитал
- ☒ Предоставление социальных выплат в виде компенсации молодым семьям при рождении (усыновлении) ребенка
- ☒ Предоставление единовременной денежной выплаты (семейного капитала) при рождении (усыновлении) третьего ребенка или последующих детей
- ☒ Предоставление в собственность граждан, имеющих трёх и более детей, бесплатно сформированных земельных участков из земель, государственная собственность на которые не разграничена, на территории городского округа Самара для целей, не связанных со строительством
- ☒ Постановка на учет граждан, имеющих троих и более детей, желающих бесплатно приобрести сформированные земельные участки из земель, находящихся в государственной или муниципальной собственности
- ☒ Предоставление дошкольного образования по основной общеобразовательной программе
- ☒ Предоставление ежемесячного пособия на ребенка

Рис. 2. Список доступных услуг

По мере заполнения форм на каждую из последующих услуг система накапливает данные, которые заявитель вводил на формах. Это делается с тем, чтобы далее она могла подставлять повторяющиеся однотипные данные из одной формы услуги в другую. Например, при заполнении формы на получение



услуги «Выдача пособия по рождению ребенка» Заявитель выбрал в качестве метода получения пособия коммерческий банк «Автовазбанк» и указал свой расчетный счет в нем. Далее при заполнении форм на последующие услуги, если где-то также надо будет указать метод получения пособия или выплаты, система сама подставит в соответствующие поля те самые значения (Автовазбанк и тот расчетный счет, который был указан). При этом пользователь может не обязательно оставить предложенные данные, но ввести свои.

Также система подставляет данные из Личного кабинета пользователя на формы подачи Заявок. Но эти данные можно изменить только в личном кабинете, но не на форме. К таким данным относятся: ФИО, дата рождения, паспортные данные, email, номер телефона, адрес проживания и адрес регистрации. То же самое и с данными по детям (Рисунок 3): ФИО, дата рождения, данные свидетельства о рождении, адреса проживания и регистрации подставляются на форму автоматически при выборе заявителем того или иного ребенка из списка на форме. Этот список содержит перечень детей, данные о которых пользователь внес в свой Личный кабинет. Единожды заполнив, можно использовать их многократно.

Рис. 3. Подстановка данных по детям из личного кабинета

При заполнении последовательно всех выбранных форм услуг происходит отправка всего набора заявок в соответствующие ведомства. И далее через уведомления в личном кабинете пользователь может отслеживать ход выполнения своих заявок ведомствами.



Реализация опросника для получение комплексной услуги

Drools – это процессор правил с открытым кодом, написанный на Java и выполняющий правила в соответствии с алгоритмом Рете. Благодаря Drools бизнес-правила приложения можно описывать декларативным образом, используя простой язык. Более того, в файлы правил можно вставлять фрагменты кода на Java. У него есть и другие преимущества, в частности:

- поддержка со стороны активного сообщества;
- простота использования;
- высокая скорость применения правил;
- растущая популярность в среде Java-разработчиков;
- соответствие стандартному API для процессоров правил на Java (Java Rule Engine API – JSR 94);
- бесплатность.

На портале Drools реализует бизнес-логику некоторых систем, например, «Построение анкет».

Структура анкеты представляет собой направленный граф, вершинами которого являются вопросы, а рёбрами — варианты ответов. Вариантов ответа на один вопрос может быть несколько. В зависимости от ответа на вопрос выбирается следующий вопрос. Таким образом существует несколько вариантов проходов через анкету. Главной задачей было обеспечить возможность выбора нового вопроса в зависимости от комбинации предыдущих ответов на вопросы. В случае реализации подобной конструкции операторами if-else код получился бы очень громоздким и трудно поддерживаемым, поэтому было решено использовать Drools.

На рисунке 4 изображена небольшая часть системы опроса для предоставления услуг. Ромбы соответствуют вопросам, а прямоугольники – предоставляемым услугам. Ветка вправо от ромба – ответ «да», ветка влево – ответ «нет».

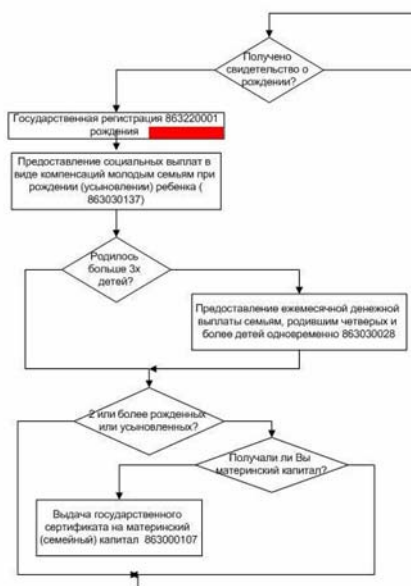


Рис. 4. Подстановка данных по детям из личного кабинета



В данной части опросника можно составить схему переходов по вопросам (Таблица 1).

Таблица 1

Вопрос	Вариант ответа	Следующий вопрос
1	Да	Выход
1	Нет	2
2	Да	3
2	Нет	3
3	Да	4
3	Нет	4
4	Да	Выход
4	Нет	Выход

В зависимости от ответов пользователя, ему предоставляются услуги. Схема предоставления услуг описана в таблице 2.

Таблица 2

Вопрос	Вариант ответа	Услуга
1	Да	Выход
1	Нет	863220001
1	Нет	863030137
2	Нет	863030028
4	Нет	863000107

Таким образом, при ответе на первый вопрос «Нет» пользователю должны быть предоставлены две услуги (863220001, 863030137), а следующий вопрос будет дан с идентификатором 2. В таблице номера вопросов являются идентификаторами вопроса, а не порядковым номером в процессе прохождения, т.е. какие-то вопросы могут оказаться пропущенными в зависимости от того, как на них отвечал опрашиваемый пользователь.

Правило перехода, описанные на языке Drools, например, с вопроса 1 на вопрос 2 при ответе на вопрос 1 «Нет» показаны в листинге 1.

```
global ProcessedDataStore processedDataStore;  
rule "Next question after 1[1]"  
    when  
        //когда мы получаем вариант ответа, принадлежащий вопросу  
        //question.number== 1, значение которого number == 1  
        AnswerVariant(question.number == 1, number == 1 )  
    then  
        //тогда устанавливаем номер следующего вопроса 2  
        processedDataStore.setNextQuestionNum( 2 );  
end
```

Здесь AnswerVariant – это объект ответа на вопрос, передаваемый в движок Drools для анализа, а processedDataStore – объект для сохранения результатов анализа.

Схема работы Drools выглядит следующим образом:



1. Создаётся база знаний, куда загружаются все необходимые правила;
2. Создаётся сессия, в которую помещаются варианты ответов, данные гражданином;
3. После обработки получаем заполненный объект, который содержит список предоставленных услуг и номер следующего вопроса.

В листинге 2 показан пример правила выбора услуги.

```
rule "service 863220001"
  when
    AnswerVariant(question.number == 1, number == 2)
  then
    processedDataStore.getServicesCodeList().add( "863220001" );
end
```

Конечно, можно объединить эти два правила в одно и сразу назначить услугу и номер следующего вопроса, однако в данном случае разработка правил и их отладка затруднена. Поэтому, эти правила описываются отдельно. В тоже время данные правила имеют сходную структуру, что позволяет задействовать специальный механизм Drools, называемый шаблонами правил. С использованием данного механизма правила могут быть сгенерированы автоматически по заранее заданному описанию, хранимому в базе данных или файле. Таких образом вручную заполняются только таблицы переходов и соответствий. В листинге 3 приводится часть такого шаблона правил для переходов по вопросам анкеты. Заголовки и импорты опущены.

```
template "Next question selection"

rule "Next question after @{questionNum}[@{answerNum}]"
  when
    AnswerVariant(question.number == @{questionNum}, number == @{answerNum})
  then
    processedDataStore.setNextQuestionNum(@{nextQuestionNum});
end

end template
```

Здесь questionNum соответствует идентификатору вопроса, answerNum - номеру ответа, а nextQuestionNum - идентификатору следующего вопроса. Для каждой строки из таблицы 1 будет создано правило, для которого переменные типа @{questionNum} будут заполнены значениями полей.

Важно отметить, что шаблоны и правила Drools являются интерпретируемыми, а значит при внесении каких-либо изменения в логику работы анкеты перекомпиляции кода не требуется. При необходимости можно дописывать новые уникальные правила переходов по вопросам или выбора услуг вручную. Эти правила мы просто добавляем к тем, что у нас генерируются автоматически.

Необходимо отметить, что количество кода, требуемого для описания схемы работы анкеты сократилось в десятки раз (в сравнении с попыткой описать это на Java), при этом обеспечена наглядность и простота поддержки про-



граммного комплекса. Скорость работы процессора правил, благодаря отлаженным оптимизирующим механизмам Drools, также намного превышает скорость обработки последовательными итерациями по всем правилам if-else.

Заключение

Комплексная услуга «Рождение ребенка» реализована на портале РПГУ и доступна по ссылке:

https://pgu.samregion.ru/rpguWeb/metro/questionnaire.jsp?complexServiceCode=complex_863990001.

Данная услуга позволяет значительно сократить время граждан, связанное с оформлением различных необходимых документов при рождении ребенка. Востребованность такого типа электронных услуг говорит о необходимости увеличения спектра таких услуг и в других жизненных ситуациях.

А.В. Козырев

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ

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

Почти каждая современная компания нуждается в эффективном и качественном управлении проектами, над которыми осуществляется работа. Для этого, как правило, нанимаются менеджеры управления проектами, но если проект является слишком крупным, нужен целый отдел таких менеджеров, а также ассистирующего им персонала. Альтернативой такому решению будет установка программного обеспечения для управления проектами. Это позволит не только избавить компанию от огромных затрат на обеспечение целого отдела управленческих сотрудников, но и повысит эффективность управления.

На данный момент существует немалое количество программного обеспечения для управления проектами. Можно выделить несколько основных задач, которые они выполняют:

1. Планирование событиями и задачами
 - 1.1 Расчет времени выполнения каждой задачи
 - 1.2 Установления связи между различными задачами
 - 1.3 Сортировка задач в зависимости от сроков их завершения
 - 1.4 Назначение сотрудников на выполнение задачи
 - 1.5 Выделение материальных ресурсов необходимых для задачи
 - 1.6 Отображение всех задач и их взаимодействия в проекте с помощью диаграммы Ганта
 - 1.7 Расчет критического пути в проекте
2. Установка коммуникаций в команде проекта
 - 2.1 Предоставление возможности комментирования для задач проекта
 - 2.2 Предоставление информационной ленты по всему проекту
 - 2.3 Управление рисками



3. Предоставление информации по проекту

3.1 Ведение отчетности по проекту

3.2 Возможность прогнозирования рисков проекта

3.3 Предоставление списка задач для сотрудников, с полной информацией по ним

3.4 Ведение документации по проекту

К сожалению, сейчас нет программ для управления проектами удобно совмещающих все вышеперечисленные функции. Наиболее объемным и полнофункциональным продуктом на данный момент является MS Project. Он предоставляет огромный функционал для управления, включая различные графики и даже возможность создания презентаций, но он также не лишен недостатков, двумя самыми крупными можно выделить его не бесплатность и десктопность (устанавливается на каждый компьютер отдельно, с появлением Office Online эта проблема немного разрешилась, но не был реализован удобный механизм ролей, а от режима реального времени есть только общепроектный чат, без распределения по задачам и ведения истории). Большинство других программ являются веб-приложениями, что обеспечивает кроссплатформенность и многопользовательность, но, к сожалению, их функционал не дотягивает до MS Project, как правило, они являются системами отслеживания ошибок (bug tracking system) и ими могут пользоваться только компании, осуществляющие разработку программного обеспечения. Из наиболее распространенных можно выделить такие системы как Redmine и Jira, обе являются системами с удобным интерфейсом, широкими информационными и коммуникационными возможностями. Недостатками можно назвать отсутствие диаграммы Ганта в Jira и необходимость разворачивать систему на локальном сервере компании в Redmine. Из остальных систем можно выделить Bascamp, примечательными возможностями, которой являются коммуникационный функционал почти как у социальных сетей, а также возможность внедрения дополнительного программного обеспечения, расширяющего функционал системы.

Существует огромное число возможностей для улучшения программного обеспечения для управления проектами, которое, так или иначе, не до конца реализовано в большинстве систем, или вовсе отсутствует:

- Хранилище для документов и отчетов проектов
- Подробная документация и wiki по всей системе, а также удобный поисковик по ней
- Система оповещения для мобильных устройств по задачам проекта и новостями по проекту в целом
- Функционал социальной сети для каждого сотрудника, с возможностью обсуждения информации по проекту и задачам, имеющий подробную информацию о каждом сотруднике, его специализации, текущим задачам и т.д.
- Гибкий интерфейс, настраиваемый для каждого сотрудника по его предпочтениям



- Защищенный чат по каждой из возможных проблем
- Объединение всех компаний, работающих с системой в единую сеть, для осуществления широких коммуникаций среди компаний, с возможностью трансфера сотрудников

Для реализации новой системы, совмещающей достоинства, и избавляющей от недостатков существующих систем предлагается создать интернациональную систему, базирующуюся на группе распределенных серверов, с использованием технологии MVC, с единым клиентским приложением, к которому можно получить доступ из любой точки мира. Для реализации будет использоваться язык C#, обладающий такими достоинствами как: быстрая разработка приложения, наличие готовых компонентов для создания будущей системы, высокая производительность, простота интегрируемости с любой из существующих СУБД. В качестве системы управления базами данных будет использоваться PostgreSQL, достоинства которой являются: создание базы данных практически неограниченного размера, мощные механизмы транзакций и репликации, легкая расширяемость.

Т.В. Колесникова, А.М. Штейнберг

ИНТЕРАКТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Трудно представить себе сферу человеческой жизни, в которой бы не требовалось принимать решения. Очень часто от принятого решения зависит успех организации, стратегические планы развития или судьба человека. Чаще всего принимать решения приходится относительно некоторого набора альтернатив по различным критериям, иногда их количество очень велико [1]. Очевидно, что когда альтернативных решений много, оценить поставленную задачу затруднительно.

В силу ограниченных возможностей и способностей человека в сложных ситуациях, в ограниченное время и при неполной информации принимаемые решения не всегда обоснованы и чаще всего не являются эффективными. Поэтому важно изучать, как люди принимают решения, как они должны это делать, на основе каких методов и технических средств и что необходимо, чтобы улучшить это процесс.

Использование современных информационных технологий позволяет упростить процесс принятия решений, а также повысить качество принимаемых решений за счет интерактивного взаимодействия с лицом, принимающее решение (далее ЛПР).

На данный момент существуют многочисленные системы поддержки принятия решения. Примером такой системы служит «Мыслитель Экспресс 2010», в основу которой заложен серьезный математический аппарат метода



анализа иерархий, разработанный американским математиком Томасом Саати [2]. В общих чертах метод анализа иерархий базируется на парных сравнениях между собой альтернатив и критериев, определение степени важности критериев при их сравнении, назначение каждой альтернативы своей ступени в иерархии, после чего ЛПР делает свой выбор [3].

Еще одной системой, опирающейся на математически обоснованный метод анализа иерархий, является система поддержки принятия решений (СППР) «Выбор», которая отличается от предыдущей лишь графическим отображением представленных результатов [4].

Существенным недостатком таких систем является то, что в подобных системах отсутствует процедура сохранения, редактирование исходных данных и рассчитаны они на ограниченное количество альтернатив и критериев. Также отсутствует диалог ЛПР и ИС (интерактивность). Большинство систем поддержки принятия решений основываются на сравнении или оценивании ЛПР различными методами конкурирующих альтернатив. В процессе оценивания конкурирующих альтернатив ЛПР оказывается в ситуации конфликта личных интересов, объективных и субъективных суждений. Эти социально – психологические факторы в некоторой степени влияют на процесс принятия решений и при этом никак не согласуются с математическими методами принятия решений, которые заложены в системах поддержки принятия решений (далее СППР).

Для того, чтобы исключить неопределенность, конфликт социально- психологических и математических факторов при принятии решения, необходимо исключить выставление весовых коэффициентов и сравнение критериев, и заменить на этом этапе процессом ранжирования альтернатив.

Исходными данными для ИС служат названия альтернативных решений, название критериев и значение альтернатив по критериям. После ввода исходных данных в ИС ЛПР предлагается проранжировать введенные альтернативы с учетом собственного предпочтения. После этого ИС по методу принятия решений в условиях неопределенности (ПРИНН), методу устойчивых суждений (МУС), разработанные профессором С.А. Пиявским [5] или линейной свертки на выбор рассчитает рейтинг альтернатив, исходя из которого выведет сообщение ЛПР о возможности принять решение в пользу той или иной альтернативы с учетом личного предпочтения и расчета рейтинга. Если выбранное решение полностью подтверждается математическими методами, то работа с системой закончена. Если выбранное решение является лучшим только при определенной степени значимости критериев (некоторые критерии нужно учитывать в большей степени, чем другие), то ЛПР выбирает пункт меню уточнение решения, по нажатию которого отображается перечень вариантов значимости критериев, при которых выбранное решение является лучшим. ЛПР выбирает одну комбинацию приоритетов и перерасчитывает новый рейтинг, с учетом выбранных приоритетов критериев. ИС выводит новый рейтинг, на основе которого ЛПР принимает дальнейшее решение. Либо изменяет свою систему предпочтений в отношении альтернатив, либо подбирает такие критерии и их сте-



пени значимости, чтобы они удовлетворяли выбранному решению. В третьей ситуации, при которой не существует таких комбинаций приоритетов критериев, ЛППР предлагается проранжировать альтернативы заново.

В результате работы интерактивной информационной системы возможно перейти к строгой системе предпочтений и использовать в новых аналогичных ситуациях для принятия решений без участия ЛППР. Также появляются безграничные интерактивные возможности моделирования системы критериев при принятии решений.

Литература

1. Лотов А.В., Поспелова И.И. Многокритериальные задачи принятия решений: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2008. – с. 197.
2. Официальный сайт СППР «Мыслитель» [Электронный ресурс]. – Информация о программе. – Режим доступа: <http://spirit-prog.ru/>.
3. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – с. 167-188.
4. Сайт центра изучения и развития информационных технологий и автоматизированных систем [Электронный ресурс]. – СППР «Выбор». – Режим доступа: <http://ciritas.ru/product.php?id=10#39>.
5. Пиявский С.А. Технология ПРИНН для моделирования слабо структурированных систем // Информационные технологии в моделировании и управлении: Труды II Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург, 2000. – с. 295-297.

Кузенная А.М.

РАСПОЗНАВАНИЕ РУКОПИСНЫХ ЦИФР ПРИ ПОМОЩИ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Цель данной работы: проектирование и реализация системы распознавания рукописных цифр на основе многослойного персептрона с одним скрытым слоем для экспериментальной оценки работы данного вида сети.

Все тесты велись с использованием базы рукописных цифр MNIST [1]. Система реализована на платформе Neuro Network Tool в среде разработки MATLAB.

Структура сети показана на рисунке 1. Входные данные поделены на две части: эталонные представления цифр и те же цифры, но с искажениями. Эталонные буквы используются для обучения нейронной сети. Вторая часть используется для тестирования и оценки эффективности сформированной нейронной сети.

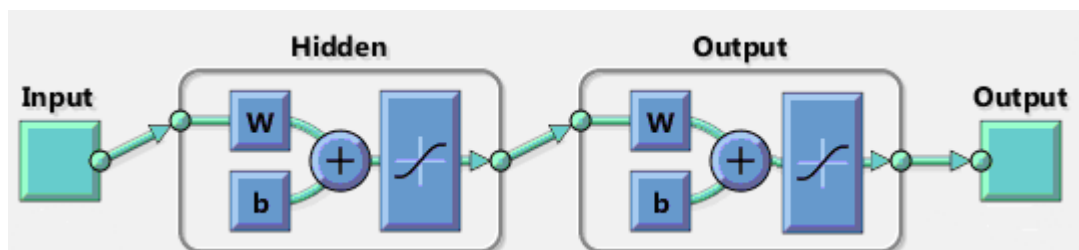


Рис. 1. Структура многослойного персептрона с одним скрытым слоем

Входной слой представляет собой вектор входных признаков изображения, который представляет собой вектор пикселей размером 28*28. Каждый компонент входного вектора связан со всеми нейронами скрытого слоя, а все нейроны скрытого слоя связаны со всеми из выходного. В разработанной модели нейронной сети количество нейронов в скрытом слое – 10 000, а в выходном – 10 нейронов, таким образом, связь между скрытым и выходным слоями определяется 100 000 весов нейронных соединений.

Обучающие и тестовые данные представлены в виде файлов формата *.gz. Сначала следует 60 000 эталонных изображений, а затем 10 000 тестовых. Изображения отцентрированы: цифра располагается в квадрате 20*20, вокруг нее создана рамка шириной 8 пикселей. Программы обучения и распознавания работают с числовыми представлениями цифр. Для обработки файлов такого формата используются вспомогательные функции из раздела «mnistHelper»[2].

После обработки сигнала сетью программа выбирает выход с максимальным сигналом – номер этого нейрона и определяет ответ.

Выход каждого элемента рассчитывается по следующей формуле:

$$y_j^k = f(s_j^k),$$

где

$$f(x) = -0.5 + 1 / (1 + e^{-x}),$$

$$s_j^k = \sum_{i=1}^m x_i w_{ij}^k, j = 1, n_k,$$

m – число элементов (нейронов) в слое k – 1, принимает значения 784, 10 000, 10 поочередно для каждого слоя

x_i – входные сигналы;

n_k – число элементов в слое k;

w_{ij}^k – соответствующий весовой коэффициент.

Задача обучения нейронной сети решается стохастическим методом с помощью функции случайного аргумента с распределением Коши по следующему алгоритму:

1. Параметрам нейронной сети придать случайные малые значения. Выбрать очередной вектор из обучающего множества и рассчитать фактический выход сети.

2. Вычислить ошибку на текущем шаге:

$$\varepsilon = \sum (y_i^* - y_i)^2$$

3. Скорректировать веса на небольшие малые значения. Если коррекция уменьшает ошибку, то новые веса сохранить, в противном случае оставить ста-



рые веса. Параметры, ведущие к увеличению ошибки, сохранить с вероятностью, заданной функцией распределения Коши

$$F_x(x) = \frac{1}{\pi} \arctg\left(\frac{x-x_0}{\gamma}\right) + \frac{1}{2},$$

где

- $x_0 \in \mathbb{R}$ – параметр сдвига,
- $\gamma > 0$ – параметр масштаба.

В нашем случае параметр сдвига $x_0 = 0$, параметр же масштаба варьируется от 0.1 до 0.5. Для вычисления величины коррекции веса используется метод Монте-Карло:

$$x = \gamma W \tan(P(x))$$

выбирается случайное число из равномерного распределения на открытом интервале $(-\pi/2, \pi/2)$ (необходимо ограничить функцию тангенса). Оно подставляется в формулу в качестве $P()$, и, используя текущий вес W , вычисляется величина скачка.

Приведенная процедура неоднократно повторяется для всего множества эталонных букв, образующих обучающую выборку. Процесс обучения завершается после превышения заданного порогового числа итераций.

Для тестирования были взяты следующие параметры сети: обучающая выборка – 60 000 изображений, входной слой – 784 нейрона, скрытый слой – 10 000, выходной – 10, параметр масштаба 0.5, обучение – по 500 итераций в эпохе. На рисунке 2 в качестве примера приведены изображения цифр из обучающей и тестовой выборки.

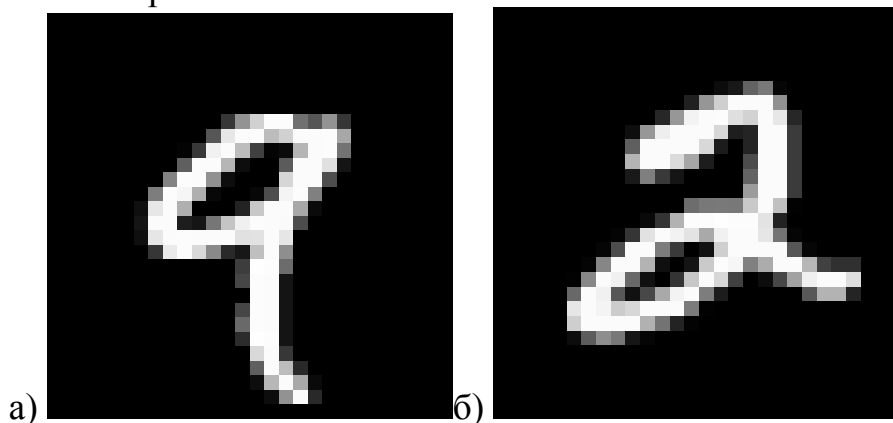


Рис. 2. а) случайная картинка из эталонной выборки;
б) изображение из тестовой выборки

Тестирование сети проведено на 10 000 тестовых картинок, ошибка выявлена при распознавании 796 изображений. При указанных параметрах сеть неверно распознала цифры в 7,96% случаев.

Сравнивая результаты этого исследования с предыдущим, следует показать, что для маленькой выборки распознавание не стало более успешным, но для большой тестирование показало значительно более низкий процент ошибок, что показывает общность и робастность полученной нейронной сети:

Таблица 1. Зависимость процента ошибочно распознанных изображений от выбора сети и размера тестовой выборки



Выбранная сеть	Размер тестовой выборки	Результат
Многослойный персептрон, обучающийся методом обратного распространения ошибки	2 000	1,15%
	10 000	19,6%
Новый многослойный персептрон, обучающийся стохастическим методом	2 000	7,65%
	10 000	7,96%

В дальнейшем планируется изучение и применение новых алгоритмов обучения нейронных сетей, исследование зависимости ошибки от структуры сети и построение нейронных сетей более сложной структуры.

Литература

- 1 LeCun, Y. The MNIST database of handwritten digits – <http://yann.lecun.com/exdb/mnist>.
- 2 Stanford. The MnistHelper functions – http://ufldl.stanford.edu/wiki/index.php/Using_the_MNIST_Dataset.
- 3 Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ С. Осовский.: Пер. с пол. Рудинского И.Д. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.: ил.
- 4 Солдатова О.П., Кузенная А.М. Распознавание рукописных цифр при помощи нейронной сети с одним скрытым слоем//Труды международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014)»(Самара, СГАУ, 30 июня-2 июля 2014 г.). – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014. – с. 161-165.

В.В. Кузьмин, Д.С. Косов, А.Л. Новиков, А.В. Иващенко

ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ДИАГНОСТИКИ ОТКАЗОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

(ООО «ХАСКИ КОД», Самарский государственный аэрокосмический университет им акад С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Уровень отказов на крупных промышленных предприятиях настолько высок, что стоимость эксплуатации оборудования в течение одного года может превысить стоимость самого оборудования, что приводит к экономическим потерям и резко снижает эффективность использования. Снизить уровень отказов возможно за счет использования интеллектуальных информационных систем, позволяющих осуществить непрерывный мониторинг и контроль состояния сложных технологических объектов, их узлов и агрегатов. В данной статье рас-



считается влияние отказов оборудования на экономическую деятельность и стабильность предприятия, а также предлагается решение для диагностики отказов в реальном времени.

Главной целью практически любого предприятия, является достижение максимальной прибыли при минимальных затратах. В современной экономике выделяют два основных пути максимизации прибыли – увеличение объема производства и сокращение текущих производственных затрат. Наиболее эффективными методами сокращения себестоимости производства практически любого вида продукции являются уменьшение потерь и сокращение затрат на планово-профилактические и ремонтно-восстановительные работы за счет увеличения наработки оборудования на отказ. Нарботка на отказ прямо или косвенно отражает эксплуатационные показатели работы любого оборудования — показатели производительности, экономичности, рентабельности [1] и др. К числу наиболее актуальных и важных проблем, возникших с развитием техники, относится проблема повышения времени наработки на отказ машин, механизмов и приборов.

Скачок в развитии и усложнении техники и расширение масштабов промышленных производств ведут промышленные предприятия к внедрению передовых методов анализа больших массивов данных на базе инновационных технологий искусственного интеллекта [2]. Это заставляет специалистов уделять больше внимания вопросам организации управления и анализа сложных процессов с точки зрения их структуры и организации.

Эффективность управления предприятием зависит от способности его подразделений своевременно реагировать на изменения во внешних и внутренних условиях. Реакция руководителей этих подразделений на происходящие события должна быть своевременной, соразмерной появляющимся вызовам и направленной на приспособление к новым условиям для извлечения из них выгоды и снижения издержек. Реакция такого рода должна прослеживаться во всех сферах активности подразделений предприятия – в логистике, управлении ресурсами, кадровой политике, управлении складами, предупреждении аварийных ситуаций и их последствий.

В процессе функционирования и выполнения технологического процесса производства техническое состояние узлов и агрегатов оборудования, подвергающихся непрерывным разрушающим воздействиям, постоянно ухудшается. Это обусловлено результатом воздействия технологических нагрузок и ряда других факторов, которые носят случайный характер в большинстве производственных процессов на каждом предприятии.

Проблема повышения наработки на отказ оборудования, вовлеченного в сложный технологический процесс, трудна и многогранна. Она охватывает широкий круг научных, технических и организационных вопросов и требует для своего решения значительных сил и средств в области научных исследований, проектирования, технологии производства и эксплуатации оборудования.

Отсутствие на предприятиях прогноза выхода оборудования за пределы штатных норм эксплуатации и своевременной реакции на такой прогноз приво-



дит к появлению дефектов агрегатов и узлов изделия [3]. Эти дефекты (отказы) приводят к снижению темпов производства (простоям), повышают риски выпуска продукции ненадлежащего качества, увеличивают вероятность производственного травматизма. Экономическая эффективность учета отказов при планировании как стратегического, так и оперативного уровня предприятия имеет ключевое значение. При этом важное место занимают вопросы эффективного распределения имеющихся ресурсов предприятия с учетом вероятности отказов. Решение данной задачи напрямую связано с прогнозированием основных производственных показателей, в том числе и наработки на отказ.

Ситуация на предприятиях ухудшается тем, что прогноз отказа оборудования редко учитывается при планировании активностей предприятий и их ресурсоснабжения: в решающий момент, когда нужно срочно произвести комплекс ремонтных работ, департаменты организаций оказываются без необходимых комплектующих, а их сотрудники не могут быстро среагировать на возникшую ситуацию, так как заняты на других, возможно, менее приоритетных работах. При этом, как правило, на складе предприятия может существовать излишний запас комплектующих (которые, будучи не востребованными, попросту занимают дорогостоящие складские площади), а занятость сотрудников могла бы быть спланирована более оптимально, если бы заранее было известно о предстоящих работах. Это приводит к тому, что для парирования или предупреждения аварийных ситуаций требуются длительные остановки рабочих циклов и повышенная трата ресурсов (выплата сверхурочных и т.п.), что в конечном итоге выражается в виде простоев предприятий и в виде финансовых потерь.

В практике управления в последнее время происходит переосмысление значимости ремонтных и обслуживающих подразделений предприятий [4]. Поскольку перед менеджментом современных компаний стоит цель минимизации бюджета ТОиР (Техническое обслуживание и ремонт) без увеличения аварийности оборудования, главной задачей становится правильное распоряжение бюджетом, то есть четкое и безошибочное определение того, что, когда и как следует обслуживать или ремонтировать.

Минусы отсутствия качественного прогноза аварийных ситуаций и отсутствия учета этого прогноза в планировании деятельности предприятия очевидны. Тем не менее, до сих пор большинство российских и зарубежных предприятий реального сектора экономики не имеют качественного решения описанных проблем. При прогнозировании отказов оборудования используются статистические данные наработки на отказ или системы автоматической защиты, не позволяющие образовать взаимосвязи между единицами оборудования и строить консолидированный прогноз. При этом работы по обслуживанию парка техники ведутся по жесткому регламенту, либо уже после наступления момента невозвращения, когда ремонт нужно осуществлять в авральном режиме.

При техническом обслуживании оборудования необходимо учитывать специфику отказов и предотказов, осуществлять их прогнозирование, и проводить профилактику, предупреждающую отказы и их предпосылки. Прогнозиро-



вание отказов укрупненно можно разделить на глобальные группы: отказы постепенные и отказы внезапные.

Прогнозирование вполне осуществимо при наличии постепенных отказов. К таким отказам можно отнести снижение давления в напорных трубопроводах, загрязнение фильтров, увеличение потребления электроэнергии двигателями и т. п. [5]. Осуществлять прогнозирование отказов — значит определять вероятность того, что контролируемый параметр через определенный промежуток времени выйдет за допустимые пределы.

Для внезапных отказов устанавливать прогнозирование труднее, чем для постепенных, но и здесь возможно установление прогнозирующего параметра: при наличии статистических данных о закономерностях их возникновения определяется ориентировочное время наступления отказа и, следовательно, создаются и мобилизуются необходимые силы для его устранения [6-9].

Для решения задачи прогнозирования постепенных и внезапных отказов, предлагается разработать новые методы и алгоритмы, основанные на анализе больших массивов данных на базе искусственных нейронных сетей. В рамках предложенного решения осуществляется оценка следующих показателей:

1. Оценка функции надежности, то есть вероятности того, что узел или агрегат проработает дольше t времени;
2. Оценка функции риска, то есть вероятности того, что оборудование откажет в какой-то малый интервал времени;
3. Сравнение надежности оборудования одной категории, но разных производителей и типов.

Разработанная интеллектуальная система реализует следующие функциональные возможности:

1. Мониторинг работы оборудования на предприятии в реальном времени.
2. Построение прогноза выхода наблюдаемого оборудования на основе собранных данных. При этом для прогноза отказа одного устройства должны учитываться и данные всех устройств, связанных с ним.
3. Планирование деятельности сотрудников департаментов предприятий, направленную на проведение технического обслуживания и ремонта, совмещая регламентные и внеплановые работы, основываясь на загруженности персонала, их навыках и компетентности текущего плана и истории выполнения аналогичных работ.
4. Планирование активностей ТООИР с учетом данных складской логистики и финансовых потоков, чтобы на складе всегда присутствовали требуемые комплектующие в необходимом количестве, а график работ обеспечивал распределение финансовой нагрузки.
5. Поддержка принятия решений диспетчеров службы ТООИР при составлении графиков работ, а также начальников участков для определения перечня необходимых мер для каждой возникающей ситуации.

Таким образом, разработанная интеллектуальная система позволяет решить задачу прогнозирования наработки на отказ на основе моделей отказов,



которые базируются на закономерностях процессов возникновения дефектов с учетом их вероятностных характеристик.

Литература

1. Боровиков В.П. *STATISTICA*. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов (2-е издание), СПб.: Питер, 2003. – 688 с.: ил.
2. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1984. – 248 с.
3. Вероятность и математическая статистика: Энциклопедия / Под ред. Ю.В.Прохорова. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 912 с.
4. Гайдышев И. Анализ и обработка данных. СПб.: Питер, 2001. 752 с.
5. Маликов И.М. Надежность судовой электронной аппаратуры и систем автоматического управления. Ленинград: Судостроение, 1967 - 316с.
6. Пряников В.С. Прогнозирование отказов полупроводниковых приборов. М.: Энергия 1978 - 112с.
7. Белов П.Г., Системный анализ и моделирование опасных процессов в техносфере: Учеб. Пособие для студ. Высш. Учеб. Заведений М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 512 с.
8. Гаскаров Д.В., Истомин Е.П., Кутузов О.И. Сетевые модели распределенных систем СПб.: Энергоатомиздат, Санкт-Петербургское отделение, 1998 - 353 с.
9. Рябинин И.А. Логико-вероятностная теория безопасности и ее возможности. // Труды Международной Научной Школы 'Моделирование и анализ безопасности, риска и качества в сложных системах' (МА БРК 2001). СПб.: Издательство ООО 'НПО 'Омега', 2001, С.23-28.

Д.Е. Маркелов, И.А. Лёзин

ГЕНЕРАЦИЯ БАЗ ЗНАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Введение

Эксплуатация оборудования должна сопровождаться постоянным контролем, регистрацией и расчетом показателей его работы. В условиях резкого повышения объема информации является целесообразным разработка методов и инструментов по извлечению знаний из больших массивов данных. Главное отличие знаний от статических данных, хранящихся в базах данных, состоит в их структурности и активности. Появление в базе знаний новых фактов или установление новых связей может стать источником изменений в принятии решений.



Знания, накопленные в результате работы системы автоматизированного сбора данных может стать источником изменений в принятии решений по эксплуатации оборудования, что в конечном итоге приводит к увеличению времени наработки на отказ и суммарного срока службы.

Каждый момент работы технически сложного оборудования фиксируется огромное количество физических параметров (порядка тысяч), характеризующих режим работы. Такие измерения приводят к накоплению массивов числовых характеристик значительной размерности, что затрудняет хранение, анализ и интерпретацию полученных результатов.

Если исходить из предположения о том, что данная выборка отображает какие-либо функциональные зависимости между параметрами, пусть даже неизвестные, то в таком случае можно перейти к созданию набора логических правил, описывающих эти зависимости, то есть к базе знаний.

Полученные правила позволят внести интеллектуальную составляющую в процесс эксплуатации оборудования, снизить вероятность аварийной остановки оборудования и оптимизировать планы периодического и капитального ремонтов.

Создаваемая автоматизированная система (АС) является прежде всего рекомендательной, предоставляющей в доступном для чтения эксперта базу знаний о более рациональном режиме эксплуатации. Система не принимает непосредственного участия в управлении и потому никак не влияет на устойчивость работы оборудования.

Большинство сложных систем и процессов обладают объективной неопределенностью, что приводит к необходимости использования нечеткой логики при создании моделей таких объектов.

Для реализации поставленной задачи система должна иметь средства сбора, формализации и дальнейшего использования знаний пользователей для повышения качества выполнения основных функций системы.

Построение базы знаний

Построение базы знаний состоит из нескольких этапов [1].

Этап 1. Разбиение пространств входных и выходных переменных.

Каждое значение выборки принадлежит интервалу, который определяется минимальным и максимальным значениями по каждой переменной. Необходимо разбить области определений этих переменных на отрезки. Причем число этих отрезков, а также их длина для каждой переменной подбираются индивидуально.

Этап 2. Формирование начальной базы правил.

Подход к формированию начальной базы правил основан на том, что изначально каждому примеру из выборки ставится в соответствие отдельное правило. Для этого для каждой пары экспериментальных значений в выборке определяются степени принадлежности заданных значений переменных к соответствующим нечетким множествам. После чего каждому обучающему примеру ставятся в соответствие те нечеткие множества, степени принадлежности к которым у соответствующих значений переменных из этого примера являются



максимальными. Сформированное таким образом множество правил и составляет начальную базу правил.

Кластеризация

На данном этапе определяются группы параметров [2]. Результатом кластеризации будет являться то, что близкие по своему влиянию параметры будут принадлежать одной группе.

В результате анализа этапа кластеризации при построении баз знаний было решено, что является целесообразным реализовать его с помощью алгоритма Абе-Лэна. Достоинством данного алгоритма является то, что он рассматривает не только близость значений внутри области переменных, но и связи между входной и результирующей переменными.

Определение функции принадлежности

Следующим шагом в построении базы правил является определение принадлежности значения параметра к тому или иному кластеру [3].

Для этого каждому примеру из сокращенной выборки ставится в соответствие отдельное правило. Для этого для каждого правила определяются степени принадлежности заданных значений переменных к соответствующим кластерам. После чего каждому обучающему примеру ставятся в соответствие те кластеры, степени принадлежности к которым у соответствующих значений переменных из этого примера являются максимальными.

На этапе определения коэффициента принадлежности было принято допущение, что границы значений функции принадлежности лежат на средних значениях соседних с рассматриваемым кластером. Точная подстройка вида функции принадлежности осуществляется изменением параметра кривой функции.

Оптимизация базы знаний

Этап оптимизация рассматривает правила во взаимодействии между собой. Рассматриваются такие качества базы знаний как непротиворечивость и полнота [4]. Исключение противоречивых правил проводится на основе подсчета рейтинга правил. Достоинством предложенного решения является то, что поиск групп противоречивых правил осуществляется с помощью синтаксического анализа, что позволяет избавиться от рассмотрения конкретных значений, связей между ними и привязки к конкретной предметной области. Определение полноты базы знаний заключается в определении некоего «предела» совпадения различных характеристик истинности. Для этого определяется супремум всех выводов возможных посылок и инфимум всех возможных заключений по каждому правилу.

Результаты работы

Автоматизированная система предоставляет информацию в виде таблиц параметров и графиков функций принадлежности. Результирующая база представлена пользователю для просмотра как набор правил вида «ЕСЛИ...ТО».



Литература

1 Мурашко, А.Г. Извлечение знаний из баз данных при помощи нейронной сети и нечеткого интерпретатора [Текст]/А.Г. Мурашко, И.В. Шевченко//Сб. научных трудов/Кременчугский университет экономики, информационных технологий и управления. -2008. – Вып. 5.– С. 41-44.

5 Заде, Л.А. Понятие лингвистическое переменной и его применение к принятию приближенный решений [Текст]/Л.А. Заде / пер с англ. под ред. Аверкина А.Н. – М.: Горячая линия – ТелекоФИЗМАТЛИТ, 2009 – 252 с.

6 Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы [Текст]/Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006 – 452 с.

7 Новак, В. Математические принципы нечеткой логики [Текст] / В. Новак, И. Перфильева, И. Мочкорж / пер с англ.; под ред. Аверкина А.Н. – М.: Горячая линия – ТелекоФИЗМАТЛИТ, 2006. - 252 с.

О.А. Марухнова, О.Л. Сурнин, П.В. Ситников, М.В. Андреев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ПРЕДОСТАВЛЕНИИ УСЛУГ НАСЕЛЕНИЮ. БАЗА ЗНАНИЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ.

(ООО «Открытый код»)

В статье рассматриваются особенности баз знаний, их отличия от традиционных баз данных, возможность применения баз знаний при предоставлении услуг населению.

Разобраться во всем многообразии услуг и условиях их предоставления подчас бывает сложно даже юридически подкованным гражданам, стоит ли говорить, что, например, для пенсионера эта задача становится практически непосильной?

Обращаясь за государственной услугой, гражданин стремится решить конкретную проблему, а не изучать всю законодательную базу РФ.

Для упрощения анализа нормативно-правовых документов Самарской Губернской Думой было принято решение разработать специализированную систему, позволяющую гражданам без специальной юридической подготовки с легкостью ориентироваться в многообразии федеральных, региональных и муниципальных законов, и таким образом найти ответ на интересующий вопрос.

Система получила название «Нормативно-правовая база знаний Самарской области» (далее по тексту «НПБЗ СО»).

Отличительной особенностью данной интеллектуальной информационной системы является то, что при поиске пользователю в качестве результата выдается не просто список найденных документов, а конкретный ответ на вопрос или нужное место в единственном документе.

Чем отличается НПБЗ СО от прочих правовых информационных систем?



Стоит отметить, что обычные правовые информационные системы направлены лишь на поиск текстов нормативных документов, но не на их анализ. Задача по анализу текста документа отводится пользователю, что может занять у него довольно много времени, поскольку в нормативно-правовых документах содержится множество специфических терминов и понятий.

Конечно, можно было бы обойтись вообще без использования информационных систем и записаться на прием, например, в юридическую фирму или прочую организацию, в которой компетентный специалист сможет ответить на все интересующие гражданина вопросы, но в данном случае имеется ряд критических недостатков.

В первую очередь, это время. Как говорил Бенджамин Франклин: «Время - деньги». С этим высказыванием не поспоришь. Действительно, время это бесценный, невосполняемый ресурс. То время, что будет потрачено на приеме у специалиста, гражданин мог бы потратить с большей пользой и, к примеру, получить финансовую выгоду.

Еще одним существенным недостатком данного подхода является то, что во время личного приема, помимо времени, человек терпит убытки, связанные с оплатой труда данного специалиста, хотя при этом нет абсолютно никакой гарантии, что по результату встречи человек получит ответы на свои вопросы.

Работа же гражданина с нормативно-правовой базой знаний Самарской области от представленных ранее способов получения информации имеет ряд отличий:

- не требует большой траты времени, поскольку сервис поиска информации отрабатывает запрос за считанные секунды;
- воспользоваться ресурсом можно в любое удобное время и с любого устройства, поддерживающего выход в сеть Интернет;
- финансовые расходы сводятся лишь к оплате Интернет-трафика.

Кроме того, принцип работы НПБЗ СО приближен к работе человеческой логики, так, например, при функционировании база знаний задействует не только математическую (формальную) логику, но и эвристический алгоритм, позволяющий в условиях строгой ограниченности во времени и при отсутствии общего (стандартного) решения поставленной задачи предложить пользователю приемлемый результат.

Необходимо отметить, что при работе с базой знаний пользователь может ввести в поле поиска информации не только наименование нормативно-правового документа, который его (пользователя) интересует, но и краткое описание своей проблемы (жизненной ситуации).

Таким образом, можно отметить несомненные преимущества использования данной интеллектуальной информационной системы:

- выполняется решение неформализованных задач;
- обрабатываются значительные массивы знаний конкретной предметной области;
- позволяет предоставлять адресную информацию в любое удобное для пользователя время.



Кроме того, гражданину предоставляется возможность не только ознакомиться с текстом нормативно-правового акта (далее по тексту «НПА»), отвечающего его запросу, но также перейти непосредственно к получению государственной услуги в электронном виде: для этого в карточке НПА представлены ссылки, ведущие к форме отправки запроса на получение услуги через единый портал государственных и муниципальных услуг, региональный портал государственных и муниципальных услуг, или через социальный портал государственных услуг министерства социально-демографической и семейной политики Самарской области.

Помимо поиска по жизненной ситуации, в НПБЗ СО реализован еще один способ получения информации: пользователю предоставляется возможность в режиме интерактивного диалога получить ответ на интересующий его вопрос. Ответ предоставляется в виде проанализированного списка документов, отвечающих запросу.

Интерактивный диалог выстраивается в соответствии с выбранной гражданином темой вопроса. В настоящий момент в НПБЗ СО проработаны анкеты в сфере ЖКХ и в сфере социальной защиты населения.

Анкеты разрабатываются экспертами: первоначально анализируется предметная область, моделируются возможные сценарии поведения пользователя, подготавливаются списки вопросов и ответов, а также перечень НПА, относящихся к тематике анкетирования. Далее в НПБЗ СО составляется сам анкетный опрос, осуществляется его контентное наполнение: эксперты создают связи между вопросами и вариантами ответов на них; варианты ответов, в свою очередь, связываются с карточками документов, в которых содержится исчерпывающая информация о документе, об услугах, которые можно получить на основании данного документа и т.д.

Большинство анкетных опросов строятся по принципу предоставления итогового ответа только по прохождению всех вопросов анкеты до конца. Анкетирование же в нормативно-правовой базе знаний позволяет гражданину запросить формирование итогового ответа на любом шаге анкетирования, что является несомненным преимуществом в условиях ограниченности во времени.

Почему же в основу данной системы легла именно база знаний? Ведь намного проще было бы «разбить» нормативно-правовой документ на части и занести все это в простую базу данных?

Существует несколько отличительных особенностей базы знаний от базы данных. В первую очередь хотелось бы отметить, что в базах знаний хранятся разнородные неструктурированные или слабоструктурированные данные, например, наряду с набором стандартных атрибутов, признаков и свойств объектов, в базе знаний могут храниться и уникальные свойства, присущие конкретному объекту, а не всему объему данных. Это могут быть, например, файлы различных форматов; типы объектов, атрибутов; значения атрибутов и т.д.

Еще одной чертой, характеризующей и отличающей базу знаний от традиционной базы данных, является построение базы знаний на основе открытой



модели, что позволяет гибко пополнять её (базу знаний) в соответствии с изменениями в законодательстве и практическими решениями проблем.

Особое внимание необходимо уделить такой существенной особенности, как построение базы знаний на основе семантических сетей (онтологий).

Однозначного определения семантической сети в настоящий момент не существует, однако, можно сказать, что семантическая сеть представляет собой некую информационную модель, описывающую конкретную предметную область и имеющую вид ориентированного графа, вершины которого соответствуют объектам или понятиям базы знаний, а направленные дуги задают отношения между ними (объектами или понятиями), т.е. семантика строится на основе понятий и отношений.

Существует несколько принципов, которым следует руководствоваться при построении интеллектуальных информационных систем на основе баз знаний:

- принцип адресности подразумевает предоставление пользователю информации на основе семантики с учётом его персональных характеристик и индивидуальных параметров запроса;
- принцип релевантности заключается в предоставлении пользователю из различных источников только интересующей его информации в удобной для восприятия форме;
- принцип открытости системы позволяет непрерывно пополнять базу знаний новыми данными (знаниями), что способствует ее актуализации;
- принцип адаптивности, т.е. способности к оперативному реагированию и приспособлению всех элементов системы к изменениям в условиях информационной среды.

База знаний позволяет подбирать наиболее эффективные способы решения различных вопросов с учетом ранее накопленного опыта, как положительного, так и негативного, если таковой имел место быть.

Основываясь на вышеизложенном, можно определить следующие перспективы развития НПБЗ СО:

- дальнейшее наполнение базы знаний по различным отраслям законодательства, а также актуализация накопленных знаний;
- развитие в части предоставления населению Самарской области дополнительных сервисов, например, проработка Личного кабинета на предмет реализации возможности оказания государственных услуг в электронном виде;
- информационное продвижение и популяризация системы среди населения.

Таким образом, нормативно-правовая база знаний Самарской области продолжит активно развиваться в ближайшем будущем.



С.А. Оплачко, Е.В. Гошин

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МАТРИЦЫ В ЗАДАЧЕ СОПОСТАВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ (Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Введение

В последние годы наблюдается возрастающий интерес к системам компьютерного зрения. Эти системы используются для решения задач безопасности, контроля продукции, автоматизации производства, наблюдения и анализа фоно-целевой обстановки и др. Реконструкция трёхмерных цифровых моделей сцен используется в перспективных системах мобильных роботов, беспилотных летательных аппаратов, автомобилей и др.

Реконструкция трёхмерной сцены по двум и более изображениям является одной из наиболее сложных задач компьютерной обработки изображений. Известно, что центральной проблемой в задаче стереозрения является нахождение соответствующих точек на различных видах сцены. Для упрощения поиска соответствующих точек обычно осуществляют ректификацию разноракурсных изображений – выравнивание эпиполярных линий путём проективного преобразования с использованием заданной или вычисленной по тестовым точкам фундаментальной матрицы, задающей связь между соответствующими точками на двух изображениях.

Способ получения информации о глубине состоит в фиксации пары изображений сцены под различными ракурсами и получении карты диспарантности. Карта диспарантности — изображение, яркости пикселей которого соответствуют значений диспарантности (сдвига) пикселей одного исходного изображения относительно другого. Поскольку при этом расстояние до точек сцены обратно пропорционально относительному сдвигу этих точек между двумя изображениями, карта диспарантности может быть использована как грубая оценка трёхмерной структуры сцены.

Целью работы является сравнение полученных карт диспарантности для различных способов определения параметров фундаментальной матрицы.

Постановка задачи

Данная работа была выполнена в рамках ограничений эпиполярной геометрии. Эта геометрия описывает два изображения одной сцены, полученных с разных ракурсов съёмки. Общая схема связи двух проекций точки трёхмерного пространства на плоскости двух камер приведена на рисунке 1.

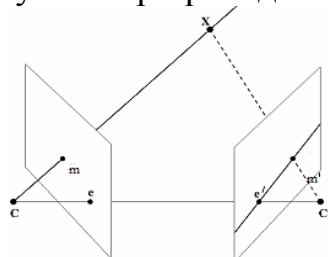


Рис. 1. Модель эпиполярной геометрии



На рисунке 1 точками S и S' представлены центры первой и второй камер, соответственно. Точка пространства трехмерного пространства X проецируется в точку m с координатами $(x, y, 1)$ на плоскость изображения левой камеры и точку m' с координатами $(x', y', 1)$ на плоскость изображения правой камеры. Если пара точек m и m' являются проекциями одной точки сцены, они называются соответствующими. При этом для них справедливо выражение

$$m'^T F m = 0, \quad (1)$$

где F – фундаментальная матрица [1]:

$$F = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} & f_{13} \\ f_{21} & f_{22} & f_{23} \\ f_{31} & f_{32} & f_{33} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Это выражение позволяет вычислить фундаментальную матрицу F без использования параметров камер по соответствующим точкам на изображениях.

Описание технологии

Рассмотрим технологию формирования карт диспарантности при неизвестных параметрах камер.

Для формирования фундаментальной матрицы требуются предварительно найденные соответствующие точки. Для их поиска был использован метод SURF [2]. На первом этапе поиска соответствий на сцене выбираются ключевые точки. Эти точки выбираются в местах резкого перепада градиента изображений. После этого находятся соответствующие друг другу точки на левом и правом изображениях сцены.

Для одной пары заданных соответствующих точек соотношение (1) является линейным однородным уравнением относительно коэффициентов $f_{ij}, i = \overline{1,3}, j = \overline{1,3}$:

$$x'xf_{11} + x'yf_{12} + x'f_{13} + y'xf_{21} + y'yf_{22} + y'f_{23} + xf_{31} + yf_{32} + 1 = 0. \quad (3)$$

Для отыскания всех неизвестных необходимо составить систему линейных однородных уравнений, взяв, по меньшей мере, восемь точек сцены. В случае выбора более восьми точек, система является переопределенной, а решение более точным. Такая система может быть решена с использованием метода наименьших квадратов, метода оценки параметров модели на основе случайных выборок (RANdom SAMple Consensus, RANSAC) [3] или метода оценки по наименьшей медиане (LMedS) [4].

После определения фундаментальной матрицы производится расчет матриц преобразования и производится ректификация посредством проективного преобразования [5]. Полученные ректифицированные изображения сопоставляются с использованием метода Semiglobal Block Matching (SGBM) [6] для сопоставления изображений. В результате выполнения метода SGBM, формируется карта диспарантности для первого изображения сцены относительно второго.



Результаты эксперимента

При моделировании использовались следующие параметры съемки:

- матрица внутренних параметров камеры: $K_1 = K_2 = \begin{bmatrix} 692,82 & 0 & 400 \\ 0 & 692,82 & 300 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$,
- поворот второй камеры относительно первой: $R = \begin{bmatrix} 0,99 & 0 & -0,04 \\ 0,03 & 0,7 & 0,7 \\ 0,03 & -0,7 & 0,7 \end{bmatrix}$,
- смещение центра второй камеры относительно первой: $t = \begin{bmatrix} -1,25 \\ 0 \\ -1,25 \end{bmatrix}$.

С использованием указанных выше параметров съемки получены следующие изображения (рисунок 2).

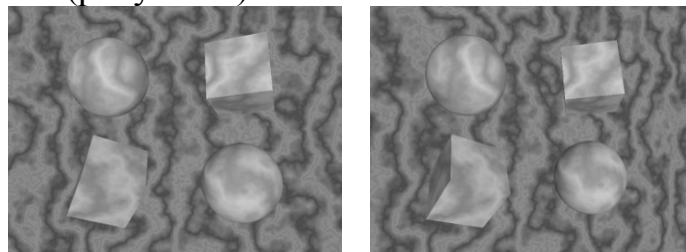


Рис. 2. Левое и правое изображения сцены

Точное значение фундаментальной матрицы было получено из внешних параметров камер с использованием выражения

$$F = K^{-T} [t]_x R K^{-1}, \quad (4)$$

где

$$[t]_x = \begin{bmatrix} 0 & -t_3 & t_2 \\ t_3 & 0 & -t_1 \\ -t_2 & t_1 & 0 \end{bmatrix}.$$

С использованием выражения (4) по параметрам съемки была рассчитана фундаментальная матрица.

На основе различного числа предварительно сопоставленных точек была оценена фундаментальная матрица.

С использованием точной и оцененных фундаментальных матриц было вычислено преобразование ректификации и сформированы карты диспаратности. Результаты формирования приведены на рисунке 3.

Выводы

Выбор достаточного числа точек и подходящего алгоритма формирования фундаментальной матрицы оказывается важной проблемой в случае, когда параметры съемки неизвестны. Поскольку при этом единственным основанием для проведения ректификации является фундаментальная матрица, качество ее оценки напрямую влияет на результат формирования трехмерной модели, в нашем случае – карты диспаратности. Проведенное исследование позволяет



сравнить не только точность формирования самой фундаментальной матрицы, но и результат последующего сопоставления. Можно заметить, что выбор значительно большего числа точек, чем это минимально необходимо, обеспечивает повышение качества сопоставления, вплоть до результата визуально сравнимого с использованием точной фундаментальной матрицы.

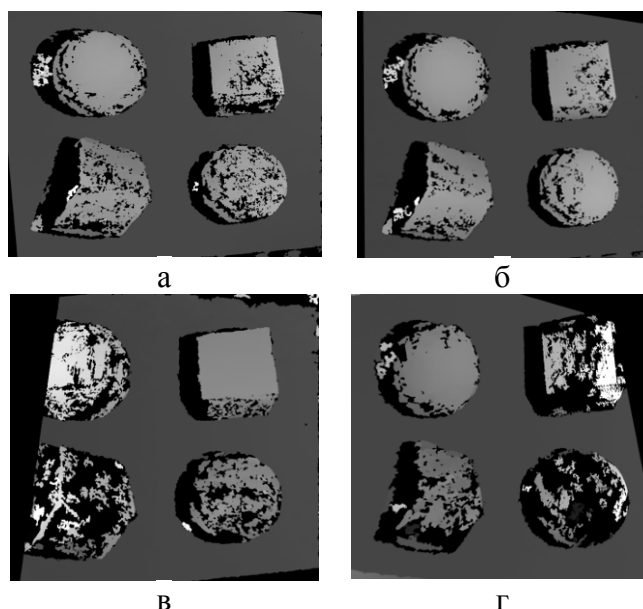


Рис. 3. Карты диспаратности: а) точная фундаментальная матрица, б) RANSAC для 100 точек, в) RANSAC для 40 точек, г) LMedS для 40 точек

Литература

1. Грузман И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие / И.С. Грузман, В.С. Киричук, В.П. Косых и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.
2. Bay H. Surf: Speeded up robust features / Bay H., Tuytelaars T., Van Gool L. //Computer vision–ECCV 2006. – Springer Berlin Heidelberg, 2006. – С. 404-417.
3. Torr P.H.S. The development and comparison of robust methods for estimating the fundamental matrix / Torr P.H.S., Murray D. W. //International journal of computer vision. – 1997. – Т. 24. – №. 3. – С. 271-300.
4. Hartley R. Multiple view geometry in computer vision / Hartley R., Zisserman A. // Cambridge university press, 2003
5. Hartley R. I. Theory and practice of projective rectification / Hartley R.I. // International Journal of Computer Vision. – 1999. – Т. 35. – №. 2. – с. 115.
6. Birchfield S. Depth Discontinuities by Pixel-to-Pixel / Birchfield S., Tomasi C. // StereoIJC35(3), 1999– с. 269-293.



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ КРУПНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

(Самарский государственный технический университет)

Развитие производственных мощностей, внедрение инновационных технологий, объединение отдельных предприятий в корпорации приводит к необходимости глубокой реконструкции производства, замены технологических процессов и оборудования. Крупные нефтяные, нефтехимические, машиностроительные корпорации и холдинги выполняют этот процесс как совокупность проектов по реконструкции и строительству новых объектов.

Проблема заключается в том, что обоснованное распределение инвестиций по объектам реконструкции возможно лишь при системном анализе ситуации и использовании методов искусственного интеллекта. Особенно важно уже на предпроектном этапе правильно определить техническую политику реконструкции объектов, вплоть до разработки возможных технологических и технических решений в проекте.

В докладе предлагается подход, который, опираясь на использование комплекса взаимосвязанных системных моделей, обеспечивает построение на их основе интеллектуальной системы для поддержки принятия решений (ИСППР) [1]. В целом по комплексу предприятий вся программа реконструкции представляется как множество проектов, которые разбиваются на кластеры по признакам их однородности. Это характерно, например, для нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. В этом случае, первая аналитическая задача ИСППР заключается в оценке эффективности производства на существующих объектах, разбиение их на группы по показателю эффективности и определении множества первоочередных объектов реконструкции.

Существует большое число методов оценки и сравнения производственных объектов при управлении их развитием: теория активных систем [2], мультиагентные технологии [3], производственные функции [4,5,6]. В то же время практика исследования больших комплексов сравнительно однородных производственных объектов показала, что весьма достоверные и информативные результаты обеспечивает метод анализа среды функционирования (АСФ) [7,8]. В англоязычной литературе этот метод носит название Data Envelopment Analysis (DEA).

Согласно методологии АСФ предлагается для анализируемого кластера объектов определить множество входов X и множество выходов Y одинаковое для каждого объекта данного кластера. Эти входы и выходы характеризуют производственные мощности, внешнюю среду и другие факторы. При этом число входов и выходов не должно в сумме быть значительным, иначе возникают вычислительные сложности решения задачи.



Основная модель для оценки эффективности n объектов является задачей линейного программирования:

$$\begin{aligned} \min \theta, \\ \text{при условии: } \theta x_0 - X\lambda \geq 0, \\ Y\lambda \geq y_0, \\ \lambda \geq 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где X – матрица входов,

Y – матрица выходов,

θ – величина эффективности исследуемого объекта,

λ – полуположительный вектор (фактор взвешивания),

$$\lambda_j \geq 0, \lambda_j \neq 0, \forall j = 1, \dots, n.$$

Решение задачи (1) сводится к n процедурам решения с помощью симплекс-метода системы линейных уравнений размерности n . Дальнейшее развитие этого подхода заключается в использовании практической границы эффективности. При этом формулируется и решается задача дробно-линейного программирования [9].

Полученные оценки эффективности производственных объектов дают возможность сгруппировать их по первоочередности финансирования. Оценка вектора от точки объекта в пространстве входов-выходов до ближайшей точки на границе эффективности позволяет рассчитать ориентировочный объем средств, которые необходимо вложить в данный объект при реконструкции.

Модуль АСФ входит в состав интеллектуальной системы ИСППР наряду с модулем оптимизации.

Следующий этап заключается в генерации множества альтернативных технических и технологических схем по реконструируемому объекту. Для этого в ИСППР используется модель продукционного вывода на основе базы знаний. В соответствии с предметной областью база знаний наполняется готовыми фактами и правилами, из которых выводится технологическая цепочка производственного процесса. Таких схем может быть несколько и выбор наиболее подходящей выполняется путем оценки затрат на состав оборудования для каждой технологической схемы. Оптимизационная задача может минимизировать стоимостной критерий с заданными ограничениями, либо использовать другие критерии, в том числе, и векторные.

Структурная схема интеллектуальной системы поддержки принятия решений приведена на рисунке 1.

В том случае, если заданным условиям соответствует некое готовое техническое решение, содержащееся в базе знаний, то оно выдается пользователю. В противном случае, осуществляется продукционный вывод и генерируется новое техническое решение. Все появляющиеся в системе решения запоминаются в базе знаний, так осуществляется обучение ИСППР.



Рис. 1. Интеллектуальная система поддержки принятия решений при реконструкции производственных объектов

В докладе подробно рассмотрены алгоритмы оценки эффективности объектов, генерации альтернативных вариантов, оптимизации состава оборудования для полученных решений.

Таким образом, внедрение предлагаемой интеллектуальной системы поддержки принятия решений в процессе реконструкции в крупных производственных системах позволит обоснованно распределять инвестиции, получать наилучшие технические решения, а также сократить сроки проектирования и строительства объектов реконструкции.

Литература

1. Орлов, С.П. Модели анализа и принятия решений при управлении региональными программами/ С.П.Орлов, Д.А.Нечаев //Системы управления и информационные технологии. № 2(25), 2013. – С.35-38.
2. Бурков, В. Н. Теория активных систем: состояние и перспективы /В.Н.Бурков, Д.А.Новиков. – М.: СИНТЕГ, 1999. – 128 с.



3. Виттих, В.А. Мультиагентные модели взаимодействия в процессах принятия решений/В.А.Виттих, Г.А.Ржевский, П.О.Скобелев // Тр. 4 Междунар. конф. по проблемам управления и моделирования сложных систем. Самара. - Самара: СНЦ РАН, 2002. - С.116-126.
4. Сно, К.К. Управленческая экономика: Пер. с англ. / К.К. Сно.— М: ИНФРА-М, 2000.— 671 с.
5. Afriat, S.N. Efficiency Estimation of Production Functions / S.N. Afriat // International Economic Review.— 1972, October.— Vol. 13, No. 3.— Pp. 568–598.
6. Aigner, D.J. On Estimating the Industry Production Function / D.J. Aigner, S.F. Chu // The American Economic Review.— 1968.— Vol. 58.— Pp. 826–839.
7. Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application / A. Charnes, W.W. Cooper, A.Y. Lewin, L.M. Seiford.— Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994.— 513 pp.
8. Пискунов, А.А. Использование методологии АСФ для оценки эффективности расходования бюджетных средств на государственное управление в субъектах Российской Федерации/А.А. Пискунов, И.И. Иванюк, А.В. Лычев, В.Е. Кривоножко//Вестник АКСОР. -2009. –№ 2. –С.28-36.
9. Орлов, С.П. Комплексная оценка и классификация объектов водоснабжения регионов /С.П.Орлов, Д.А.Нечаев //Вестник Самар. гос. техн. ун-та. Серия Технические науки. Вып. 1(37), 2013. – С.14-21.

Д.Г. Пейсахович, А.В. Иващенко

АДАПТАЦИЯ МЕТОДА ИНТЕРАКТИВНОЙ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ С УЧЁТОМ СОВМЕСТИМОСТИ ЗАКАЗОВ И ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ТРАНСПОРТНЫХ ОПЕРАТОРОВ SPL

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Развитие информационно-коммуникационных технологий позволяет существенно повысить точность планирования и контроля исполнения заказов на перевозку грузов наземным транспортом. Оснащение водителей грузовых транспортных средств устройствами спутниковой навигации и терминалами с выходом в Интернет обеспечивает техническую возможность информационного взаимодействия с диспетчерами в режиме реального времени, что определяет новые требования к интеллектуальным системам планирования транспортных ресурсов. В связи с этим в последнее время растет популярность открытых порталов, предоставляющих услуги, как транспортным компаниям, так и экспедиторам, по получению, планированию и диспетчеризации перевозок. Эти порталы реализуются с помощью программных платформ, которые функционируют по принципу SAAS (Software as a service), что делает их открытыми и доступными для небольших транспортных компаний и отдельных водителей, которые



за сравнительно малую плату получают доступ в единое информационное пространство международного уровня [1].

Такая тенденция привела к появлению нового типа логистических операторов 5PL, оказывающих комплекс логистических услуг [2] за счет организации единого информационного пространства среди заказчиков (грузоотправителей и грузополучателей) и исполнителей – транспортно-экспедиционных компаний.

Для решения задачи распределения заказов на грузоперевозку в единой информационной среде 5PL-оператора был предложен [3, 4] метод интерактивной диспетчеризации и реализующие его алгоритмы. Однако, описанные методы и алгоритмы рассматривают оперируют абстрактными заказами и исполнителями и не позволяют учитывать важный фактор предметной области: совместимость заказов и исполнителей.

Различные виды грузов могут иметь различные требования к условиям транспортировки. Так замороженные продукты подлежат транспортировке лишь в трейлерах, оснащённых холодильными установками, в то время как для перевозки нефтепродуктов используются цистерны различных конфигураций.

Это обстоятельство обуславливает важность адаптации методов и алгоритмов диспетчеризации для учёта требований к условиям грузоперевозок.

В [5] определена модель и задача интерактивной диспетчеризации:

Основными объектами модели являются заказы на транспортировку грузов w_i , $i = 1..N_w$, где N_w – количество заказов, и исполнители представленные в системе акторами u_j , $j = 1..N_u$ (где N_u – количество акторов). Основные события жизненного цикла заказа w_i :

$e^*(w_i, t^*_i) \in \{0,1\}$ – появление заказа w_i ;

$e(w_i, u_j, t_{i,j}) \in \{0,1\}$ – предложение заказа w_i актору u_j ;

$e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \in \{0,1\}$ – выбор (назначение) w_i актору u_j ;

$e''(w_i, t''_i) \in \{0,1\}$ – уход w_i из системы в случае отсутствия обработки (отказ).

Эти булевы переменные принимают значение 0 в случае отсутствия соответствующего события. Цена выполнения $c_{i,j}$ заказа w_i актором u_j определяется самим актором и предлагается на согласование центру; $\Delta t_{i,j}$ – продолжительность выполнения заказа w_i актором u_j при полной загрузке ресурсов (один актор не может выполнять одновременно несколько заказов, один заказ не может выполняться несколькими акторами).

Задача интерактивной диспетчеризации определяется выражениями:

$$\sum_{i=1}^{N_w} \sum_{j=1}^{N_u} e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot c_{i,j} \rightarrow \min, \sum_{j=1}^{N_u} e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) = 1, i = 1..N_w; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{N_w} \sum_{j=1}^{N_u} e^*(w_i, t^*_i) \cdot e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot (t'_{i,j} - t^*_i) \rightarrow \min. \quad (2)$$



Задача (1), (2) описывает поиск наиболее эффективного распределения ресурсов. При этом для исполнителей (акторов) наилучшим распределением станет максимизация дохода:

$$\forall u_j : \sum_{i=1}^{N_w} \sum_{k=1}^{N_u} e(w_i, u_j, t_{i,j}) \cdot e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot (1 - e'(w_i, u_k, t'_{i,k}) \cdot (1 - \delta_{j,k})) \cdot c_{i,j} \rightarrow \max, (3)$$

где $\delta_{j,k}$ – дельта Кронекера: $\delta_{j,k} = \begin{cases} 1, j = k \\ 0, j \neq k \end{cases}$.

Также в [5] дано описание алгоритма формирования частных оверлейных представлений. В рамках этого алгоритма производится решение задачи о назначениях для двух матриц для заказов w_i и акторов u_j , значения которых состояются из значений функций (1) и (2). При решении этой задачи так же учитывается функция (3). Дизъюнктивное объединение полученных матриц служит для построения оверлейных сетей для каждого из акторов.

Введём булеву функцию φ^c , определяющую совместимость заказа w_i и исполнителя u_j :

$$\varphi_c(w_i, u_j) \in \{0, 1\}. (4)$$

Функция совместимости (4) может принимать значения 0, в случае, если заданный заказ не подлежит перевозке заданным исполнителем или 1, если исполнитель подходит для перевозки заказа. Реализация функции совместимости определяется конечной системой управления грузоперевозками. Например, эта функция может быть реализована как логический вывод онтологической модели системы грузоперевозок, или посредством простого сопоставления по словарю типов заказов и исполнителей.

Для того, чтобы задействовать функцию совместимости в алгоритме построения частных оверлейных представлений необходимо при построении начальных матриц использовать значения следующего вида:

$$\alpha_{i,j} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{N_w} \sum_{j=1}^{N_u} e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot c_{i,j}, \varphi_c(w_i, u_j) = 1 \\ c_{\max}, \varphi_c(w_i, u_j) = 0 \end{cases}, i = 1..N_w, j = 1..N_U (5)$$

$$\beta_{i,j} = \begin{cases} \sum_{i=1}^{N_w} \sum_{j=1}^{N_u} e^*(w_i, t^*_i) \cdot e'(w_i, u_j, t'_{i,j}) \cdot (t'_{i,j} - t^*_i), \varphi_c(w_i, u_j) = 1 \\ t_{\max}, \varphi_c(w_i, u_j) = 0 \end{cases}, (6)$$

$$i = 1..N_w, j = 1..N_U$$

где $c_{\max}$ – некоторое недостижимо большое значение стоимости исполнения заказа, а $t_{\max}$ – некоторое недостижимо большое значение длительности исполнения заказа.



В результате заказы, исполнение которых исполнителем u_j невозможно, будут иметь заведомо неприемлемую стоимость и длительность исполнения, а значит никогда не попадут в его частное оверлейное представление.

Таким образом, не меняя базовой модели и постановки задачи, становится возможным адаптировать алгоритм построения частных оверлейных представлений метода интерактивной диспетчеризации для решения задачи назначения заказов на исполнителей с учётом их совместимости.

Литература

1. Dmitriev A. Maxoptra dynamic real time scheduling solution / New Magenta Papers: Scientific papers, Volume 2. – Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House, 2013. – p. 7 – 12
2. Чернова Д.В., Токманев С.В. Комплексная оценка экономической эффективности управления запасами оптово-посреднических организаций // Вестник Самарского государственного экономического университета, 2009. – № 10 (60). – с. 107 – 110
3. Иващенко А.В., Пейсахович Д.Г. Управление интерактивной диспетчеризацией ресурсов посреднического транспортного оператора // Системы управления и информационные технологии. – 2014. – № 1.1 (55). – С. 151–155.
4. Иващенко А.В., Пейсахович Д.Г. Стратегии проактивной диспетчеризации в интеллектуальных системах управления ресурсами оператора SPL // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – Т. 15, № 6. – С. 228–235
5. Пейсахович Д.Г. Управление интерактивной диспетчеризацией в едином информационном пространстве посреднического транспортного оператора // Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / Пенза – 2014.

С.А. Разлацкий, П.Ю. Якимов

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ТРЕХМЕРНОЙ СЦЕНЕ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

1 Введение

С каждым годом человек все больше окружает себя всевозможными электронными устройствами, датчиками, сенсорами. С момента появления первых телефонов с установленными видеокамерами прошло чуть больше 10 лет, и теперь с развитием и удешевлением технологий производства видеосенсоры есть под рукой практически у каждого человека. В течение небольшого промежутка времени их разновидность заметно увеличилась. Одной из новых возможностей стало получение трехмерного изображения.

Способов получения трехмерных данных существует большое множество. Однако, в целом их можно разделить на два вида: пассивные и активные



(излучающие) сенсоры. Например, стереокамеры по сути симулируют человеческое зрение и, сравнивая, изображения с двух или более камер, получают так называемую карту глубин [1]. При этом стереокамеры используют только свет, излучаемый другими объектами. Иной принцип работы используют TOF-камеры (*time of flight*). Они обрабатывают изображение на основе светового сигнала (инфракрасный диапазон) между видеокамерой и объектом для каждой точки, то есть работают по принципу эхолотатора.

Существует множество методов и алгоритмов обработки и распознавания объектов в двумерных изображениях. К сожалению, далеко не все из них применимы для обработки и интерпретации трехмерных данных. Однако, очевидно, что потенциал развития трехмерных методов и алгоритмов детектирования и распознавания очень велик.

Востребованность таких методов в прикладных сферах сложно переоценить. Алгоритмы работы с трехмерными данными могут со временем полностью заменить методы обработки двумерных данных в областях, где требуется детектирование и распознавание трехмерных объектов.

2 Постановка задачи

В настоящей статье приведен анализ двух известных методов детектирования и распознавания объектов в трехмерной сцене и выбор наиболее оптимального из них. Для исследования были выбраны метод трехмерного преобразования Хафа (*3D Hough voting* [2]) и метод геометрических соответствий (*Geometric Consistency Grouping* [3]).

В качестве исходных данных используется трехмерное облако точек, полученное при помощи камеры Microsoft Kinect (Рис. 1а). В трехмерной сцене на переднем плане (с точки зрения близости к камере во время съемки) изображены три объекта, находящиеся на плоской поверхности. Для детектирования был выбран пакет молока, находящийся в центре. Для интересующего объекта был отдельно получен эталонный трехмерный снимок, который изображен на Рис. 1б.

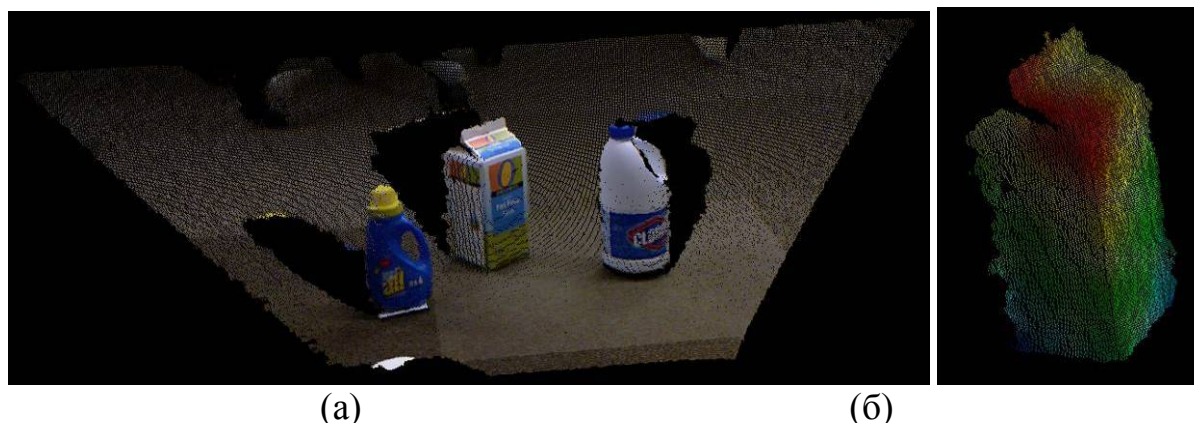


Рис. 1. (а) Исходные трехмерные данные;
(б) Эталонный трехмерный снимок детектируемого объекта

Решением поставленной задачи детектирования являются координаты и матрица поворота объекта в трехмерной сцене.



3 Детектирование и распознавание трехмерных объектов

В данных, указанных на Рис.1а и 1б, содержатся 307 200 и 13 740 точек соответственно. Наиболее простым и очевидным методом решения задачи детектирования является также, как и в двумерном случае, метод полного перебора. Однако, даже в таком довольно простом случае вычислительная мощность существующих процессоров недостаточна для быстрой обработки такого количества точек, тем более для обработки в реальном времени, то есть со скоростью получения кадров камерой.

Оба описанных выше метода используют для распознавания детектирование так называемых особых точек. Это трехмерные точки, которые получают различными методами: например, метод Харриса для поиска угловых точек, или более сложные дескрипторы – гистограммы ориентированных градиентов (*HoG*) и другие. После нахождения особых точек и на исходных данных, и на эталоне получаются сильно прореженные данные, на которых и происходит поиск трехмерного объекта.

3.1 Метод голосования Хафа

За основу метода взят алгоритм преобразования Хафа (*Hough Transform* [4]), который применяется для детектирования объектов на двумерных изображениях. Задача детектирования объекта, описанного заданной моделью, на двумерном цифровом изображении решается путем локализации изображения-эталона. Сначала исходное изображение бинаризуется, к примеру методом поиска границ (*edge detection*). Затем в каждой точке получившегося бинарного изображения проверяется гипотеза о присутствии эталонного искомого объекта. В процессе преобразования Хафа в специальном аккумуляторном пространстве накапливаются голоса. Область, получившая наибольшее количество голосов, в случае, если этого количества голосов достаточно, признается содержащей искомый объект.

Трехмерная версия преобразования Хафа основана на тех же принципах, что и двумерная. Главное отличие – это более сложные алгоритмы выбора точек на исходной сцене для проверки гипотезы о присутствии объекта.

Для инвариантности к вращению и масштабу искомого объекта необходимо повторять преобразование для повернутых и масштабированных эталонов. В результате получаются координаты объекта и матрица вращения.

3.2 Метод геометрической связанности

Основное отличие метода геометрической связанности от метода голосования Хафа – это использование более сложных дескрипторов особых точек [5]. Под дескриптором здесь имеется ввиду модель особой точки вместе с дополнительными параметрами и значениями.

В данном методе используется не только сама трехмерная точка, т.е. три ее координаты в пространстве, но также и гистограмма, посчитанная по окрестности этой точки (*Local Surface Patch – LSP*) (Рис. 2). Такое усовершенствование практически позволило добиться инвариантности алгоритма к поворотам и масштабированию, что существенно повлияло на производительность в сторону улучшения.

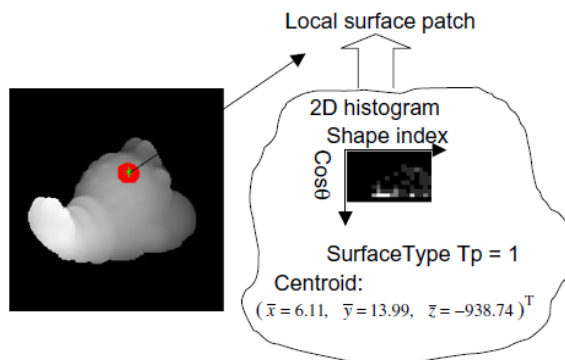


Рис. 2. Пример дескриптора локальной окрестности (*LSP*)

Еще одним важным отличием является использование хеш-таблиц. Для каждой точки вычисляется дескриптор локальных участков поверхности. Затем необходимые параметры заносятся в специальные созданные хеш-таблицы. На основе значений это таблицы подбираются области-кандидаты на наличие эталона, и выбирается наиболее соответствующая параметрам область.

4 Результаты экспериментов

Для реализации описанных алгоритмов использовалась библиотека C++ для работы с трехмерными данными *Point Cloud Library (PCL)*.

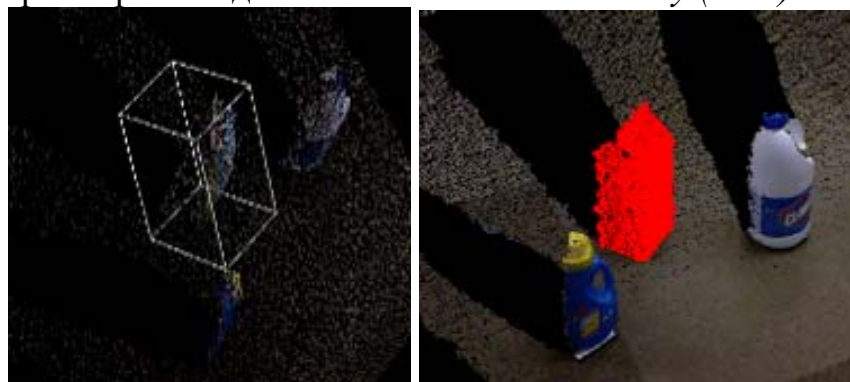


Рис. 3. Результаты распознавания алгоритмом Хафа

Результаты применения алгоритма голосования Хафа представлены на Рис. 3. Как видно на рисунке, алгоритм успешно решил поставленную задачу и точно указал на область присутствия искомого пакета молока.

Методом геометрической связности также удалось обнаружить расположения эталонного объекта. Но алгоритм выдал также еще 2 объекта, которые похожи на эталон. Как видно на Рис. 4, эти объекты детектированы ложно.

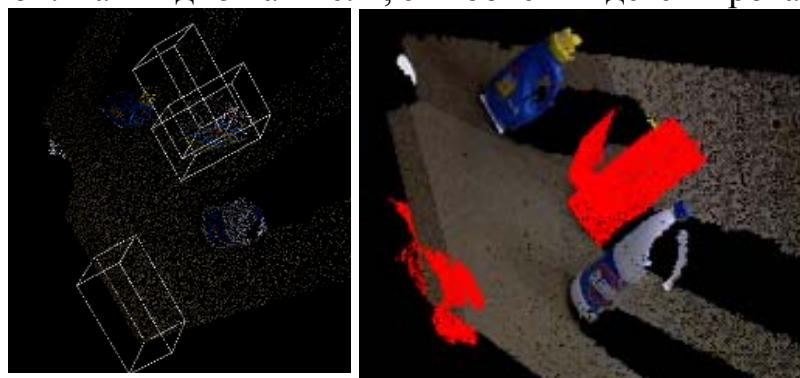


Рис. 4. Результаты применения метода геометрической связности



5. Заключение

В результате исследования методов были выяснены основные отличия, преимущества и недостатки. Метод голосования Хафа показал лучшие результаты на конкретных примерах данных, однако скорость работы метода геометрической связности оказалась немного выше.

В дальнейшем полученные результаты исследования предполагается использовать в задаче детектирования и распознавания пешеходов и прочих препятствиях при движении автомобиля. Для модификации был выбран метод основанный на преобразовании Хафа, показавший лучший результат по точности.

Литература

1. Fursov, V.A., Information technology for digital terrain model reconstruction from stereo images / V.A. Fursov, Y.V. Goshin // Computer Optics. – Volume 38, Issue 2. – 2014. – P. 335-342
2. Tombari F., Object recognition in 3D scenes with occlusions and clutter by Hough voting / L. Di Stefano, F. Tombari // Fourth Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology. – 2010. – P. 2-4
3. Tombari, F., A Global Hypotheses Verification Method for 3D Object Recognition / A. Fitzgibbon, S. Lazebnik, P. Perona, Y. Sato, C. Schmid // Computer Vision – ECCV 2012, Lecture Notes in Computer Science. – 2012. – P. 511-524
4. Yakimov, P., Localization of objects contours with different scales in images using Hough transform / S. Bibikov, V. Fursov, P. Yakimov // Computer Optics. – Volume 37(4). – 2013. – P. 496-502
5. Chen, H., 3D free-form object recognition in range images using local surface patches / H. Chen, B. Bhanu // Pattern Recognition Letters. – 2007. – p. 1252-1262

К.Т. Саттарова

МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Сегодня применение мультиагентных систем стало популярным во многих отраслях: это и социальная структура, и анализ распространения заболеваний, и моделирование транспортных потоков. [1] На промышленных предприятиях такие системы применяются относительно недавно и требуют значительных доработок. Основным преимуществом мультиагентных систем является последующая возможность построения имитационных моделей рассматриваемой производственной системы, в том числе, имитация работы цеха. Программное обеспечение, применяемое для разработки имитационных моделей на основе мультиагентных систем несколько проще в применении, чем ПО, при-



меняющее централизованный подход, что приводит к упрощению разработки построенной системы и легкому её обслуживанию. [2]

Интерес к мультиагентным системам в производстве связан с возможностью быстрого анализа влияния на производственную систему различных параметров, гибкостью мультиагентных моделей, возможностью адаптации имитационной модели под любое специфичное производство. Еще одной актуальной проблемой современности становится рост объемов информации и, как следствие, степени сложности описания систем.

Для решения подобных проблем применяются мультиагентные технологии, в основе которых лежит понятие "агента", которое в последнее время было адаптировано ко многим областям как прикладного и системного программирования, так и к исследованиям в областях искусственного интеллекта и распределенных интеллектуальных систем. Причем в каждом конкретном случае понятию придается несколько разное значение. В своих исследованиях я опираюсь на понятие интеллектуального агента, который обладает следующими свойствами: автономность, адаптивность, коллаборативность, способность к рассуждениям, коммуникативность, мобильность, и т.д.

Применение мультиагентных систем для организации работы цеха дает следующие преимущества:

1. Выявление и устранение рассогласований (план против факта).
 2. Контроль исполнения планов производства.
 3. Составление оперативных расписаний.
 4. Четкое планирование производственных ресурсов.
 5. Использование имитационных моделей для анализа влияния различных параметров на эффективность выполнения производственного заказа.
- [3]

В проведенном исследовании мультиагентная модель была построена в целях глубокого анализа организации производственного процесса изготовления детали Цапфа, которая может проходить обработку на одном из четырех функционально-подобных станков. При этом на эти же станки может придти еще 10 партий деталей других наименований. Общее описание работы модели, без учета времени простоя оборудования, представлено на рисунке 1.

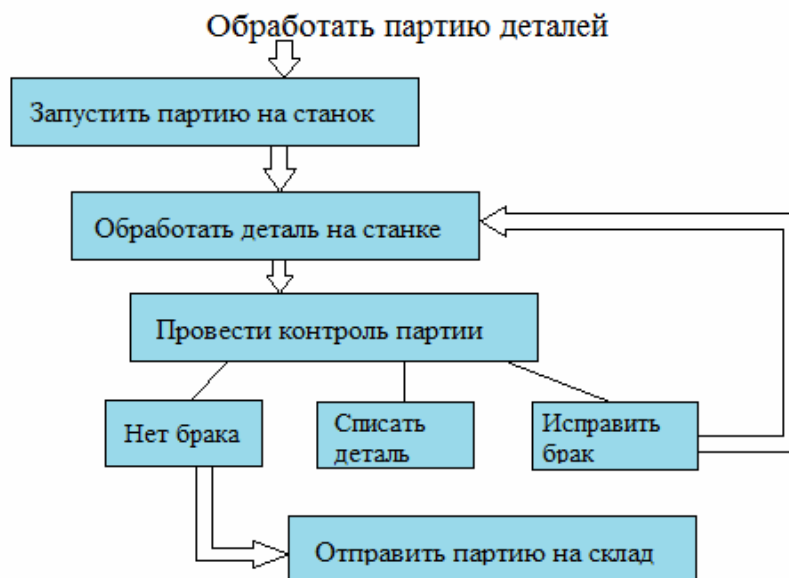


Рис. 1. Описание работы модели

Мультиагентное моделирование обработки детали проводилось в программном продукте AnyLogic. [4] Время работы модели составляет 24 рабочих дня. Основные параметры, учитывающиеся при работе модели, показаны на рисунке 2.

```
public int level = -1; // стадия обработки
public int source = -1; // номер детали
public double time = -1; // время измерения на ММ
public double levelTime = -1; // время обработки детали определенного уровня
public int waitTime = 0; // время простоя рабочего
public int count = -1; // количество заявок в партии
public static int[] arrayCount = null; // массив количества выпущенных деталей каждого типа
public int worker = -1;

/**
 * Конструктор по умолчанию
 */
```

Рис. 2. Параметры построенной модели

При запуске деталей в обработку агент выполнения заказа определяет, на какой станок запустить деталь, контролирует правильность хода обработки партии деталей, определяет возникновение простоя оборудования и отсчитывает его общее время. Агент измерения определяет возникновение брака и решает данный конфликт в соответствии с рисунком 1. Агент ожидания отслеживает пролёживание деталей.

Основной задачей построенной модели было определение влияния различных событий на возникновение простоев оборудования. Вероятность возникновения простоя была получена с применением многоканальной системы массового обслуживания с ожиданием. Каждый станок начинает обработку партии деталей, которую ему определила модель (агент заказа) (рисунок 3).



```
int n;  
n = (int)uniform(Simulation.batchstart,Simulation.batchend);  
The1stage.inject(n); //запускаю первую партию  
batch1_1.set_batchSize(n);  
|  
n = (int)uniform(Simulation.batchstart,Simulation.batchend);  
The2stage.inject(n); //запускаю первую партию  
batch1_2.set_batchSize(n);  
  
n = (int)uniform(Simulation.batchstart,Simulation.batchend);  
The3stage.inject(n); //запускаю первую партию  
batch1_3.set_batchSize(n);  
  
n = (int)uniform(Simulation.batchstart,Simulation.batchend);  
The4stage.inject(n); //запускаю первую партию  
batch1_4.set_batchSize(n);
```

Рис. 3. Запуск обработки деталей на станках

Затем программа полностью моделирует обработку партии деталей, от момента запуска до отгрузки готовой продукции на склад, учитывая при этом вероятность возникновения брака и простоя оборудования. После окончания обработки всех партий деталей, модель подсчитывает общее количество времени пролёживания партий деталей с помощью агента ожидания (рисунок 3) и общее время простоев оборудования.

```
//мое предназначение:задерживаю заявки до тех пор,пока  
//не откроется какой-либо hold  
delayWait.out.disconnectAndUnmapAll();  
delayWait.out.refreshConnections();  
totalWaitingTime++; //завязан на переменных и складываю общее время задержек в ожидании на измерение  
switch(entity.source){ //обращаюсь непосредственно к самой заявке (source)  
case 1:  
entity.waitTime++; //заявка обращается к методу waitTime и увеличивается по времени  
if(entity.waitTime>maxWaitTime1){  
maxWaitTime1 = entity.waitTime; //создаю статистику по максимальному времени задержки  
}break;|
```

Рис. 4. Принцип работы агента ожидания

В результате, для получения статистических данных в данной модели было проведено 5 экспериментов, которые позволили определить среднее время простоев оборудования и пролёживания деталей (на рисунке 5 представлены соответствующие значения работы модели в минутах в течение рабочего месяца), а самое главное - проанализировать, как будут меняться данные значения при изменении влияющих на них параметров (брак при обработке заготовок, нехватка рабочей силы, отсутствие инструмента и т.д.). Отметим, что выходные параметры работы модели были сопоставлены с данными статистики, полученными на производственном участке, послужившим основной площадкой для проводимых исследований. [5] Это сравнение позволило установить высокую точность результатов модели, а также выявить основную проблему построенной модели, которая кроется в заложенной в неё вероятности возникновения аварийного события.

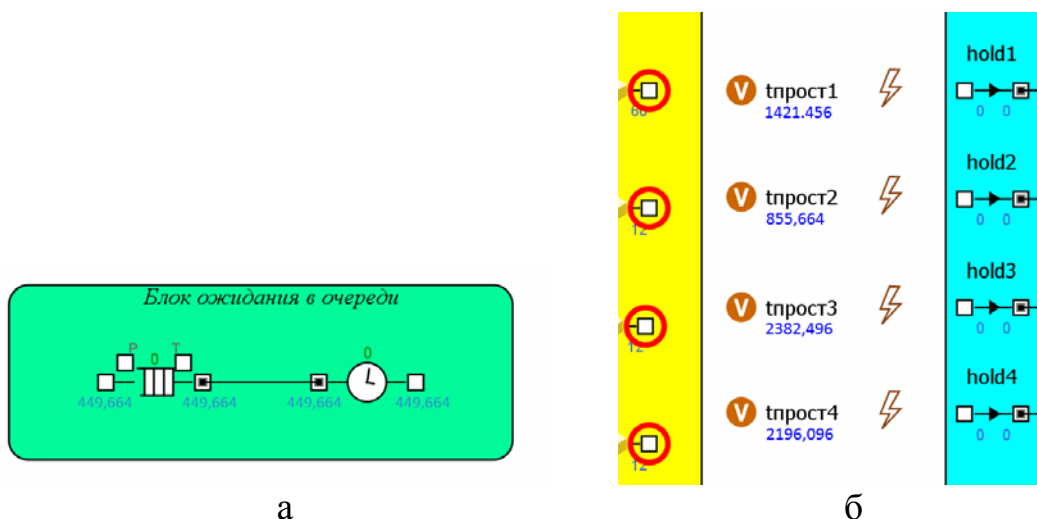


Рис. 5. Результат работы имитационной модели:

а – общее время пролеживания деталей; б – простои оборудования

Данная модель может быть в дальнейшем значительно расширена до уровня всего цеха, что поможет использовать её для быстрого принятия оптимальных стратегически важных производственных решений в условиях неопределенности и динамики изменений. Моделирование различных сценариев работы цеха на основе мультиагентного моделирования поможет получить важные сведения о поведении системы, установить её законы, что будет в дальнейшем использовано для уточнения и настройки концептуальных параметров производственной системы.

Литература

1. Трофимов В. В.. Информационные системы и технологии в экономике и управлении. М: Высшее образование, 2006. С. 94-212.
2. Коротыгин А. А.. Создание информационной модели виртуального предприятия на основе использования современных PLM-технологий. Самара: СГАУ, 2009. С. 1-20.
3. Проничев Ю.Н. Повышение эффективности обслуживания технологических комплексов в авиадвигательном производстве. Ю.Н. Проничев.- Самара: СГАУ, 2012. С. 3-45.
4. Боев В.Д., Исследования адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процессов. Монография ВАС, 2011. С. 76-108.
5. Саттарова К.Т., Кокарева В.В., Проничев Н.Д.. Анализ производственных систем машиностроительного производства методом моментных наблюдений. Сборник трудов Международной научно-практической конференции. Юргинский технологический институт. Томск, 2014. С. 46-48.



Е.В. Симонова, Д.А. Новиков, Д.А. Проценко

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО КОРПОРАТИВНОГО ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ «SMART PROJECT» МИНИСТЕРСТВА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ, ИННОВАЦИЙ И ТОРГОВЛИ САМАРСКОЙ ГУБЕРНИИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Введение

В настоящее время руководители крупных компаний сталкиваются с проблемами в управлении проектами, порождаемыми высокой динамикой процессов управления:

- частая смена планов;
- сложность расчёта эффективности работы сотрудника;
- срыв сроков выполнения задач;
- отсутствие единой точки сбора информации;
- сложность удаленного взаимодействия сотрудников;
- потеря массы полезной информации в беседах по телефону и письмах;
- отсутствие возможности оптимизировать загрузку персонала в реальном времени;
- планы теряют актуальность сразу после написания.

Для решения этих проблем существует ряд программных продуктов: SAP Resource and Portfolio Management [1], Microsoft Office Project Server [2] и PTC Windchill [3], однако они не обеспечивают автоматизированного составления расписания работ, не содержат средств базы знаний, не способны самообучаться и не предоставляют возможностей адаптивного перепланирования работ.

Постановка задачи

Основная задача разрабатываемого приложения – автоматизация проектной деятельности департамента управления проектами и программами министерства экономического развития, инвестиций и торговли Самарской области (МЭРИТ). В основные задачи этого министерства входит:

- 1) обеспечение социально-экономического развития Самарской области и ее территорий, отраслей экономики;
- 2) развитие инвестиционной деятельности, привлечение инвестиций;
- 3) реализация проектов, основанных на принципах государственно-частного партнерства;
- 4) развитие внешнеэкономических связей Самарской области.

Приложение может быть использовано для организации работы отдельного управления или департамента в целом.



Методы решения

Для решения описанных выше проблем можно эффективно использовать постепенно набирающие популярность и признание три новые концепции управления организациями:

1) Сетевые принципы организации

В качестве основного элемента сети предлагается использовать так называемые Бизнес-центры (БЦ) – относительно «автономные» организации на внутреннем рынке предприятия в рамках заданных предельных ресурсов, занимающиеся разработкой и продвижением определённых проектов.

2) Новая парадигма управления персоналом

Вместо жёсткой иерархии подчинения сверху вниз и заранее распределённых ресурсов – распределение сотрудников по БЦ с непосредственными руководителями, а также рыночный подход к распределению ресурсов между ними по мере необходимости.

3) Управление знаниями по проектам

Использование Базы Знаний (БЗ) – базы данных особого рода, разработанной для оперирования знаниями (метаданными), содержащей описания понятий (технических процессов и их участников) и отображающей структуру организации, семантическую сеть документов, типовые ситуации, шаблоны решения задач и рекомендации на основе опыта.

Описание прототипа системы

На основе данных концепций в настоящее время разрабатывается система «Smart Project». Основными её функциями являются:

- 1) планирование и исполнение проектов государственно-частного партнерства (ГЧП) с использованием онтологий;
- 2) ведение операционной деятельности отдела;
- 3) хранение документации и прочих материалов по проектам;
- 4) ведение корпоративного календаря и событий по проектам.

В основе системы лежит планировщик, использующий предварительно загруженные онтологии и адаптивно распределяющий вновь поступающие задачи по ресурсам.

В качестве отдельных компонентов можно выделить модули, отвечающие за Проекты, Задачи, События, Материалы (Систему электронного документооборота (СЭД)), Базу знаний, Отчёты.

Архитектура

Система состоит из основного модуля, развёртываемого на сервере, и веб-оболочки для доступа к корпоративному portalу через сеть Интернет, поэтому в качестве клиентского приложения можно использовать веб-браузер, что позволяет получить доступ к системе даже с мобильного устройства (смартфон/планшет).

После авторизации пользователя в системе открывается главный экран, содержащий актуальные данные, включающие количество проектов и их статусы, итоги деятельности министерства в рамках текущих и завершённых проектов, актуальные вопросы и события, которые необходимо изучить данному



пользователю, а также данные финансовой обеспеченности по отраслям работы министерства.

Из главного меню пользователь получает доступ к основным разделам: Проекты, Задачи, Материалы, Хроники, Карта проектов, Календарь, Галерея, Отчёты (Рис. 1).

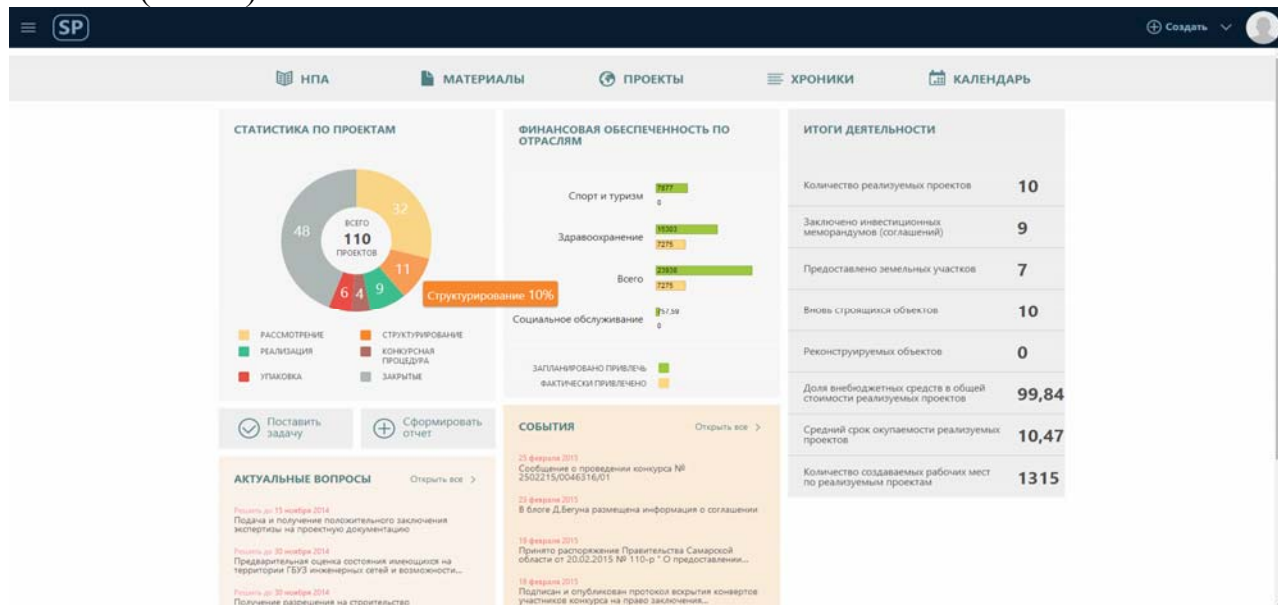


Рис. 1. Главная страница системы «Smart Project»

В разделах Проекты, Задачи, Материалы и Хроники пользователь видит списки доступных ему элементов, по которым он может перейти на страницы, где подробно представлена необходимая информация (Рис. 2).

Карта проектов даёт возможность просмотреть географические метки проектов: адрес стройки, ремонта, модернизации зданий по проекту, офиса компании, с которой заключен договор и прочее, отфильтрованные по статусам, и перейти на страницу выбранного проекта.

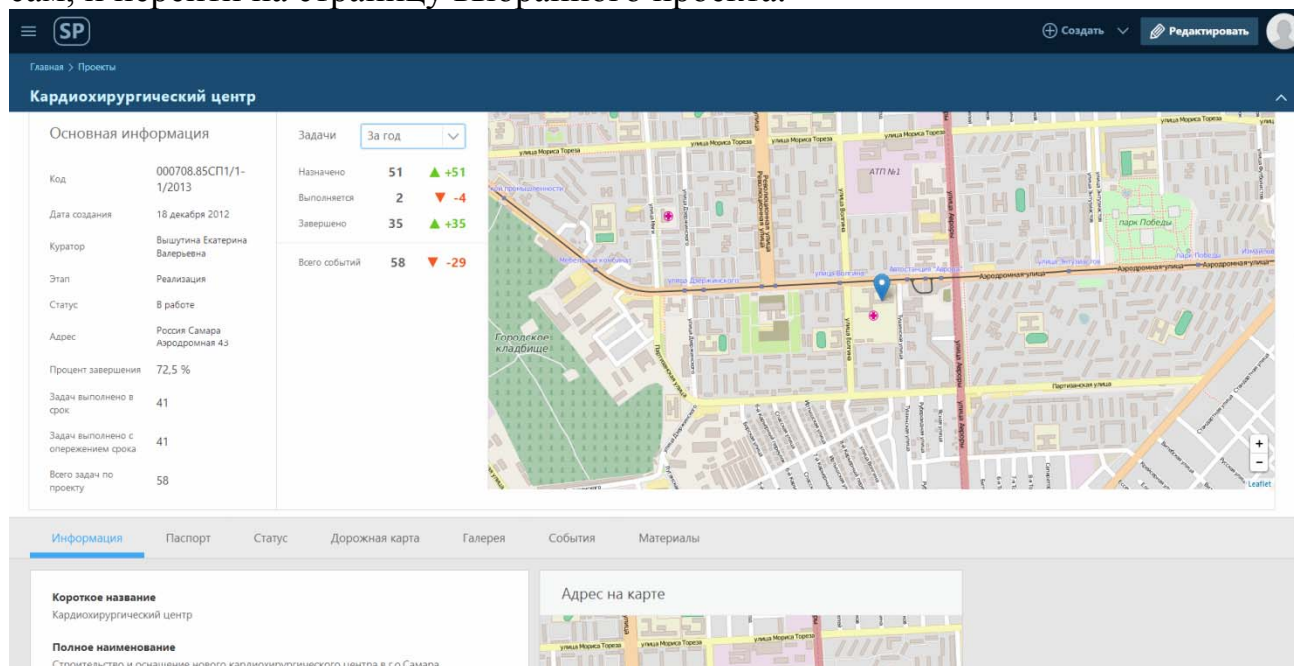


Рис. 2. Страница проекта



Галерея выводит все прикрепленные материалы с типом Фото по каждому доступному проекту.

Раздел Отчёты позволяет создавать отчёты по одному или нескольким проектам, включающие паспорт проекта, а также другие необходимые данные.

В настоящий момент система внедряется в эксплуатацию, а её ожидаемыми результатами являются:

- повышение качества и сокращение сроков реализации проектов;
- обеспечение прозрачности реализации проектов на любом уровне;
- повышение гибкости планирования проектов министерства;
- снижение рисков, связанных с обеспечением своевременного выполнения задач;
- повышение оперативности, согласованности и обоснованности принятия решений и сокращение времени реакции на непредвиденные события, требующих изменения планов подразделений;
- обеспечение эффективного использования ресурсов за счет постоянного перепланирования и поддержания плана в актуальном состоянии.

Заключение

Разработан прототип интеллектуальной системы управления проектами, позволяющей адаптивно планировать деятельность подразделения МЭРИТ с целью выполнения работ с заданным качеством, в рамках отведенного бюджета, в требуемые сроки, с минимальными рисками.

Литература

1. SAP Resource and Portfolio Management. – Режим доступа: <http://www.sap.com/solution/lob/r-and-d/software/portfolio-project-management/index.html>
2. Microsoft Office Project Server. – Режим доступа:
3. <https://products.office.com/ru-ru/project/enterprise-project-server>
4. PTC Windchill. – Режим доступа: <http://ru.ptc.com/product/windchill>

О.П. Солдатова, Д.З. Иваев

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Целью данной работы является изучение возможностей многослойного персептрона при классификации данных, проектирование и реализация систем классификации данных на основе модели многослойного персептрона с одним или несколькими скрытыми слоями, сравнение полученных результатов при различных настройках параметров сети.

Структура сети в общем виде представлена на рисунке 1. Входные данные представляют собой набор векторов, первые элементы которых – признаки,



характеризующие представителя класса, а последний элемент описывает порядковый номер класса.

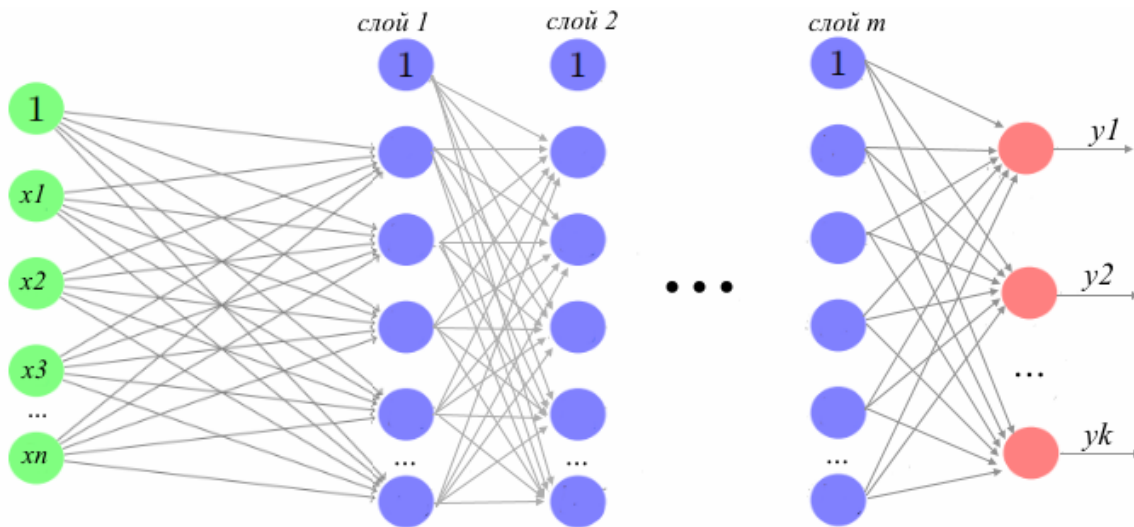


Рис. 1. Структура многослойного персептрона с m скрытыми слоями

Входной слой представляет собой вектор признаков классифицируемого элемента. Каждый нейрон каждого слоя связан со всеми нейронами следующего слоя. Во всех слоях, кроме последнего добавляется фиктивный нейрон со значением равным 1. Количество скрытых слоев и количество нейронов в слое может варьироваться. В выходном слое количество нейронов совпадает с количеством классов. Все слои образуют сигмоидальные нейроны.

Обучающие и тестовые данные хранятся в текстовых файлах формата «.txt». В одних файлах содержатся векторы для обучения, в других – векторы для тестирования работы сети. При вычислении выходного сигнала нейрона используется униполярная сигмоидальная функция, возвращающая значение в диапазоне от $[-1;1]$. После обработки сигнала в качестве представителя распознанного класса признается наиболее активный нейрон, выработавший самый сильный выходной сигнал.

Сигнал, подаваемый на вход i -го нейрона k -го слоя, проходит через сумматор, в котором выполняется взвешенное суммирование элементов входного сигнала:

$$u_i^{(k)} = \sum_{j=1}^m x_j w_{ij}^{(k)}, \text{ где } m - \text{число нейронов } k-1\text{-го слоя; } i = 1..n_k.$$

В случае входного слоя x_j – j -ый компонент вектора входных данных; m – размерности вектора x ; n_k – число элементов в слое k ; $w_{ij}^{(k)}$ – соответствующий весовой коэффициент.

Выход каждого элемента рассчитывается по следующей формуле:

$$y_i^{(k)} = f(u_i^{(k)}), \text{ где } f(u_i^{(k)}) = \frac{1}{1 + e^{-\beta x}} \text{ (здесь } \beta = 1 \text{)}.$$

Этап обучения нейронной сети заключается в подборе таких значений весов $w_{ij}^{(k)}$ для всех слоев сети, чтобы при заданном векторе x , получить на выходе



значения сигналов y_i , которые позволят определить принадлежность данного вектора к одному из классов. Для решения этой задачи используется алгоритм наискорейшего спуска и метод обратного распространения ошибки:

1. Подать на вход сети вектор данных.
2. Рассчитать значения y_i выходных сигналов нейронной сети.
3. Вычислить параметр коррекции δ_i каждого элемента нейронной сети

$$\delta_i = (y_i - d_i)(\partial y_i)$$

∂u_i (в случае выходных нейронов), где d_i – ожидаемое значение на i -м выходе, или

$$\delta_i^{(k)} = \frac{\left(\sum_j \delta_j^{(k+1)} w_{ji}^{(k+1)} \right) (\partial y_i)}{\partial u_i}$$

(для нейронов скрытых слоев k).

4. По формуле $\Delta w_{ij}^{(k)} = -\eta \delta_i^{(k)} u_j^{(k-1)}$ рассчитать коррекции весовых коэффициентов. Здесь w_{ij} – весовой коэффициент синаптической связи, соединяющей i -ый нейрон слоя $k-1$ с j -ым нейроном слоя k ; η – коэффициент обучения;

5. Провести корректировку весов по формуле $w_{ij}^{(k)} = w_{ij}^{(k)} + \Delta w_{ij}^{(k)}$ для каждого слоя;

6. Повторить процедуру обучения, подавая на вход следующий вектор данных.

Алгоритм повторяется для всех векторов обучающей выборки вплоть до выполнения условия остановки. Процедура обучения завершается либо в момент, когда значение весовых коэффициентов обеспечивает классификацию векторов с заданной точностью, либо после превышения заданного числа циклов обучения. Перед началом обучения случайным образом задаются начальные значения весовых коэффициентов у всех нейронов в диапазоне $\left[-\frac{\sqrt{n_{in}}}{2}, \frac{\sqrt{n_{in}}}{2} \right]$, где n_{in} означает количество входов нейрона. Обучающая выборка состоит из одинакового количества векторов для каждого класса. Последний компонент каждого вектора описывает класс вектора и используется для определения ожидаемых значений на выходе нейронной сети.

На выходе сети, по известным, найденным в процессе обучения весовым коэффициентам вычисляется вектор y (размер равен количеству классов). Решение дает выходной нейрон с максимальным значением y_i : по номеру i этого нейрона предъявляется в качестве ответа класс, которому принадлежит вектор.

Реализованная сеть показала высокую эффективность при классификации модельных данных. Тесты проводились с использованием наборов данных, описывающих виды ирисов и вин [1]. Система реализована на платформе .NETFramework на языке C# в интегрированной среде разработки Microsoft-VisualStudio 2012.

Были исследованы зависимости среднеквадратичного отклонения (СКО) от топологии сети и обучения при следующих параметрах обучения: обучающая



выборка из 90 векторов данных, характеризующих виды ирисов (по 30 для каждого из 3-х классов); входной слой – 4 нейрона; скрытый слой – 3; выходной – 3 нейрона; коэффициент обучения $\eta = 0,02$; пороговое значение определяющая точность – 0,01; ограничение на количество циклов – 2500 итераций. Тестовая выборка состоит из 60 векторов, не входящих в обучающую выборку (по 20 для каждого из 3-х классов). Зависимость СКО от коэффициента наклона сигмоидальной функции представлена в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость СКО от коэффициента наклона сигмоидальной функции при классификации ирисов

Коэффициент наклона сигмоидальной функции	Среднеквадратичная ошибка
1,0	0,026460
0,8	0,027923
0,6	0,037450
0,5	0,045296

Результаты исследований зависимости СКО от числа скрытых нейронов представлены в таблице 2 при коэффициенте наклона функции равным 1.

Таблица 2 – Зависимость СКО от числа нейронов в скрытом слое при классификации ирисов

Число нейронов в скрытом слое	Среднеквадратичная ошибка
15	0,029531
11	0,026793
5	0,024095
3	0,026460

Аналогично исследованы зависимости СКО при следующих параметрах обучения: обучающая выборка из 90 векторов данных характеризующих виды винных напитков (по 30 для каждого из 3-х классов); входной слой – 13 нейронов; скрытый слой – 11; выходной – 3 нейрона; коэффициент обучения $\eta = 0,02$; пороговое значение определяющая точность – 0,003; ограничение на количество циклов – 2500 итераций. Тестовая выборка состоит из 54 векторов, не входящих в обучающую выборку (по 18 для каждого из 3-х классов). Зависимость СКО от коэффициента наклона сигмоидальной функции при классификации винных напитков представлена в таблице 3.



Таблица 3. Зависимость СКО от коэффициента наклона сигмоидальной функции при классификации винных напитков

Коэффициент наклона сигмоидальной функции	Среднеквадратичная ошибка
1,0	0,033905
0,8	0,060765
0,6	0,103082
0,5	0,100371

Аналогично исследовалась зависимость СКО от числа нейронов в скрытом слое при $\alpha = 1$. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость СКО от числа нейронов в скрытом слое при классификации винных напитков.

Число нейронов в скрытом слое	Среднеквадратичная ошибка
17	0,015318
15	0,023189
13	0,026070
11	0,033905

При анализе результатов сделан вывод, что для каждого вида данных необходимо корректно подбирать параметры обучения и структуры сети.

В процессе классификации винных напитков при 17 нейронах в скрытом слое и единичном коэффициенте наклона сеть неверно определяет принадлежность каждого вектора одному из классов в 3,7% случаев.

При классификации ирисов устанавливались следующие параметры: число нейронов в скрытом слое – 5; коэффициент наклона функции – 1. В процессе тестирования ошибка выявлена при классификации 2 векторов из 60. При указанных параметрах сеть неверно классифицировала данные в 3,33% случаев.

Литература

1. UCIMachineLearningRepository [Электронный ресурс]. – URL: <http://archive.ics.uci.edu/ml/> (Дата обращения: 14.02.2015)
2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ С.Осовский. – М.: Финансы и статистика, 2002 – 344 с.
3. Солдатова, О.П. Курс лекций по дисциплине «Интеллектуальные системы» [Электронный ресурс]/ О.П.Солдатова. – СГАУ, 2014. – 164 с.



О.П. Солдатова, Д.А. Панкратова, В.Г. Литвинов

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОТИРОВОК АКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ ОБУЧАЮЩИХ ВЫБОРОК

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

При прогнозировании котировок акций важно выявить наличие корреляционной зависимости между прогнозируемой последовательностью и последовательностями биржевых цен на другие товары.

В качестве прогнозируемых выборок были использованы котировки акций нефтегазовых компаний: ОАО «Лукойл», ОАО «Роснефть» и ОАО «Транснефть». Для прогнозирования котировок были выбраны цены на нефть двух марок – Brent и WTI, а также цены на мазут, что обусловлено спецификой деятельности данных компаний. Для проверки корреляционных зависимостей были построены графики корреляционных функций, рассчитаны временные задержки, которые затем использовались в качестве одного из параметров для прогнозирования и обучения сети. В результате корреляционного анализа выяснилось, что цены на нефть и мазут имеют задержку в 1 день по отношению к котировкам трех компаний.

Для прогнозирования котировок акций была выбрана нейронная сеть Ванга-Менделя. Сеть Ванга-Менделя относится к классу нечётких продукционных нейронных сетей, которые обладают возможностью работы с неопределёнными, неполными или неточными данными.

Для обучения сети Ванга-Менделя использовались два алгоритма: адаптивный и наискорейшего спуска [1]. Второй алгоритм применялся в совокупности с адаптивным алгоритмом (последовательный метод обучения) и с предварительной инициализацией параметров функции Гаусса в первом слое фuzziфикации с помощью алгоритма K -усреднений.

При обычном обучении с использованием одномерной обучающей выборки входная последовательность данных подается последовательно, при этом происходит формирование обучающей выборки разделением данных на векторы размерностью, равной заданному прогнозному окну.

При использовании корреляционных зависимостей обучающих выборок обучающая выборка включает одно эталонное значение (известной котировки акции) и по одному элементу последовательностей цен на биржевые товары, коррелирующих с прогнозируемыми данными. Таким образом, получается многомерная обучающая выборка, но сохраняется одномерность входной последовательности. В данном случае размер прогнозного окна равен количеству коррелирующих с прогнозируемыми котировками данными.

Для определения корреляционных зависимостей рассчитывалась корреляционная функция, имеющая вид:



$$cor(X, Y, t) = \frac{\sum_{t=1}^N (X_t - MX)(Y_t - MY)}{\sqrt{\sum_{t=1}^N (X_t - MX)^2 \sum_{t=1}^N (Y_t - MY)^2}},$$

$$\text{где } MX = \frac{\sum_{t=1}^N X_t}{N}, \quad MY = \frac{\sum_{t=1}^N Y_t}{N}, \quad N = \min(N_X, N_Y), \quad N = \min(N_X, N_Y),$$

$$-1 \leq cor(X, Y, t) \leq 1.$$

Следует отметить следующие ограничения корреляционного анализа [2]:

1. Наличие достаточного количества наблюдений для изучения. Данное условие в работе выполняется, поскольку используются выборки объемом не менее 250 значений.
2. Совокупность значений всех факторных и результативного признаков должна подчиняться многомерному нормальному распределению. Условие выполняется также по причине достаточно большого объема выборок.
3. Исходная совокупность значений должна быть качественно однородной. Все выборки представляют собой цены на биржевые товары или котировки акций, поэтому условие однородности удовлетворено.
4. Сам по себе факт корреляционной зависимости не даёт основания утверждать, что одна из переменных предшествует или является причиной изменений, или что переменные вообще причинно связаны между собой, а не наблюдается действие третьего фактора. Действительно, нельзя точно утверждать, что именно скачок цены на тот или иной биржевой товар является причиной роста или падения котировок акций. Изменения котировок могут быть вызваны политическими, природными, экономическими и иными факторами, обуславливающими риски при игре на фондовых биржах.

Примем обозначения:

r – максимальный радиус кластера для адаптивного алгоритма;

e – количество эпох;

nul – количество правил (нейронов в скрытом слое);

d – задержка;

m – число коррелирующих выборок.

Для исследования прогнозирующих способностей сети Ванга-Менделя использовались котировки акций трех компаний: «Лукойл», «Роснефть» и «Транснефть».

В работе рассчитывалась средняя относительная погрешность обучения и прогнозирования. Формула расчета данной погрешности для пары «теоретическое значение-рассчитанное значение» выглядит следующим образом:

$$e = \left| \frac{y_i - y_i^{val}}{y_i^{val} \cdot N} \right|,$$

где y_i^{val} – вычисленное значение выходного сигнала сети;

y_i – эталонное значение выходного сигнала сети,

N – размерность выборки.



В таблице 1 представлены результаты прогнозирования без использования корреляционных зависимостей и прогнозирования с применением корреляций. Во втором случае в качестве коррелирующих выборок использовались цены на нефть марки «Brent», нефть марки «WTI» и мазут.

Таблица 1 – Результаты прогнозирования без использования корреляционных зависимостей и прогнозирования с применением корреляций

Название компании	Название алгоритма обучения	Относительная погрешность			
		Без корреляции		С корреляцией	
		обучения	тестирования	обучения	тестирования
Лукойл	Адаптивный	0,00072	0,01327	0,00511	0,00813
	Наискорейшего спуска	0,01083	0,00995	0,01038	0,00768
	Последовательный	0,06163	0,04315	0,21195	0,00799
Роснефть	Адаптивный	0,00473	0,00604	0,00574	0,00575
	Наискорейшего спуска	0,00931	0,00457	0,01038	0,00499
	Последовательный	0,01337	0,00526	0,01637	0,00535
Транснефть	Адаптивный	0,00294	0,00767	0,00567	0,00849
	Наискорейшего спуска	0,01461	0,00937	0,01054	0,00787
	Последовательный	0,63868	0,54525	0,03954	0,00992

Из таблицы 1 видно, что при использовании корреляционных зависимостей значительно уменьшаются погрешности прогнозирования, особенно, в случае адаптивного алгоритма обучения. Алгоритм наискорейшего спуска не всегда дает лучший результат при использовании корреляции.

Для оценки корреляционных зависимостей между выборками использовались задержки – количество дней от начала отсчета до момента времени, когда корреляционная функция впервые достигла своего максимального значения. В таблице 2 приведены значения погрешности прогнозирования для разного числа коррелирующих выборок. При этом использовались выборки с одинаковыми значениями задержки: нефть марки «Brent», нефть марки «WTI» и мазут – в качестве коррелирующих выборок; котировки акций «Лукойла» – как прогнозируемые.

Как видно из таблицы 2, наилучший результат мы получаем при использовании двух выборок, связанных корреляционной зависимостью с прогнозируемой. Это значит, что наилучший размер прогнозного окна равен 2. Данный факт был замечен при исследовании прогнозирующих способностей сети Ванга-Менделя при прогнозировании учетных цен на драгоценные металлы [3]. Кроме того, котировки акций «Лукойла» сопоставимы с ценами на золото, что позволяет использовать выводы, полученные в указанном исследовании, в настоящей работе.



Таблица 2 – Значения погрешности прогнозирования и обучения для разного числа коррелирующих выборок

Название алгоритма обучения	Относительная погрешность					
	m=1		m=2		m=3	
	обучения	тестирования	обучения	тестирования	Обучения	тестирования
Адаптивный	0,00607 ($\epsilon=10$, $r=7$)	0,00783	0,00481 ($\epsilon=2$, $r=4$)	0,00679	0,00511 ($\epsilon=10$, $r=5$)	0,00813
Наискорейшего спуска	0,01018($rul=15$, $\epsilon=6$)	0,00719	0,00851 ($rul=30$, $\epsilon=40$)	0,00718	0,00786 ($rul=15$, $\epsilon=11$)	0,00750
Последовательный	0,01931($\epsilon=2$, $r=10$)	0,00960	0,02891 ($\epsilon=3$, $r=0,8$)	0,00762	0,21195 ($\epsilon=8$, $r=0,5$)	0,00799

Таким образом, в ходе исследования прогнозирующих способностей сети Ванга-Менделя с использованием корреляционных зависимостей выборок были сделаны следующие выводы:

- использование корреляционных зависимостей улучшает прогнозирующие способности сети Ванга-Менделя, на порядок уменьшая ошибку прогнозирования;
- наилучшие результаты прогнозирования получаются при использовании двух коррелирующих выборок;
- следует использовать коррелирующие выборки со средними задержками (не более 6-7 дней);
- при прогнозировании с использованием корреляций наиболее эффективны адаптивный алгоритм и алгоритм обратного распространения ошибки с инициализацией алгоритмом K -усреднений.

Литература

1 Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ С. Осовский: Пер. с пол. Рудинского И.Д. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.: ил.;

2 Корреляция [Электронный ресурс]. – <https://ru.wikipedia.org/wiki/Корреляция> (дата обращения 09.03.2015 г.);

3 Солдатова О.П., Панкратова Д.А. Анализ результатов прогнозирования учетных цен на драгоценные металлы с помощью нечеткой нейронной продукционной сети Ванга-Менделя // Труды международной научно технической конференции «Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014)» (Самара, СГАУ, 30 июня–2 июля 2014 г.). – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014. – с. 165–169;

4 Цены сырьевых товаров [Электронный ресурс]. – <http://www.finanz.ru/birzhevyye-tovary>.



О.П. Солдатова, П.Д. Чайка

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ГИБРИДНОЙ СЕТИ КОХОНЕНА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В настоящее время для решения задачи классификации широко используются нейронные сети различной архитектуры. Одним из самых известных классов нейронных сетей являются сети с самоорганизацией. Самоорганизация нейронных сетей основана на закономерности, в соответствии с которой глобальное упорядочение сети становится возможным в результате самоорганизующихся операций, независимо друг от друга реализуемых в различных локальных сегментах сети. В соответствии с входными сигналами осуществляется активация нейронов, в результате чего активным оказывается один нейрон в сети (или в группе). Выходной нейрон, который выиграл соревнование, называется нейроном-победителем. Сети с самоорганизацией обучаются без учителя. Типичным представителем сетей с самоорганизацией являются карты Кохонена, которая представляет собой однослойную сеть прямого распространения сигнала.

Также для решения задачи классификации часто используют многослойный персептрон (MLP). Обычно многослойная сеть состоит из множества входных узлов, которые образуют входной слой; одного или нескольких скрытых слоев вычислительных нейронов и одного выходного слоя. Входной сигнал распространяется по сети в прямом направлении от слоя к слою. Многослойные персептроны обучаются с учителем, при этом обучение с учителем обычно выполняется с помощью градиентных алгоритмов и метода обратного распространения ошибки.

В качестве отдельного класса нейронных сетей выделяют сети с нечеткой логикой. Нечеткий многослойный персептрон является представителем данного класса. Он состоит из двух частей: нейронов «нечеткого слоя» и собственно многослойного персептрона. Функции активации нейронов «нечеткого слоя» такой сети являются радиальными базисными функциями (в виде функции Гаусса), моделирующими функции принадлежности. Эти нейроны предназначены для определения степеней принадлежности компонентов входных векторов.

Однако, как показывает практика, лучшие результаты достигаются при использовании гибридных сетей, которые строятся из сетей различных классов. Примером такой сети может служить гибридная сеть Кохонена, которая состоит из слоя Кохонена и многослойного персептрона. Также авторами были разработаны две собственные сети на основе гибридной сети Кохонена- составной и распределенный гибридной сети Кохонена. В них, за счет изменения структуры слоя Кохонена, а также алгоритма обучения удалось уменьшить погреш-

ность классификации, а также уменьшить количество нейронов и связей между ними. [1]

Еще одним вариантом построения гибридной сети является соединение слоя Кохонена с нечетким персептроном[2]. Использование нечеткого слоя позволяет уменьшить погрешность классификации пересекающихся классов.

В данной работе авторами предлагается новая нечёткая сеть - нечеткая гибридная сеть Кохонена, которая состоит из трех связанных друг с другом слоев. Первый слой – это сама сеть Кохонена. С ней соединяется второй слой нечеткой самоорганизации. Третий слой - это многослойный персептрон. Структура сети представлена на рисунке 1.

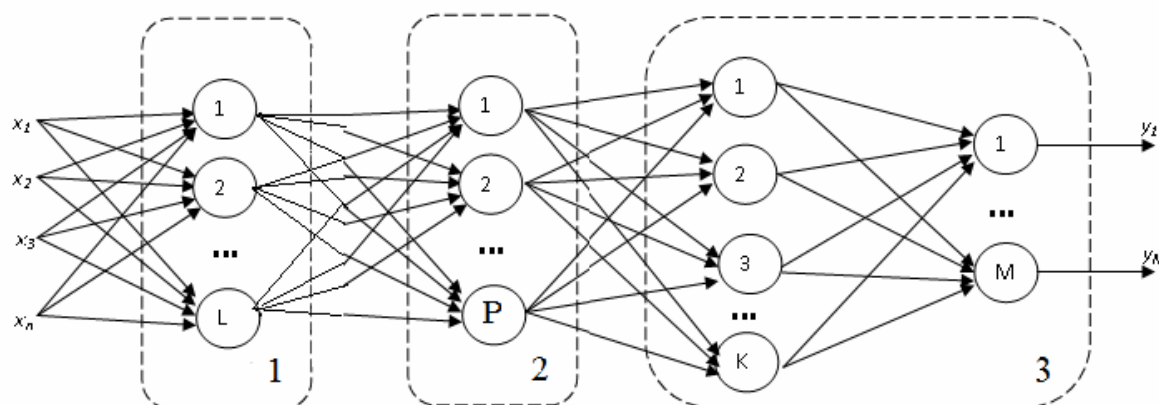


Рис. 1. Структура гибридной сети Кохонена, где 1 – слой Кохонена, 2 – слой нечеткой самоорганизации, 3 – многослойный персептрон.

Входной вектор $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ подается на вход слоя Кохонена, в котором формируется вектор расстояний от этого вектора до каждого из нейронов слоя Кохонена $z = [z_1, z_2, \dots, z_p]^T$. Далее этот вектор попадает на вход слоя нечеткой самоорганизации, на выходе которого формируется вектор, состоящий из степеней принадлежности z к конкретным центрам (радиально базисным функциям); $\mu(z) = [\mu_1(z), \mu_2(z), \dots, \mu_k(z)]^T$. Конкретные компоненты $\mu_i(z)$ рассчитываются таким образом, чтобы удовлетворять условию нормализации

$$\sum_{i=1}^m \mu_i(z^{(t)}) = 1 \text{ для каждого вектора } z^t, t = 1, \dots, p, \text{ где } p - \text{число векторов в обучающей выборке.} [2]$$

Выходы нечёткого многослойного персептрона трактуются как степени принадлежности предъявленного объекта соответствующему классу. После этого вектор степеней принадлежности поступает на вход многослойного персептрона, на выходе которого мы получаем код класса, к которому принадлежит $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$.

Обучение сети происходит в три этапа. Сначала обучается слой Кохонена. В результате обучения векторы весов нейронов данного слоя с минимальной погрешностью отображают распределение данных обучающих векторов x [3]. После этого происходит обучение слоя нечеткой самоорганизации с помощью алгоритма C-means. И наконец, происходит обучение многослойного



персептрона алгоритмом наискорейшего спуска и методом обратного распространения ошибки.

В качестве тестовых данных были взяты три набора данных из репозитория UCI[4]: ирисы Фишера, сорта вин и заболевания печени. В таблице 1 производится сравнение погрешности классификации многослойного персептрона, нечеткого многослойного персептрона, гибридной сети Кохонена, составной гибридной сети Кохонена, распределенной гибридной сети Кохонена и нечеткой гибридной сети Кохонена на заданных наборах данных.

Таблица 1 – Сравнение погрешности классификации на различных наборах данных

Тип сети	Ирисы Фишера	Сорта вин	Заболевания печени
Многослойный персептрон	0,0370	0,2450	0,4850
Нечеткий многослойный персептрон	0,0000	0,0723	0,4140
Гибридная сеть Кохонена	0,0000	0,0723	0,3860
Составная гибридная сеть Кохонена	0,0000	0,0552	0,2160
Распределенная гибридная сеть Кохонена	0,0000	0,0693	0,2300
Нечеткая гибридная сеть Кохонена	0,0000	0,0552	0,1530

На основе этих данных можно сделать вывод, что нечеткая гибридная сеть Кохонена лучше справляется с задачей классификации, не только если классы входных данных линейно неразделимы (сорта вин), но и если они сильно пересекаются (заболевания печени).

Литература

1 Солдатов О.П., Чайка П.Д. Исследование эффективности решения задачи классификации распределённой гибридной сетью Кохонена // Труды международной научно технической конференции «Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014)» (Самара, СГАУ, 30 июня–2 июля 2014 г.). – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014. с.170-173.

2 Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] /С. Осовский, пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.

3 Нейронные сети [Электронный ресурс]. — <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/neural-networks.html>

4 UCI Machine Learning Repository [Электронныйресурс]. – <http://archive.ics.uci.edu/ml>



О.П. Солдатова, Ю.М. Шепелев

СЖАТИЕ ВИЗУАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Цель данной научной работы состоит в анализе возможностей одного из типов нейронных сетей – многослойного персептрона – в области сжатия и восстановления изображений произвольного вида. Тема сжатия изображений с помощью многослойного персептрона достаточно часто освещается в научных работах. Тем не менее, на данный момент нет конкретных данных о влиянии архитектурных параметров сети на процесс обучения и качество работы сети на реальных данных.

В рамках данной работы была разработана система, позволяющая конструировать многослойные персептроны с архитектурой «бутылочного горлышка» [1, 2], наиболее часто используемой при решении задачи сжатия и восстановления изображений. В системе имеется возможность задать произвольное количество скрытых слоев, а также настроить количество нейронов в каждом слое. Созданная система хорошо подходит для исследования различных архитектур с последующим использованием на реальных данных. Программа разработана на языке программирования C++ с применением фреймворка Qt в интегрированной среде разработки Visual Studio 2013.

Базовая структура сети приведена на рисунке 1. Архитектура «бутылочного горлышка» предполагает обязательное наличие входного и выходного слоя одинаковой размерности, а также как минимум одного скрытого слоя, размерность которого выбирается много меньшей размерности входного и выходного слоев.

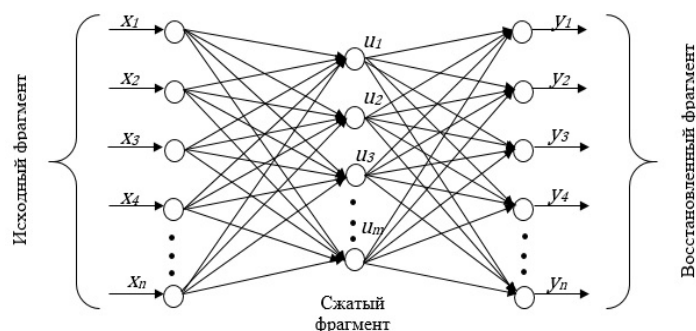


Рис. 1. Нейронная сеть с архитектурой «бутылочного горлышка»

Изображение разбивается на квадратные фрагменты. Каждый фрагмент состоит из n пикселей, где n – размерность входного слоя сети. Значения интенсивности каждого пикселя фрагмента подаются на вход сети. Данные, полученные на выходах скрытого слоя, образуют вектор сжатых данных размерности m . Данные представляют собой вещественные числа, которые могут быть закоди-



рованы и затем переданы по сети. Пример одного из способов кодирования представлен на рисунке 2 [1].

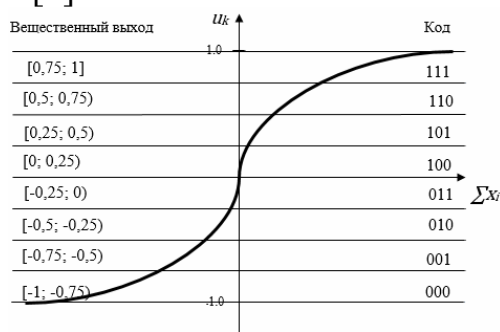


Рис. 2. Кодирование вектора сжатых данных

Сжатые данные, полученные на выходах скрытого слоя, подаются на выходной слой, где происходит восстановление данных. В результате восстановления должно получиться изображение, которое с достаточной точностью повторяет исходное.

Подобные нейронные сети имеют несколько особенностей:

- 1) коэффициент сжатия является постоянной величиной и равен $\frac{m}{n}$;
- 2) сеть может быть разделена на две части: одна производит сжатие изображения, другая – восстановление. Это позволяет использовать сеть в распределенных приложениях.

«Классической» версией сети является вариант с одним скрытым слоем, показанный на рисунке 1, причем выбирают $n = 64$, $m = 16$. Этот вид имеет обозначение 64-16-64, где 64 – размерность входного и выходного слоев, 16 – размерность скрытого слоя. Он обеспечивает сжатие изображения в четыре раза. Обычно при рассмотрении задачи сжатия изображений данная версия используется в качестве базовой.

Традиционно для подобных сетей в качестве функции активации используется сигмоидальная функция [2], обеспечивающая диапазон выходных значений $[-1; 1]$ и позволяющая использовать градиентные методы в силу непрерывной дифференцируемости.

Поскольку для различных изображений диапазон интенсивностей пикселей, вообще говоря, различен, необходимо перед подачей на входы нейронной сети выполнить нормализацию значений входного вектора относительно его длины.

Для инициализации весов сети в системе используется генератор случайных чисел. Существуют и другие методы, которые в некоторых случаях позволяют уменьшить количество локальных минимумов функции ошибки обучения, что приводит к уменьшению циклов обучения (например, метод имитации отжига).

Для обучения нейронной сети используется алгоритм наискорейшего спуска и метод обратного распространения ошибки [2, 3]. Несмотря на большое количество недостатков, среди которых основной – высокая длительность поиска направления минимизации весов, он достаточно хорошо подходит для ре-



шения поставленной задачи. Прочие методы обладают либо большой вычислительной сложностью (алгоритм наискорейшего спуска с адаптируемым шагом, алгоритм сопряженных градиентов), либо большим расходом памяти (алгоритм переменной метрики), что недопустимо для системы работы с изображениями в силу высокой длительности операций доступа к отдельным пикселям изображения и необходимости хранения его отдельных фрагментов.

Так как выходные значения распределены в диапазоне $[0; 1]$, для получения результирующих значений интенсивности необходимо умножить на длину входного вектора.

Сети, созданные в системе, обучались на 50 изображениях с разрешением 256×256 в оттенках серого. Для каждого варианта архитектуры было создано несколько сетей для получения достаточно достоверной оценки среднего количества циклов обучения. Процесс обучения осуществлялся в соответствии с моделью Train/Test/Validation в соотношении 70:20:10, где на стадии Train осуществляется непосредственно процесс обучения, Test – проверка качества обучения, Validation – финальная оценка.

При анализе обучения сети с архитектурой 64-16-64 выяснилось, что количество циклов обучения для каждого изображения сильно зависит от самого изображения. Дольше всего сеть обучалась на изображениях с резкими перепадами интенсивности и большим диапазоном ее значений. На небольшом количестве изображений (трех из общего числа в выборке) нейронные сети не смогли пройти обучение. Для остальных изображений количество циклов обучения распределилось в диапазоне примерно от 3 до 400 тысяч циклов, в среднем составив 110 тысяч циклов.

При работе на реальных данных сети с архитектурой 64-16-64 показали себя не лучшим образом, восстановив изображение с достаточно низкой точностью. На рисунке 3 приведен пример исходного и восстановленного изображений. Восстановленное изображение имеет менее резкие контуры.

Значительно быстрее обучается сеть с конфигурацией 64-4-64, обеспечивающая сжатие в 16 раз. Среднее количество циклов обучения для изображения составило 86 тысяч циклов. Однако вместе с сокращением числа нейронов скрытого слоя сократилось и число связей, поэтому нейронная сеть на реальных данных работает ожидаемо хуже, чем 64-16-64. Такая нейронная сеть слишком быстро «забывает» данные, поступающие в процессе обучения.



Рис. 3. Результат работы сети 64-16-64



Также для примера рассмотрим сеть вида 64-64-64 с коэффициентом сжатия, равным 1. Количество циклов обучения в среднем увеличилось по сравнению с сетью 64-16-64 незначительно и составило около 124 тысяч циклов, несмотря на сильное увеличение количества связей. Такая сеть показывает лучшие результаты, чем базовый вариант: изображение стало более контрастным. Однако точность восстановления все равно остается средней. Результат работы сети 64-64-64 показан на рисунке 4.



Рис. 4. Результат работы сети 64-64-64

Полученные результаты позволяют говорить о том, что нейронные сети с архитектурой «бутылочного горлышка», имеющие один скрытый слой, не позволяют с высокой точностью восстановить изображение. Кроме того, процесс обучения не для всех изображений проходит корректно. Увеличение размера сети приводит к улучшению результата, но при этом увеличиваются временные затраты на обучение, уменьшается степень сжатия, и результат, тем не менее, остается недостаточно близким к исходному.

Из полученных сетей лучшие результаты показала сеть 64-64-64. Однако она не выполняет фактического сжатия и потому ее не следует применять на практике. В случаях, когда не требуется высокой точности восстановления, можно использовать сеть 64-16-64.

Полученные данные говорят о том, что требуются дальнейшие исследования как в области повышения качества процесса обучения, так и в области усложнения архитектуры сети.

Литература

1 Watta P. Image Compression Using Backprop [Текст] / P. Watta, B. Desai, N. Dannug, M. Hassoun. – Detroit: Computation and Neural Networks Laboratory, Department of Electrical and Computer Engineering, Wayne State University, 1998. – 3 с.: ил.

2 Masalmah Y.M. – Image Compression Using Neural Networks [Текст] / Y.M. Masalmah. – Puerto Rico: Electrical and Computer Engineering Department, University of Puerto Rico, 2008. – 4 с.: ил.

3 Siva Nagi Reddy K. Image Compression and Reconstruction Using a New Approach By Artificial Neural Network [Текст] / K. Siva Nagi Reddy, Dr. B.R. Vikram, L. Koteswara Rao, B. Sudheer Reddy // International Journal of Image Processing (IJIP) – Taiwan, 2012. – Volume 6.



А.А. Степанов, А.И. Хаймович

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТЯЖЕК ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

На большинстве предприятий проектирование режущего инструмента осуществляют с помощью традиционных способов без организации единой среды проектирования и производства и взаимодействия между отдельными этапами жизненного цикла инструмента. Отсутствуют комплексные методики проектирования инструмента в единой среде MCAD-систем с возможностью управления процессом проектирования на основе данных о температуре резания, износе, напряженно-деформированном состоянии, шероховатости обработанной поверхности, требований потребителя к инструменту на отдельных этапах его жизненного цикла. Представлена структура системы проектирования режущего инструмента для организации единого информационного пространства, состоящего из современных MCAD-систем.

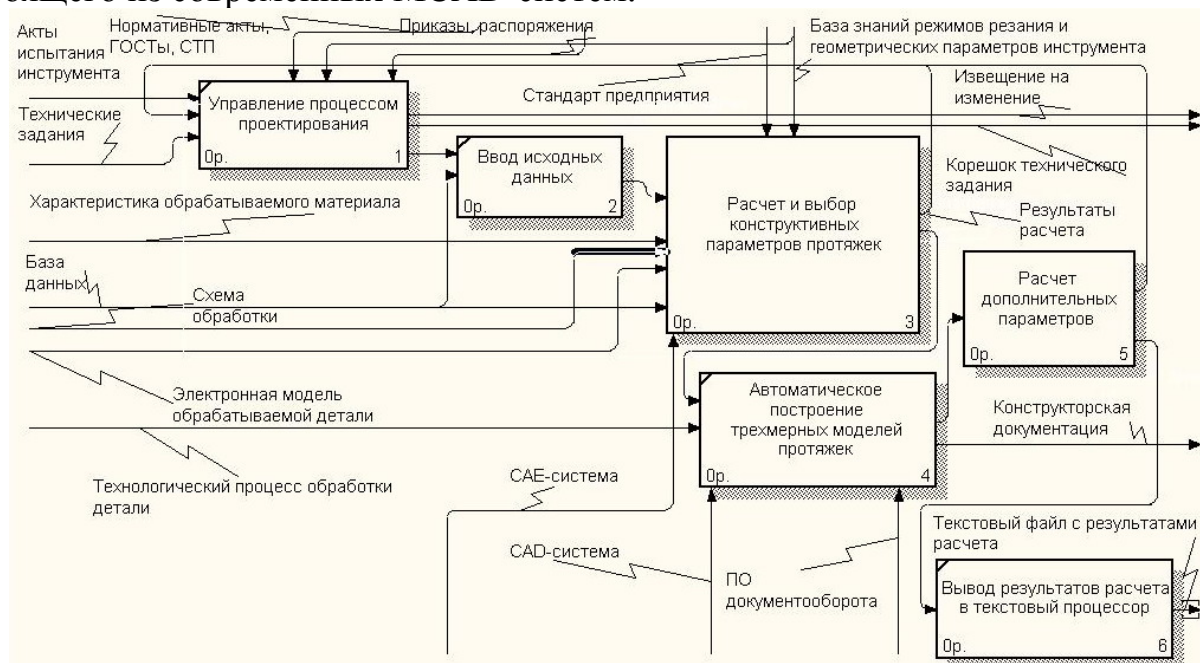


Рис. 1. Структура системы автоматизированного проектирования протяжек

Принципы, используемые при построении системы проектирования протяжек:

1. Проектирование на основе функциональных и информационных моделей этапов проектирования и производства режущего инструмента и потоков данных, полученных в результате анализа нормативов, справочных материалов, стандартов предприятия, результатов экспериментов и т.д. Структура функцио-



нальной модели показана на рисунке 1. Модель предназначена для реализации процедур проектирования инструмента в единой среде MCAD-систем и предусматривает управление процессом проектирования за счет обратной связи, устанавливающей соответствие между результатами проектирования и нормативными данными, поступающими в элемент управления по соответствующему каналу;

2. Проектирование на основе развертывания функций качества, при котором отдельные этапы проектирования и производства изделия оценивают на основе требований потребителя. В результате формируют технические требования к режущему инструменту (определенная геометрия зуба протяжки, наибольшая допускаемая сила протягивания, максимально возможное значение скорости протягивания для конкретной модели станка) и параметры процессов производства режущего инструмента (оптимальная скорость протягивания, наибольшая стойкость протяжки, минимум интенсивности износа и т.д.);

3. Проектирование на основе свойств, определяемых пользователем. Этот принцип позволяет интегрировать в единый комплекс информационные и функциональные модели, программные средства и математические модели, разработанные пользователем, проводить адаптацию системы проектирования специального режущего инструмента к программным комплексам, установленным на рабочих местах конструкторов и технологов предприятия;

4. Проектирование на основе нейросетевых моделей с помощью формирования массивов данных, необходимых для обучения системы проектирования специального режущего инструмента. Задача определения оптимальной геометрии режущего инструмента для обеспечения заданных показателей качества процессов механообработки (заданной стойкости инструмента, оптимальной скорости и температуры резания, минимума коэффициента усадки стружки, минимума интенсивности износа, минимума напряжений, возникающих в процессе обработки, по сравнению с допускаемым напряжением и т.д.) решена на основе планирования экспериментов и нейросетевого моделирования;

5. Проектирование на основе баз знаний с выделением статического и динамического компонента используемых знаний. Например, при проектировании протяжки для конкретного отверстия, параметры отверстия (число шлицев n , модуль m , длина L , ширина впадин по делительной окружности S и т.д.) являются статическим компонентом, поскольку определяют один вариант отверстия, а подъём на зуб S_z , угол β заострения зуба протяжки, скорость резания V - динамическими компонентами, т.к. на основе этих компонентов можно разработать разные варианты конструкций инструмента (сочетание подъёма на зуб и угла заострения) для разных режимов резания (сочетание скорости резания и подъёма на зуб);

6. Проектирование структуры процессов жизненного цикла режущего инструмента на основе контрольных карт арифметического среднего с выдачей рекомендаций по контролю на основе матрицы требований потребителя и инженерных характеристик. Процедуру оптимизации параметров инструмента проводят как на отдельных этапах функционирования модульной системы (по ре-



зультатам работы отдельного модуля), так и по результатам, полученным на окончательном этапе проектирования после получения множества критериев эффективности (значение интенсивности износа h , значение шероховатости R_z , результаты по выполнению требований потребителя к изготовленному инструменту, вероятность разрушения инструмента q_p , значение функции надежности $R(t)$, период стойкости T , число периодов стойкости K и т.д.). Разработанные функциональные и информационные модели процессов жизненного цикла протяжек являются основой интеллектуальной модульной системы проектирования протяжек, позволяют представить структуру процессов до необходимого уровня детализации, качественно повысить уровень автоматизированного проектирования за счет своевременного предоставления необходимых данных в течение всего жизненного цикла протяжек и сокращения сроков получения готового проектного решения на основе баз знаний.

О.Л. Сурнин, П.В. Ситников, К.В. Ситников

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ АРХИВАМИ БОЛЬШИХ МАССИВОВ ДАННЫХ КАК СОСТАВЛЯЮЩИЙ ЭЛЕМЕНТ ИНЖИНИРИНГОВЫХ ЦЕНТРОВ ЭЛЕКТРОННЫХ АРХИВОВ В ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКЕ РЕГИОНА

(ООО «Открытый код»,

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет),
Самарский государственный экономический университет)

В статье рассматриваются описание, структура и особенности интеллектуальной системы управления электронными архивами. Выделены уникальные преимущества использования интеллектуальной системы управления электронными архивами. Обозначены отличия электронного архива на основе базы знаний с использованием интеллектуальной программной платформы от традиционных архивов.

Введение

На сегодняшний день многие крупные организации обладают огромными бумажными архивами уникальной проектной, технической и технологической документации, сохранность и возможность использования которой представляет стратегический интерес для организаций. При этом предприятия сталкиваются с проблемами сохранения огромного количества такой документации, а также документов делопроизводства, профильной документации на бумажных носителях и организацией оперативного доступа к содержащейся в них информации. Традиционно эти проблемы решаются с помощью бумажных архивов. Однако это не отвечает требованиям времени: бумажные носители недолговечны, подвержены старению, могут быть искажены, утеряны или уничтожены. Все это может привести к невосполнимой утрате информации. Кроме того,



структура расположения бумажных носителей в архиве предполагает использование только одного параметра при поиске необходимого документа (например, по годам или по алфавиту), что приводит к трудозатратам и потери времени при получении необходимой информации. Решением выше перечисленных проблем является внедрение современного и универсального программного обеспечения, позволяющего осуществлять создание, управление и работу с электронными архивами государственных и коммерческих организаций, включая интеллектуальный семантический поиск и управление всеми формами представления информации, поддержку принятия решения на основе архивных данных и другие интеллектуальные возможности работы с данными.

В настоящее время в мире современных информационных технологий практически ни одна организация не может обойтись без электронного архива. Электронные архивы документации существенно экономят время сотрудников, ведь именно благодаря цифровым архивам документы всегда будут находиться под рукой у каждого заинтересованного специалиста.

Интеллектуальная система управления электронными архивами больших массивов данных

Внедрение интеллектуальной системы управления электронными архивами способствует достижению следующих целей:

- Перевод архива в электронный вид.
- Обеспечение сохранности архивной информации в электронном виде.
- Обеспечение независимости мест хранения документов от рабочих мест.
- Обеспечение непрерывного предоставления информации независимо от удаленности рабочего места и расписания работы архива.
- Повышение скорости обработки запросов и предоставления архивных данных.
- Интеграция в единую инфраструктуру электронного документооборота.
- Снижение трудозатрат на ведение учета и подготовку отчетной документации.

Система включает универсальный электронный архив изображений, включая 3D-изображения, а также модуль интеллектуального семантического поиска по электронным архивам данных: обеспечивает хранение всех видов материалов и архивных документов с наиболее обширным диапазоном параметров, а также управление и поиск данных по архиву с учётом семантики пользовательских запросов. Основная идея заключается в том, чтобы предоставить специалистам возможность формулировать запрос на естественном языке и получать от системы полный перечень адресной (соответствующей семантике запроса) информации, «знаний». Кроме того система имеет инновационный программный модуль-конвертер для повышения качества и безопасности хранения данных, позволяющий, с одной стороны, в пакетном режиме осуществлять миграцию форматов, данных от старых к новым, а с другой – определять и проводить предварительный анализ форматов данных непосредственно в процессе наполнения архива на предмет



соответствия утверждённым политикам хранения данных. Пользователи системы смогут самостоятельно настраивать политики хранения данных таким образом, что старые или неподдерживаемые более форматы будут автоматически преобразовываться программным обеспечением системы в современные форматы.

Таким образом, значительно повышается надёжность хранения и доступа к архивным данным всех категорий пользователей.

Интеллектуальная система управления электронными архивами больших массивов данных предназначена для использования любыми организациями любых форм собственности, государственными, бюджетными, внебюджетными учреждениями, коммерческими компаниями для организации работы с электронными архивами данных, управления электронными архивами, а также обеспечения поддержки принятия решений, за счёт интеллектуального поиска по базе данных электронного архива с пониманием системой семантики пользовательского запроса. Кроме того, использование электронного архива на основе Системы предоставит возможность обеспечить в электронном виде:

- механизм ввода и создания электронных документов (сканер, почта, непосредственный ввод и сохранение);
- просмотр документов;
- печать документов;
- быстрый поиск документов по различным параметрам, как по иерархическому каталогу документации, так и по атрибутам документа;
- разграничение прав доступа к электронным документам;
- невозможность несанкционированного удаления документов;
- надёжность хранения, резервное копирование электронных документов;
- отслеживание историй изменений документов;
- возможность интегрирования с уже существующими системами.

При этом эффективность использования архивного фонда многократно повышается за счёт систематизации больших массивов информации, возможности одновременной работы различных специалистов с одними и теми же документами, быстрого создания и анализа по заданному признаку подборок документов. Также обеспечивается удаленный доступ к документам сотрудников территориально распределённых подразделений. Кроме того, решается проблема сохранения целостности документации, так как при правильной организации хранения электронных документов невозможна их потеря, удаление и модификация.

Уникальной отличительной технологической особенностью Системы является использование компонентов, которые позволят обеспечить следующие преимущества:

- 1) Интеллектуальный анализ содержания документа, семантический анализ.
- 2) Создание каталога документов и их семантических дескрипторов.



3) Интеллектуальный поиск и навигация по архиву с учётом семантики документов.

Интеллектуальный анализ и аннотирование сканируемых документов позволяет превратить информацию в знание путем добавления семантических описателей. Перевод документов в знания должен осуществляться в автоматическом режиме с использованием принципов систем искусственного интеллекта, основанных на использовании знаний – онтологиях, что значительно уменьшит необходимость использования эксперта по знаниям. Навигация и поиск, в свою очередь, должны осуществляться на основе семантики документов, что позволяет не только повысить релевантность результатов, но и вывести пользователя на те документы, о существовании которых он не подозревал, но которые будут для него полезными.

Семантическая сеть позволяет описать крайне сложные и многообразные связи между документами. Возможность задать произвольные атрибуты у документа позволяют более точно его описать, что несомненно повысит качество поиска. В режиме интерактивного диалога с человеком, возможно осуществить не только поиск по ключевым словам, но и выйти на документы, которые имеют какое-либо отношение к найденным.

4) Использование технологий BigData

Технология BigData подразумевает серию подходов, инструментов и методов обработки структурированных и неструктурированных данных огромных объёмов и значительного многообразия для получения воспринимаемых человеком результатов, эффективных в условиях непрерывного прироста. Применение данной технологии позволит пользователям быстро и своевременно обрабатывать информацию и пакеты документов с возможностью, например, пакетного тегирования документов (с учётом семантики) или определения ключевых слов в документе.

Таким образом, оцифрованный надлежащим образом контент является мощным инструментом поддержки принятия решений руководителями и исполнителями всех уровней в тех сферах деятельности, в которых данная возможность необходима прежде всего: здравоохранение, региональное управление и деятельность органов исполнительной власти, промышленное производство и множество других секторов.

Для решения этой задачи в проекте реализуется разработка и постановка на производство универсального решения, обеспечивающего поддержку создания и интеллектуального управления электронными архивами, а также интеллектуального поиска по ним, возможность интеллектуального семантического поиска по электронному архиву всех форм представления информации (включая аудио-, видео-, графическую, а также текстовую информацию), поиск по метаданным, полнотекстовый поиск и другие возможности.

Заключение

Организация интеллектуальной системы управления электронными архивами больших массивов данных позволит обеспечить электронный документо-



оборот и актуализацию имеющейся электронной информации, а также непрерывность организационных процессов, связанных с использованием архивных документов.

Г.Ш. Цициашвили, М.А. Осипова

"РАСКРАШИВАНИЕ" КАРТЫ ПО КОНЕЧНОМУ НАБОРУ ТОЧЕК РАЗНЫХ ЦВЕТОВ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКИХ ПРЯМОУГОЛЬНИКОВ

(ИПМ ДВО РАН, Владивосток)

В настоящей работе предлагается алгоритм раскраски карты по точкам с разными цветами. Этот алгоритм основан на процедуре интервального распознавания образов и на алгоритме построения нечеткого прямоугольника. Он существенно проще и компактней, чем используемая в задачах картирования процедура триангуляции многоугольников.

Ключевые слова: нечеткий прямоугольник, интервальное распознавание образов, триангуляция многоугольников.

1 Введение

В настоящей работе предлагается алгоритм раскраски карты по точкам с разными цветами. Этот алгоритм основан на построении нечетких прямоугольников. Для каждой точки строится свой внутренний и содержащий его внешний прямоугольники. Прямоугольники, относящиеся к различным точкам одного цвета либо совпадают, либо не пересекаются. Если точки относятся к разным классам, то отвечающие им внутренние прямоугольники не пересекаются. Внешние прямоугольники могут пересекаться только у точек с разным цветом. Однако функции принадлежности, отвечающие пересекающимся прямоугольникам, удастся корректно согласовать. Данный алгоритм базируется на процедуре интервального распознавания образов [1] и на алгоритме построения нечеткого прямоугольника [2], основанного на идеях работ [3] - [7]. Он существенно проще и компактней, чем используемая в задачах картирования процедура триангуляции многоугольников, являющихся выпуклой оболочкой конечного набора точек.

Ключевые слова: нечеткий прямоугольник, алгоритм классификации, задача картирования.

2 Внутренние и внешние прямоугольники

Основная идея работы [1] состоит в том, что класс распознаваемых объектов разбивается на подклассы. Каждому подклассу сопоставляется внешний и вложенный в него внутренний прямоугольники. Причем прямоугольники, отвечающие разным подклассам, либо совпадают, либо не пересекаются или пересекаются на множестве нулевой Лебеговой меры. Обобщая алгоритм [1], в настоящей работе рассматривается несколько классов распознаваемых объектов.



Пусть задан конечный набор векторов $Z_1 = ((x_{1,1}, x_{2,1}), j_1), \dots, Z_n = ((x_{1,n}, x_{2,n}), j_n)$, где $-\infty < x_{i,k} < \infty, i = 1, 2, j_k \in \{1, \dots, m\}, k = 1, \dots, n$. Координаты $x_{i,k}, i = 1, 2$, характеризуют положение точки Z_k на плоскости, а координата j_k - номер класса, к которому принадлежит эта точка (цвет этой точки).

Одномерные отрезки. Зафиксируем индекс i , пусть $j_k = s$, обозначим

$$a_{i,k} = \min(x_{i,t} : x_{i,t} \leq x_{i,k}, j_t = s; x_{i,t} \leq x_{i,q} \leq x_{i,k} \Rightarrow j_q = s \text{ или } x_{i,t} = x_{i,k}),$$

$$b_{i,k} = \max(x_{i,t} : x_{i,t} \geq x_{i,k}, j_t = s; x_{i,t} \geq x_{i,q} \geq x_{i,k} \Rightarrow j_q = s \text{ или } x_{i,t} = x_{i,k}).$$

Очевидно, что справедливо неравенство $a_{i,k} \leq b_{i,k}$.

Теорема 1 Отрезки $[a_{i,k}, b_{i,k}], [a_{i,k'}, b_{i,k'}], k \neq k'$, либо совпадают, либо имеют общую граничную точку.

Обозначим

$$A_{i,k} = \max(x_{i,t} : j_t \neq s, x_{i,t} \leq a_{i,k}), B_{i,k} = \min(x_{i,t} : j_t \neq s, x_{i,t} \geq b_{i,k}). \quad (1)$$

Очевидно, что справедливо неравенство $A_{i,k} \leq B_{i,k}$. Число $A_{i,k}$ нельзя определить формулой (1), если $x_{i,k} = \min(x_{i,t} : 1 \leq t \leq n)$, тогда полагаем $A_{i,k} = \min(x_{i,t} : 1 \leq t \leq n) = A_i$. Аналогично, если $x_{i,k} = \max(x_{i,t} : 1 \leq t \leq n)$, то полагаем $B_{i,k} = \max(x_{i,t} : 1 \leq t \leq n) = B_i$.

Назовем отрезок $[a_{i,k}, b_{i,k}]$ внутренним отрезком, содержащим $x_{i,k}$, отрезок $[A_{i,k}, B_{i,k}]$ - внешним отрезком, содержащим $x_{i,k}$, $[a_{i,k}, b_{i,k}] \subseteq [A_{i,k}, B_{i,k}]$.

Теорема 2 Если $j_k = j_{k'}, k \neq k'$, то отрезки $[A_{i,k}, B_{i,k}], [A_{i,k'}, B_{i,k'}]$ либо совпадают, либо имеют общую граничную точку. Если $j_k \neq j_{k'}, k \neq k'$, то эти отрезки не совпадают, но могут пересекаться.

Доказательства теорем 1, 2 основаны на элементарных логико-геометрических рассуждениях.

Прямоугольники, окружающие выделенную точку. Определим внутренний $[X_k]$ и внешний (X_k) прямоугольники, окружающие точку $X_k = (x_{1,k}, x_{2,k})$ равенствами

$$[X_k] = [a_{1,k}, b_{1,k}] \otimes [a_{2,k}, b_{2,k}], (X_k) = [A_{1,k}, B_{1,k}] \otimes [A_{2,k}, B_{2,k}].$$

Теорема 3 Внутренние прямоугольники $[X_k], [X_{k'}], k \neq k'$, либо совпадают, либо соприкасаются своими границами.

Теорема 4 Внешние прямоугольники $(X_k), (X_{k'}), j_k = j_{k'}, k \neq k'$, либо совпадают, либо соприкасаются своими границами.

Утверждения теорем 3, 4 непосредственно следуют из теорем 1, 2.

Теорема 5 Внешние прямоугольники $(X_k), (X_{k'}), j_k \neq j_{k'}, k \neq k'$, не совпадают, но могут пересекаться. Причем каждая точка такого



пересечения, содержащаяся во внутренностях этих прямоугольников, принадлежит не более чем двум различным внешним прямоугольникам.

Зафиксируем k и положим $j_k = s$. Используя определения внешнего и внутреннего прямоугольников, можно доказать следующие утверждения.

Лемма 1 Множества

$(a_{1,k}, b_{1,k}) \otimes (a_{2,k}, b_{2,k}), [A_1, A_{1,k}] \otimes (a_{2,k}, b_{2,k}), [B_{1,k}, B_1] \otimes (a_{2,k}, b_{2,k}),$
 $(a_{1,k}, b_{1,k}) \otimes [A_2, A_{2,k}], (a_{1,k}, b_{1,k}) \otimes [B_{2,k}, B_2]$ содержат только точки $X_t, 1 \leq t \leq n$, удовлетворяющие равенству $j_t = s$.

Лемма 2 Множества

$(A_{1,k}, a_{1,k}) \otimes [A_2, B_2], (b_{1,k}, B_{1,k}) \otimes [A_2, B_2], [A_1, B_1] \otimes (A_{2,k}, a_{2,k}), [A_1, B_1] \otimes (b_{2,k}, B_{2,k})$
не содержат ни одной точки набора $X_t, 1 \leq t \leq n$.

Лемма 3 Множества

$[A_{1,k}, a_{1,k}] \otimes [a_{2,k}, b_{2,k}], [b_{1,k}, B_{1,k}] \otimes [a_{2,k}, b_{2,k}], [a_{1,k}, b_{1,k}] \otimes [A_{2,k}, a_{2,k}], [a_{1,k}, b_{1,k}] \otimes [b_{2,k}, B_{2,k}]$
содержатся в единственном внешнем прямоугольнике (X_k) .

Определим отрезки

$$\begin{aligned} C_{1,k}^- &= [A_1, A_{1,k}] \otimes \{A_{2,k}\}, C_{1,k}^+ = [B_{1,k}, B_1] \otimes \{A_{2,k}\}, \\ C_{2,k}^- &= [A_1, A_{1,k}] \otimes \{B_{2,k}\}, C_{2,k}^+ = [B_{1,k}, B_1] \otimes \{B_{2,k}\}, \\ C_{3,k}^- &= \{A_{1,k}\} \otimes [A_2, A_{2,k}], C_{3,k}^+ = \{A_{1,k}\} \otimes [B_{2,k}, B_2], \\ C_{4,k}^- &= \{B_{1,k}\} \otimes [A_2, A_{2,k}], C_{4,k}^+ = \{B_{1,k}\} \otimes [B_{2,k}, B_2] \end{aligned}$$

и множества

$$C_{p,k} = C_{p,k}^- \cup C_{p,k}^+, p = 1, \dots, 4.$$

Лемма 4 В каждом из множеств $C_{p,k}, p = 1, \dots, 4$, содержится по крайней мере одна точка X_t набора $\{X_1, \dots, X_n\}$, удовлетворяющая условию $j_t \neq s$.

Построим теперь прямоугольники

$$\begin{aligned} R_{1,k} &= [A_1, a_{1,k}] \otimes [A_2, a_{2,k}], L_{1,k} = [A_1, A_{1,k}] \otimes [A_2, A_{2,k}], \\ R_{2,k} &= [A_1, a_{1,k}] \otimes [b_{2,k}, B_2], L_{2,k} = [A_1, A_{1,k}] \otimes [B_{2,k}, B_2], \\ R_{3,k} &= [b_{1,k}, B_1] \otimes [A_2, a_{2,k}], L_{3,k} = [B_{1,k}, B_1] \otimes [A_2, A_{2,k}], \\ R_{4,k} &= [b_{1,k}, B_1] \otimes [b_{2,k}, B_2], L_{4,k} = [B_{1,k}, B_1] \otimes [B_{2,k}, B_2], \end{aligned}$$

очевидно, что справедливы включения

$$R_{p,k} \supseteq L_{p,k}, p = 1, \dots, 4.$$

Определим также прямоугольники

$$\begin{aligned} S_{1,k} &= [A_{1,k}, a_{1,k}] \otimes [A_{2,k}, a_{2,k}], S_{2,k} = [A_{1,k}, a_{1,k}] \otimes [b_{2,k}, B_{2,k}], \\ S_{3,k} &= [b_{1,k}, B_{1,k}] \otimes [A_{2,k}, a_{2,k}], S_{4,k} = [b_{1,k}, B_{1,k}] \otimes [b_{2,k}, B_{2,k}]. \end{aligned}$$



Лемма 5 Для любой точки $X_t \in L_{p,k}$, $j_t \neq s$ справедливо включение $(X_t) \subseteq R_{p,k}$, причем внешний прямоугольник (X_t) вместе с любой внутренней точкой прямоугольника $S_{p,k}$ содержит $S_{p,k}$ целиком.

Воспользуемся леммами 1 - 5 и докажем, что внутренние точки прямоугольника $S_{p,k}$ могут принадлежать помимо (X_k) не более чем одному внешнему прямоугольнику (X_t) , $j_t \neq s$. Остановимся на случае $p=1$, т.к. в остальных случаях это утверждение проверяется аналогично.

Пусть для любого X_t выполняется соотношение $X_t \notin L_{1,k}$, тогда прямоугольник $S_{1,k}$ принадлежит единственному внешнему прямоугольнику (X_k) . Предположим, что одна из точек X_t удовлетворяет условиям $X_t \in L_{1,k}$, $j_t \neq s$, $(X_t) \supseteq S_{1,k}$. Если для некоторого t' выполняются неравенства $x_{1,t} \leq x_{1,t'} \leq A_{1,k}$, (выполняются неравенства $x_{2,t} \leq x_{2,t'} \leq A_{2,k}$), тогда в силу определения внешнего прямоугольника справедливо равенство $j_t = j_{t'}$. Следовательно, внешние прямоугольники $(X_t), (X_{t'})$ либо совпадают, либо имеют только общие куски границ и значит внутренние точки прямоугольника $S_{1,k}$ не содержатся в $(X_{t'})$.

Если $x_{1,t'} \leq x_{1,t}$, $x_{2,t'} \leq x_{2,t}$, то тогда либо $j_{t'} \neq j_t$ и значит внутренние точки прямоугольника $S_{1,k}$ не содержатся в $(X_{t'})$. Либо $j_{t'} = j_t$ и значит или $(X_t) = (X_{t'})$, или прямоугольники имеют только общие куски границ и значит внутренние точки прямоугольника $S_{1,k}$ не содержатся в $(X_{t'})$.

3 Построение нечеткого множества для точек одного цвета

Без ограничения общности считаем, что существуют числа $0 = J_0 < J_1 < J_2 < \dots < J_m = n$ такие, что $P_s = \{k : j_k = s\} = \{k : J_{s-1} < k \leq J_s\}$, $1 \leq s \leq m$. В силу теорем 3, 4 при фиксированном s множество индексов $\{k \in P_s\}$ разбивается на классы эквивалентности, элементам которых соответствуют совпадающие внутренние (и внешние) прямоугольники.

Остановимся на случае $s=1$ и предположим, что соответствующими классами эквивалентности являются множества индексов $\{1, \dots, k_1\}, \{k_1 + 1, \dots, k_2\}, \dots, \{k_{l-1} + 1, \dots, k_l = J_1\}$. Введем следующие обозначения: $\gamma_{i,q} = a_{i,k_q}$, $\Gamma_{i,q} = A_{i,k_q}$, $\delta_{i,q} = a_{i,k_q}$, $\Delta_{i,q} = B_{i,k_q}$. Очевидно, что $\Gamma_{i,q} \leq \gamma_{i,q} \leq \delta_{i,q} \leq \Delta_{i,q}$, $i=1,2, 1 \leq q \leq l$.

При фиксированном $q, 1 \leq q \leq l$, определим функцию $\mu_q(X)$, $X \in E^2$ условиями:

$$a) X \in B_q, B_q = [\gamma_{1,q}, \delta_{1,q}] \otimes [\gamma_{2,q}, \delta_{2,q}] \Rightarrow \mu_q(X) = 1,$$



$$b) X \notin A_q, A_q = [\Gamma_{1,q}, \Delta_{1,q}] \otimes [\Gamma_{2,q}, \Delta_{2,q}] \Rightarrow \mu_q(X) = 0,$$

с) пусть при выполнении условия $0 \leq \lambda \leq 1$ справедливо включение $X = (x_1, x_2) \in \setminus G_\lambda$, где $\setminus G_\lambda$ – граница множества

$$G_\lambda = \bigotimes_{i=1}^2 [\gamma_{i,q} + \lambda(\Gamma_{i,q} - \gamma_{i,q}), \delta_{i,q} + \lambda(\Delta_{i,q} - \delta_{i,q})]$$

тогда $\mu_q(X) = 1 - \lambda$, и значит при $X \in A_q \setminus B_q = \bigcup_{0 \leq \lambda \leq 1} \setminus G_\lambda$

$$\mu_q(X) = 1 - \max_{1 \leq i \leq 2} \max [x_i - \gamma_{i,q} \Gamma_{i,q} - \gamma_{i,q}, x_i - \delta_{i,q} \Delta_{i,q} - \delta_{i,q}] \quad (2)$$

В силу равенства (2) получаем:

$$\mu_q(X) \leq 1 - x_i - \gamma_{i,q} \Gamma_{i,q} - \gamma_{i,q}, \Gamma_{i,q} \leq x_i \leq \gamma_{i,q}; \mu_q(X) \leq 1 - x_i - \delta_{i,q} \Delta_{i,q} - \delta_{i,q}, \delta_{i,q} \leq x_i \leq \Delta_{i,q}. \quad (3)$$

Определим теперь нечеткое множество, обозначающее вхождение вектора $X = (x_1, x_2)$ в один из построенных внешних прямоугольников $[\Gamma_{1,q}, \Delta_{1,q}] \otimes [\Gamma_{2,q}, \Delta_{2,q}], 1 \leq q \leq m$ [2]. В силу пересечения внешних прямоугольников только на кусках их границ, где соответствующие им функции равны нулю, можно определить функцию принадлежности этого нечеткого множества $\mu(X) = \sum_{q=1}^m \mu_q(X)$.

4 Построение нечетких множеств для точек разного цвета на основе фона карты

В результате для каждого цвета $s, s = 1, \dots, m$, построено нечеткое множество с функцией принадлежности $\mu^s(X)$ точки X к множеству, имеющему цвет s .

Теорема 6 Справедливо неравенство

$$\sum_{s=1}^m \mu^s(X) \leq 1, X \in E^2, \quad (4)$$

Чтобы доказать неравенство (4) следует воспользоваться теоремой 5 и оценить функцию $\sum_{s=1}^m \mu^s(X)$ при $X \in S_{1,k}$, пользуясь обозначениями из доказательства этой теоремы. В этом случае

$$\sum_{s=1}^m \mu^s(X) = \mu^s(X) + \mu^{j_t}(X),$$

где в силу формулы (2) имеем

$$\mu^s(X) = 1 - \max_{i=1,2} x_i - a_{i,k} A_{i,k} - a_{i,k} \leq 1 - x_1 - a_{1,k} A_{1,k} - a_{1,k},$$

$$\mu^{j_t}(X) = 1 - \max_{i=1,2} x_i - A_{i,k} a_{i,k} - A_{i,k} \leq 1 - x_1 - A_{1,k} a_{1,k} - A_{1,k}.$$

Следовательно, в силу формул (2), (3) справедливо неравенство

$$\mu^s(X) + \mu^{j_t}(X) \leq 1 - x_1 - a_{1,k} A_{1,k} - a_{1,k} + 1 - x_1 - A_{1,k} a_{1,k} - A_{1,k} = 1.$$

Завершая построение модели системы нечетких множеств, обозначим $\mu_0(X) = 1 - \sum_{s=1}^m \mu^s(X)$ и назовем эту неотрицательную разность функций



принадлежности нечеткого множества, характеризующего множество точек карты (плоскости), окрашенных в фоновый цвет.

5 Заключительные замечания

Нетрудно от двумерной перейти к многомерной модели раскраски карты. Для этого фактически ничего не потрубуется менять, в частности, метод доказательства теоремы 5.

Для процедуры визуализации раскраски карты достаточно раскрасить внутренние прямоугольники и контуром того же цвета указать границы внешних прямоугольников. Что же касается точек, входящих во внешние прямоугольники и не входящих во внутренние прямоугольники, то для них вычисление значений функций принадлежности проще всего производить с помощью формулы (2), не занимаясь технически достаточно сложным смешиванием различных цветов с различной интенсивностью.

Вычислительная сложность для реализации алгоритма построения внешних и внутренних прямоугольников $O(n^2)$.

В представленной в статье постановке задача о "раскраске" карты может быть использована для распознавания образов при наличии нескольких классов объектов (многомерных векторов) в обучающей выборке.

Литература

1. Tsitsiashvili G.Sh. Image recognition by multidimensional intervals// Reliability: Theory and Applications. 2013. Vol. 8. No 9. P. 21-23.
2. Tsitsiashvili G.Sh., Yu.N. Kharchenko, A.S. Losev and M.A. Osipova Interval Images Recognition and Fuzzy Sets// International Mathematical Forum. Vol. 9, 2014, no. 19, 917 - 921.
3. Zadeh L.A. Fuzzy sets// Information and Control. 1965. V. 8, № 3. P. 338-353.
4. Kaufmann A. Introduction a la theorie des sous-ensembles flous. 1973. Paris. Masson.
5. Амбарцумян Р.В., Мекке Й., Штойян Д. Введение в стохастическую геометрию. М.: Наука. 1989. (гл. 5, 6).
6. Chakraborty D., Ghosh, D. Analytical fuzzy plane geometry II// Fuzzy Sets and Systems. 2014. Vol. 243. P. 84–109.
7. Ефремов А.А. Новые операции над нечеткими числами и интервалами// Доклады ТУСУРа. № 1 (27). 2013, март. С. 95 – 99.



Ю.Е. Чуманкин, П.Е. Овчинников

ВЫБОР ПРИЗНАКОВ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ СИМВОЛОВ В ФОРМУЛАХ

(Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

В настоящее время широко распространены системы оптического распознавания символов. Они успешно справляются с распознаванием печатного текста. Но встречаются ситуации, в которых необходимо распознать не обычный текст, а текст, структурированный особым образом, в частности отсканированные формулы. Существуют коммерческие приложения, работающие в этой области, но они обладают существенными недостатками. Эти приложения либо не работают с формулами, обладающими сложной структурой, либо работают с изображениями высокого разрешения (~300 dpi).

Для того чтобы распознавать формулы предложен общий алгоритм, определяющий порядок действий приложения:

1. Определить области расположения отдельных символов.
2. Распознать отдельные символы.
3. Распознать структуру формулы.

В настоящей работе более подробно рассмотрен этап распознавания символов с учетом следующих особенностей, которые возникают при распознавании формул:

1. В индексах встречаются символы очень малых размеров.
2. Символы не сгруппированы в четко определенные строки и их имеется малое количество, поэтому исключается возможность определения угла поворота страницы, основанная на ориентации строк.

Целью работы является реализация распознавания символов с использованием различных признаков. Будут рассмотрены признаки, использующие расстояние Хэмминга и признаки, основанные на вычислении разложения изображения по ортогональному базису (базис Цернике, цилиндрический базис Уолша).

Для распознавания символов необходимо выделить признаки и принять решение о значении символа. Для верного распознавания необходимо выделять признаки, инвариантные относительно сдвига, масштабирования, поворота.

Инвариантность относительно сдвига и масштабирования для рассмотренных типов признаков достигается единым методом. Инвариантность относительно сдвига достигается переходом в систему центра масс изображения символа. Для достижения инвариантности относительно масштабирования необходимо преобразовать размеры распознаваемого символа и размеры символов эталонов таким образом, чтобы они стали одинаковыми.

Чтобы слабые искажения краев символа не вносили существенного изменения в конечное изображение, необходимо масштабировать не только символ, но и некоторую область пустого фона прилегающего к нему. Распознаваемые символы могут быть повернуты, поэтому захватываемая область масштабиро-



вания должна сохраняться при повороте. Такая область представляет собой круг. Для ослабления действия искажений формы символа радиус круга следует выбирать, основываясь на статистических моментах рассматриваемого изображения.

Предложена следующая формула для выбора радиуса захватываемого круга (1).

$$R_0 = \bar{\rho} + \alpha \sqrt{\sigma_{\rho}} \quad (1)$$

Где $\bar{\rho}$ и σ_{ρ} это математическое ожидание и дисперсия расстояния от центра масс до текущего пиксела, а α это параметр алгоритма, подбираемый экспериментально.

После выполнения всех указанных расчетов и изменения масштаба методы распознавания на основе расстояния Хэмминга и разложения изображения по ортогональному базису работают по-разному.

Расстояние Хэмминга для бинарных сигналов это количество бит, в которых сигналы различны.

Метод заключается в том, чтобы каждому классу поставить в соответствие бинарный сигнал, описывающий типичного представителя каждого класса, это и будет вектор признаков. В качестве такого сигнала можно выбрать сжатое и бинаризованное изображение типичного символа из класса, т.е. изображение не искаженного символа. Принятие решения осуществляется по методу ближайшего соседа [1].

Достоинством описанного метода является простота. Отсутствие затратных математических преобразований при выделении признаков делает метод производительным. Так как метод работает с бинарными изображениями, здесь нет необходимости в вычислениях с плавающей точкой, что еще сильнее ускоряет процесс вычислений.

К недостаткам метода относится отсутствие возможности распознавания повернутых символов.

Моментом порядка (n, m) называется величина, рассчитанная по формуле (2)

$$A_{nm} = \int V_{nm}(x, y) I(x, y) dx dy \quad (2)$$

Где V_{nm} является базисной функцией. В работе рассмотрено два базиса: базис Цернике (3) и цилиндрический базис Уолша (4).

$$V_{nm}(x, y) = V_{nm}(\rho, \theta) = \sqrt{\frac{n+1}{\pi}} \sum_{s=0}^{(n-|m|)/2} (-1)^s \frac{(n-s)!}{s! \left(\frac{n+|m|}{2} - s\right)! \left(\frac{n-|m|}{2} - s\right)!} \rho^{n-2s} \exp(jm\theta) \quad (3)$$

$$V_{nm}(x, y) = V_{nm}(\rho, \theta) = \sqrt{\frac{1}{\pi}} W_n(\rho) \exp(jm\theta) \quad (4)$$

Здесь n и m это целые числа, j – мнимая единица, W_n функция Уолша порядка n .

Функции определены на круге единичного радиуса и образуют полную систему ортогональных функций. Поэтому, по ним возможно разложить любую функцию, определенную на круге единичного радиуса.



За счет ортогональности коэффициенты разложения слабо коррелированы между собой. Это значит, что в небольшом количестве коэффициентов несутся большая часть информации о раскладываемой функции. В рассматриваемой задаче раскладывается функция интенсивности изображения I .

Практика показывает, что достаточную для распознавания информацию несут моменты порядка $n \leq 12$ для моментов Цернике и $n \leq 16$ для моментов Уолша.

Описанные выше системы полиномов были выбраны из-за необычного свойства получаемых моментов. Можно показать, что модули моментов не зависят от угла поворота исходного изображения [2]. А значит, распознавание с использованием модулей моментов будет одинаково успешным при различных углах поворота эталона и распознаваемого изображения. Для принятия решения используется метод наименьших квадратов в пространстве модулей моментов [2].

Рассмотренный метод принятия решения никаким образом не учитывает информацию о фазе моментов. Это не позволяет различить между собой символы, различающиеся лишь углом поворота друг относительно друга (такие символы как «p» и «d» или «q» и «b»).

Достоинством описанного метода является возможность распознавания повернутых изображений. При этом фаза момента пропорциональна углу поворота изображения, что позволяет не только распознавать повернутые изображения, но и находить угол поворота. Недостатком метода являются сложные вычисления с плавающей точкой, требующие затрат компьютерного времени.

Для тестирования предложенных методов было разработано приложение, способное распознавать изображения букв. Для составления выборки эталонов использовались изображения латинских строчных и прописных букв набранных шрифтами «Times New Roman» и «Cambria». Для тестирования приложения было составлено 9 выборок. Каждая из которых, состоит из 50 бинарных изображений строчных и прописных букв латинского алфавита, набранных шрифтами «Times New Roman» и «Cambria».

В каждой тройке выборок использовался свой диапазон высот символов. Выборки сгруппированы тройками для оценки погрешности определения точности. Если в выборки входят символы одинаковых размеров и шрифтов, то эксперименты над каждой выборкой можно считать независимыми. А вероятность верного распознавания символа, полученную в каждом эксперименте, можно усреднить и вычислить ее погрешность. При всех дальнейших расчетах использовалась доверительная вероятность $\gamma=0.95$. Обработка результатов эксперимента проводилась по методике, изложенной в [3]. Результаты экспериментов приведены в таблице 1.

Все рассмотренные методы справляются с распознаванием искаженных символов. Тестирование проводилось в широком диапазоне размеров символов. Системы признаков остаются достаточно информативными даже при очень малых размерах символа, меньше 16 пикселей. Что важно, при распознавании формул. По полученным результатам видно, что наилучшие результаты распо-



знавания показывают методы с использованием моментов Цернике и расстояния Хэмминга. При этом метод с использованием расстояния Хэмминга делает это несколько точнее. Более высокую точность метода Хэмминга можно объяснить учетом информации о повороте. При распознавании не повернутых изображений предпочтение следует отдавать методу с использованием расстояния Хэмминга. Но при распознавании повернутых изображений, как в случае распознавания символов в формулах, этот метод не применим, в отличие от метода с использованием моментов Цернике.

Таблица 1. Вероятности верного распознавания символа

	Более 40 пикселей	От 16 до 40 пикселей	Менее 16 пикселей
Моменты Цернике	[0.94;0.99]	[0.90;0.98]	[0.85;0.93]
Моменты Уолша	[0.90;98]	[0.85;0.95]	[0.78;86]
Расстояние Хэмминга	[0.94;0,99]	[0.93;0,99]	[0.90;0.98]

Литература

1. Lippmann R.P. An Introduction to Computing with Neural Nets // IEEE ASSP magazine, 1987. Pp. 4-22.
2. Khotanzad A., Hua Hong Y., Invariant Image Recognition by Zernike Moments. // IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell. Vol. 12, no. 5, 1990. Pp. 489-497.
3. Фаддеев М.А. Элементарная обработка результатов эксперимента. – Н. Новгород: Нижегородский государственный университет, 2002 – 108 с.

Р.А. Шаталин, П.Е. Овчинников

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ В ЗАДАЧАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

(Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

Видеонаблюдение приобретает все большее значение в нашей повседневной жизни, предоставляя важную информацию для сохранения безопасности, как в общественных местах, так и на частных территориях. Современные системы видеонаблюдения позволяют свести на несколько мониторов данные со всех камер, записать и просмотреть их в случае необходимости. Из этого следует, что такие системы создают огромный поток данных, хотя в реальности потенциально опасные ситуации возникают достаточно редко. Более того, человек оказывается неспособен удерживать внимание на видеокадрах, где многие события являются обыденными и повторяющимися, что в свою очередь снижает шанс обнаружения нештатных ситуаций. Эту ситуацию можно исправить, если сосредотачивать внимание оператора только на существенных изменениях в сцене и необычном поведении людей. Основными требованиями к таким сис-



темам являются обязательное срабатывание на нештатные ситуации, минимальное количество ложных срабатываний и работа в реальном времени. В данной области ведутся исследования и существует целый ряд проблем, которые еще не были до конца решены [1].

В данной работе предложен алгоритм принятия решения о наличии нештатной ситуации на видеоизображении на основе метода главных компонент [2]. Для каждого кадра видеопоследовательности формируется вектор характеристик поведения следующим образом. Сначала происходит отделения фона сцены от объектов самоорганизующейся искусственной нейронной сетью, предложенной в работе [3]. Параметры сети были выбраны с помощью критерия качества выделения фона на основе морфологических операторов [4]. Затем для каждого пикселя, принадлежащего объекту, оценивается скорость движения с помощью метода оценки оптического потока и метода плоской гомографии [5], чтобы компенсировать влияние перспективной проекции. В качестве вектора характеристик поведения берется последовательность значений модулей скоростей каждого пикселя на изображении.

Дальнейшую работу алгоритма можно разбить на два этапа. Первый этап заключается в обучении, под которым понимается вычисление главных компонент векторов характеристик движения для образцов нормального поведения. Второй этап заключается в анализе текущего поведения в сцене. Для этого вектор характеристик текущего кадра проецируется на ортонормированный набор векторов главных компонент и проецируется обратно. Поскольку в общем случае такой набор векторов является неполным и не представляет собой базиса, то при таком преобразовании может быть потеряна некоторая составляющая вектора [6]. Далее эта составляющая называется вектором невязки и её можно вычислить из следующего выражения:

$$\vec{R} = \vec{F} - \vec{P}$$

где $\vec{R}$ – вектор невязки, $\vec{F}$ – текущий вектор характеристик, $\vec{P}$ – вектор характеристик, полученный после проекции на набор векторов главных компонент и проецирования обратно.

Поскольку данная составляющая теряется при проецировании на набор векторов главных компонент, то она не коррелирует с векторами характеристик нормального поведения и предположительно соответствует нештатному поведению в сцене. Из этого следует, что на основе вектора невязки можно оценить аномальность текущего поведения в сцене. При этом если значение оценки аномальности превышает некоторый заданный порог, то принимается решение о наличии нештатной ситуации в сцене.

Самый простой в интерпретации оценкой аномальности на основе значения вектора невязки является относительная невязка, определенная следующим образом:

$$r = |\vec{R}| / |\vec{F}|$$

где r – относительная невязка, $|\vec{R}|$ – норма вектора невязки, $|\vec{F}|$ – норма вектора характеристик.



Из формулы следует, что относительная невязка является безразмерной величиной, принимающей значения в пределах от нуля до единицы, и может быть интерпретирована как степень отсутствия корреляции между текущим вектором характеристик и векторами характеристик нормального поведения. При этом очень большие значения отдельных проекций в векторе невязки не оказывают существенного влияния на такую оценку. Для учета этого фактора была рассмотрена другая оценка аномальности – максимум невязки, представляющая собой максимальное значение среди проекций вектора невязки. Такая оценка является размерной и она неустойчива к погрешностям и шуму в векторе невязки, но она позволяет учитывать самое сильное отклонение от векторов характеристик нормального поведения безотносительно средних значений вектора невязки.

Работа алгоритма была проверена, как на видеозаписях лаборатории UCSD [6], так и на экспериментально полученных видео. Видеозапись «Работа и ремонт» были сделана в компьютерном классе ННГУ. На нем в качестве нормального поведения была взята работа за компьютером, а в качестве нештатного – манипуляции с задней панелью системного блока. Видеозапись лаборатории UCSD содержит пешеходную улицу, обычная ходьба по которой была взята за нормальное поведение, а проезд транспортных средств – за нештатное. Из каждого видео бралось ограниченное число примеров нормального поведения, на которых производилось обучение. Затем вычислялись значения относительной невязки и максимума невязки всех кадров с нормальным и нештатным поведением из выбранного видео. На основе этих значений строились гистограммы распределения значений оценок аномальности для обоих типов поведения. На основе полученных гистограмм для каждого видео и каждой оценки аномальности рассчитывались равные уровни ошибок, чьи значения приведены в таб. 1.

Из таб. 1 видно, что с увеличением количества обучающих примеров равный уровень ошибок для относительной невязки уменьшается, что свидетельствует о способности системы к обучению. При этом представляет интерес тот факт, что для видео лаборатории UCSD лучшее разделение типов поведения было достигнуто при использовании максимума невязки, а для видео «Работа и ремонт» – при использовании относительной невязки. Такой результат можно объяснить тем, что в условиях движения большого количества объектов наиболее эффективной является оценка, которая учитывает только самое сильное отклонение от нормального поведения. При этом относительная невязка более устойчива к погрешностям и шуму, чем можно объяснить большую эффективность относительной невязки в условиях наличия лишь одного объекта в сцене и неоднозначную зависимость равного уровня ошибки максимума невязки от количества образцов.



Таблица 1. Равный уровень ошибок для относительной невязки и максимума невязки для видео «Работа и ремонт» и видеозаписей лаборатории UCSD при разном количестве обучающих примеров.

Название видео	Количество обучающих примеров	Относительная невязка	Максимум невязки
Работа и ремонт	3	7%	10%
Работа и ремонт	7	4%	8%
UCSD	5	49%	24%
UCSD	25	44%	28%

Результаты экспериментов показывают, что различение разных типов поведения на основе выбранных характеристик принципиально возможно. Метод, основанный на анализе главных компонент, позволяет обнаружить отклонения от характеристик нормального поведения и принять решение о наличии в сцене нештатной ситуации. С увеличением количества обучающих примеров равный уровень ошибок относительной невязки уменьшается, что свидетельствует о способности алгоритма к обучению. При этом модель «нормального» поведения строится на основе образцов, указанных оператором, что позволяет гибко использовать предложенную систему. Результаты экспериментов показывают, что максимум невязки эффективен для обнаружения нештатного поведения среди большого количества движущихся объектов, а относительная невязка – для оценки аномальности поведения одного объекта в сцене. Дальнейшая работа будет направлена на разработку единой, надежной и эффективной оценки аномальности для сцен с произвольным количеством объектов. Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России образовательным организациям высшего образования в сфере научной деятельности ФТ-1 – 01201459263.

Литература

1. Овчинников П., Шаталин Р. Алгоритмы обнаружения нештатных ситуаций в задачах видеонаблюдения // В докладах 16-й Международной конференции и выставки «Цифровая обработка сигналов и её применение», Москва, Том 2, 2014, стр. 684-686.
2. Jolliffe I., Principal Component Analysis // Springer, New York, 2002, 487 стр.
3. Maddalena L., Petrosino A. A Self-Organizing Approach to Background Subtraction for Visual Surveillance Application. // IEEE Transactions on Image Processing, 2008. V. 17, № 7. – P. 1168 – 1177.
4. Овчинников П., Шаталин Р. Критерия качества выделения фона с использованием морфологических операторов для задач обнаружения нештатных ситуаций // Системы управления и информационные технологии, №2.1(56), 2014, стр. 190-194.
5. Antonakaki P., Kosmopoulos D., Perantonis S. Detecting Abnormal Human behavior using Multiple Cameras // Signal Processing, 2009, Vol. 89, № 9, P. 1723-1738.



6. Mahadevan V., Li W., Bhalodia V., Vasconcelos N. Anomaly Detection in Crowded Scenes // In Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), San Francisco, CA, 2010.

М.П. Шлеймович, М.В. Медведев

КОНТРОЛЬ ЛИТЬЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПЛАСТМАССЫ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

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

В настоящее время практически во всех сферах человеческой деятельности применяются средства машинного зрения. Особенно актуально их использование в системах управления технологическими процессами. Это связано с тем, что в таких системах можно в значительной степени автоматизировать процессы обработки информации и принятия решений, сводя к минимуму ошибки человека-оператора.

Одним из направлений разработки методов и алгоритмов машинного зрения является анализ изображений, получаемых в реальном времени в процессе изготовления изделий из пластмассы.

К самым распространенным методам изготовления пластмассовых изделий относится литье под давлением [1]. Он весьма технологичен, обеспечивает высокую производительность, хорошо автоматизируется и не требует проведения последующей механической обработки. Литье под давлением представляет собой сложный процесс, состоящий из нескольких последовательных технологических стадий:

- 1) заполнение формы расплавом;
- 2) уплотнение расплава;
- 3) выдержка под давлением;
- 4) охлаждение;
- 5) выталкивание изделия.

Данный процесс можно описать следующим образом. После смыкания формы, расплав поступает из впрыска литьевой машины (термопласт-автомата) в относительно «холодную» формующую полость по литниковой системе. Затем под воздействием давления расплав уплотняется и, окончательно заполняя формующую полость, точно копирует ее внутреннюю поверхность. Расплав выдерживается в форме под давлением, частично компенсируя усадку, которая происходит во время охлаждения изделия; давление обычно поддерживается до момента затвердевания расплава в наиболее тонких элементах литниковой системы. После их затвердевания полностью прерывается поступление расплава. Находящийся в формующей полости расплав продолжает охлаждаться и усаживаться, но уже без компенсации. После этого форма раскрывается, и охлажденное изделие выталкивается в большинстве случаев с помощью специальной



системы выталкивания (съема). Продолжительность цикла литья под давлением в значительной степени зависит от конструкции изделия.

Последняя стадия процесса литья под давлением – выталкивание изделия из формы. Идеальным является случай, когда извлечение отлитого изделия происходит без его повреждения или деформации. Однако на практике это условие выполняется не всегда. Поэтому в форме после выталкивания изделий могут остаться кусочки застывшего расплава. Если они не будут удалены до следующего запуска процесса литья, то возникнет ситуация, ведущая к значительным потерям как экономического, так и технического характера. Поэтому необходимо контролировать состояние формы после окончания стадии выталкивания.

Как правило, контроль состояния формы осуществляет человек-оператор. Однако ввиду присущих ему ограничений актуальна разработка дополнительных средств. Одним из них может служить система машинного зрения, в которой выполняется цифровая обработка изображений, полученных от видеокамеры.

Процесс обработки изображений при контроле формы в общем виде можно представить следующим образом:

1. Регистрируется изображение пустой формы до начала стадии ее заполнения расплавом (эталонное изображение);
2. Регистрируется изображение формы после окончания стадии выталкивания изделия (проверяемое изображение);
3. Выделяются характеристики изображений и осуществляется их сопоставление;
4. В случае обнаружения значительных различий изображений процесс литья останавливается и выполняется оповещение оператора.

До начала процесса литья пустая форма проверяется вручную. Поэтому самое первое изображение пустой формы может считаться эталонным. Все стадии технологического процесса имеют четко определенные временные интервалы. Кроме того, многие современные станки содержат датчики, позволяющие определить моменты открытия и закрытия формы. Поэтому изображение, соответствующее окончанию выталкивания изделия, можно получить без излишне сложных процедур.

Поскольку отверстия формы, в которых образуется изделия, всегда находятся в определенном месте и их площадь ограничена, то можно сопоставлять не изображения полностью, а только ряд их областей.

Простейший (и при этом достаточно эффективный) вариант построения системы контроля основывается на преобразовании эталонного и проверяемого изображений (или их областей) в полутоновую форму, их вычитании и сравнении результата с заранее заданным порогом.

Однако при разработке систем машинного зрения необходимо учитывать несовершенство условий регистрации изображений. В рассматриваемом случае это связано с неоднородностью освещения, цветом изделий, движением формы,



механических колебаний и др. Поэтому одной из основных проблем является выбор устойчивых признаков изображений.

При анализе изображений используются признаки цвета, текстурные признаки, признаки формы, признаки объектов и их отношений [2]. Признаки цвета позволяют сравнить цветовое содержание изображений. Например, можно указать требования к процентному содержанию цветов из заданного набора в искомым изображениях в целом или в определенных областях. Признаки текстуры определяют пространственное распределение цветов (или яркости) изображений. При этом сходство текстур двух изображений не означает совпадения значений их цветов (или яркости). В отличие от цветовых и текстурных признаков, которые могут относиться к изображению целиком, признаки формы относятся к областям изображения. Признаками формы являются, например, округлость области, ее прямоугольность, периметр, площадь, ориентация главных осей и др. Признаки объектов и их отношений позволяют учесть семантику искомым изображений. К ним относятся данные результатов обнаружения конкретных объектов на изображениях и их взаимного расположения.

Один из подходов к получению устойчивых признаков для анализа изображений при контроле процесса литья может быть построен на основе выделения и описания особых точек. Соответствующие признаки в зависимости от применяемых алгоритмов относятся к признакам цвета, текстуры или формы. Для выделения особых точек применяются детекторы Моравеца, Харриса, Ферстнера, SUSAN, FAST, FFME, STAR, FREAK, BRISK и др. Наиболее активно используются детекторы SIFT и SURF, особенностью которых является то, что они позволяют не только выделить особые точки на изображении, но и описать их, т.е. данные детекторы одновременно являются и дескрипторами [3].

Эффективный алгоритм выделения особых точек основан на применении вейвлет-преобразования [4]:

1. Выполнить вейвлет-преобразование изображения до n -ого уровня детализации;

2. Начиная с n -го уровня для каждого вейвлет-коэффициента с большим значением рекурсивно выполнять:

- 2.1. Для каждого пикселя исходного изображения, расположенного в k -ой строке и l -ом столбце n -го уровня детализации вычислить значение веса по формуле:

$$C_n(k, l) = \sqrt{dh_n^2(k, l) + dv_n^2(k, l) + dd_n^2(k, l)}, \quad (1)$$

где $dh_n(k, l)$, $dv_n(k, l)$, $dd_n(k, l)$ – горизонтальный, вертикальный и диагональный коэффициенты вейвлет-преобразования пикселя;

- 2.2. Выполнить рекурсивный переход на $(n - 1)$ -й уровень детализации;

- 2.3. Скорректировать вес особой точки в соответствии с формулой:

$$\begin{aligned} W_{n-1}(k, l) &= W_n(x, y) + C_n(k, l), \\ 2x &\leq k \leq 2x + 1, \\ 2y &\leq l \leq 2y + 1; \end{aligned} \quad (2)$$



3. Задать пороговое значение;

4. Пометить в качестве точечных особенностей пиксели, веса которых превышают заданный порог.

Описание каждой выделенной особой точки осуществляется с помощью набора вейвлет-коэффициентов области заданных размеров в ее окрестности.

Результаты описанных алгоритмов позволяют получить признаковые описания изображений, сопоставляя которые можно сделать вывод о степени их сходства или различия. Один из подходов здесь основан на определении количества соответствующих друг другу особых точек на изображениях. Если это количество выше заданного порога, то изображения принимаются одинаковыми, иначе – различными.

При использовании особых точек возможно получение неправильных результатов из-за появления, так называемых, ложных соответствий. Поэтому одной из важнейших задач при анализе особых точек является фильтрация ложных соответствий [5]. Для решения этой задачи применяются различные алгоритмы:

1. Исключается особая точка, ближайший кандидат в пары к которой на другом изображении находится на расстоянии в пространстве параметров дескриптора, превышающем заданный порог;

2. Для каждой особой точки определяются пары соответствий на другом изображении – точка будет исключена из рассмотрения в случае, если найденная пара соответствующих точек располагается на изображении на значительном расстоянии друг от друга;

3. Определяется матрица преобразования координат особых точек на одном изображении в координаты особых точек на другом изображении – из рассмотрения исключаются точки, для которых результаты преобразования не совпадают с координатами соответствий.

Результаты проведенных исследований показали эффективность применения алгоритмов выделения и сопоставления особых точек для сравнения изображений. Данные результаты позволяют использовать представленные подходы в системе контроля формы в технологическом процессе литья пластмассы под давлением.

Литература

1. Мэллой, Р.А. Конструирование пластмассовых изделий для литья под давлением: пер. с англ. / Р.А. Мэллой. – СПб.: Профессия, 2006. - 512 с.

2. Шапиро, Л. Компьютерное зрение: пер. с англ. / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. - 752 с.

3. Введение в разработку мультимедийных приложений с использованием библиотек OpenCV и IPP [Электронный ресурс] // Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ» [Официальный сайт]. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/10621/1105/info> (дата обращения: 1.03.2015).



4. Ляшева, С.А. Распознавание объектов на местности в системе управления БЛА / С.А. Ляшева, М.В. Медведев, М.П. Шлеймович // Известия вузов. Авиационная техника. - 2014. - №3. - С. 64 - 66.

5. Райченко, Б.В. Практическое применение методов ключевых точек на примере сопоставления снимков со спутника «Канопус-В» / Б.В. Райченко, В.В. Некрасов // Геоматика. - 2013. - № 2. - С. 52 - 58.



ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Ю.В. Алейнов

ЗАЩИТА ЛОКАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ ОТ АТАК НАПРАВЛЕННОГО ТИПА ПУТЕМ ИМИТАЦИИ СЕТЕВЫХ РЕСУРСОВ

(Самарский государственный университет)

Актуальность проблемы защиты от сетевых атак в настоящее время не вызывает сомнений. Вместе с ростом количества программного кода растет количество уязвимостей, так называемое сообщество «черных шляп» постоянно открывает новые способы обхода существующих средств защиты. Вместе с тем, все более заметной становится тенденция перехода злоумышленников от стратегии массовых атак, покрывающих большие сегменты сети, к парадигме так называемых направленных (*targeted*) атак [1]. Злоумышленник или группа злоумышленников, действуя максимально осторожно, совершает ряд последовательных частных атак, избирательно компрометируя объекты внутри какой-то определенной, интересующей нарушителя, сети. Тем самым нарушитель закрепляется внутри сети, и на протяжении долгого периода времени может контролировать информационные потоки в ней, извлекая выгоду для себя. Это подчеркнуто в распространенной англоязычной версии термина (*Advanced Persistent Threat, APT*). Обнаружение направленных атак представляет собой задачу особой сложности, учитывая, что при их подготовке и проведении часто используются так называемые уязвимости «нулевого дня», сигнатуры которых еще не содержатся в базах данных большинства систем обнаружения вторжений [2].

Эффективно противостоять направленным атакам можно только используя различные средства и методы защиты сети в комплексе. Одним из заслуживающих внимание методов в данном контексте является применение механизмов обмана. В структуру защищаемой сети внедряются специальные объекты, которые не участвуют в штатных процессах обработки информации, а нужны только для того, чтобы привлечь внимание нарушителя и быть атакованными им. Узлы сети, реализующие такие объекты, называют обманными системами (ОбС, Honeypot). К обманным системам предъявляется обязательное требование – они должны быть неотличимы с точки зрения нарушителя от реальных узлов сети. В таком случае нарушитель на некотором этапе может случайно выбрать в качестве цели для следующей частной атаки ОбС. Любое его взаимодействие с обманной системой должно быть самым подробным образом записано для дальнейшего исследования. Сам же факт обращения к ОбС, откуда бы то ни было, уже является аномалией и поводом



для пристального рассмотрения данной ситуации администратором безопасности [3].

Важным направлением исследований в области применения ОбС для обнаружения нарушителя в сети является выработка принципов размещения таких систем в защищаемой инфраструктуре и определение оптимальных значений их основных параметров. Указанные вопросы освещены в литературе недостаточно полно. Существует ряд исследований, в которых предлагаются способы поиска оптимальной конфигурации ОбС, однако их результаты оказываются неприменимы в условиях направленных атак [4]. Авторы при построении моделей атаки, как правило, допускают возможность свободного доступа нарушителя к любому узлу сети в любой момент времени. Очевидно, в реальности это не так. Нарушитель всегда ограничен в выборе цели для следующей частной атаки. Это обусловлено структурой самой сети и работой средств разграничения доступа на разных уровнях. Пренебрежение данным обстоятельством выглядит оправданным в случае, когда берется во внимание отдельный небольшой участок сети с однородной структурой или рассматривается единственная попытка частной атаки, но при попытке рассмотреть развитие процесса сложного многоступенчатого вторжения в контексте всей сетевой инфраструктуры может привести к ошибочным результатам.

В настоящей статье приведено описание модели направленной атаки на локальную сеть, содержащую обманные системы. На основе описанной модели предложено решение задачи размещения ОбС в сети.

Модель направленной атаки на сеть, содержащую обманные системы

Процесс развития направленной атаки на сеть можно рассматривать как последовательность частных атак, каждая из которых характеризуется своим источником и целевым узлом. Нарушитель, контролирующий узел-источник атаки, инициирует сетевое соединение между ним и выбранной целью. В ходе передачи данных через это соединение нарушитель эксплуатирует какие-либо из имеющихся на целевом узле уязвимостей для получения контроля над ним. Допустим, что нарушитель тщательно готовит каждую частную атаку, при этом он имеет достаточно опыта и ресурсов, чтобы она была гарантированно успешной. В случае если целевой узел является реальной системой, он переходит под контроль нарушителя и может использоваться им в дальнейшем в качестве источника следующих частных атак. Если в качестве цели для частной атаки нарушителем была выбрана ОбС, то будем считать, что атакой на нее нарушитель обнаруживает себя и служба безопасности сети делает дальнейшие его действия невозможными, то есть, развитие направленной атаки останавливается.

Рассмотрим влияние внутренней структуры сети на развитие направленной атаки. Во-первых, разные узлы сети могут принадлежать разным зонам межсетевого экрана, что, в зависимости от его настроек, способно повлиять на возможность обмена данными между ними. Во-вторых, сетевое соединение между двумя узлами сети возможно установить только в случае



поддержки ими обоими одного и того же сетевого протокола. При этом некоторые протоколы подразумевают, что общающиеся стороны выполняют различные роли (так называемое клиент-серверное взаимодействие). Поддержка протоколов и правильное распределение ролей при сетевом взаимодействии обеспечивается установленным на узлах программным обеспечением (ПО) [5]. Таким образом, список установленного на сетевых узлах ПО и его конфигурация так же, как и правила межсетевого экрана, влияют на возможность установления сетевого соединения. Другими словами, выбор на некотором этапе нарушителем некоторого подконтрольного ему узла в качестве источника частной атаки определяет множество доступных в рамках этой атаки целей. Кроме того, список установленного ПО на сетевых узлах влияет и на выбор конкретной цели для частной атаки из нескольких возможных. Нарушитель будет атаковать в первую очередь те узлы, программное обеспечение которых содержит наиболее известные для него уязвимости или уязвимости, которые наиболее просто использовать. Итак, можно выделить два основных признака различия узлов в сети с точки зрения нарушителя:

1. расположение узла относительно межсетевого экрана и правила фильтрации трафика для его зоны;
2. список программного обеспечения, функционирующего на узле.

Будем считать идентичными для нарушителя сетевые узлы, находящиеся в одной зоне межсетевого экрана и имеющие одинаковый список установленных программ, независимо от того, реальные ли это системы или ОбС. Вероятность проведения частной атаки на такие узлы из одного и того же источника, независимо от его выбора, будем считать одинаковой. Таким образом, фактически задается отношение эквивалентности сетевых узлов с точки зрения нарушителя. Множества эквивалентных узлов будем называть доменами эквивалентности.

Пусть $\{[d_1, d_2, \dots, d_n]\}$ – разбиение всего множества узлов сети на домены эквивалентности. Рассмотрим процесс развития направленной атаки в сети. Время положим дискретным. Будем полагать, что за один шаг происходит одна частная атака. Зафиксируем некоторый номер шага t . Пусть S_t и D_t – случайные величины, равные номерам доменов эквивалентности, содержащих соответственно источник и целевой узел частной атаки на шаге с номером t . Согласно сделанным предположениям относительно критериев выбора нарушителем целей для частных атак, условная вероятность $P(D_t = j | S_t = i), 1 \leq i, j \leq n$ не зависит от t . Обозначим эту вероятность p_{ij} . Матрица $M = (p_{ij})_{i,j=1}^n$ таким образом является инвариантной по времени характеристикой сети. Вероятность $P(S_t = i), 1 \leq i \leq n$ – это вероятность выбора в качестве источника частной атаки на шаге с номером t узел из домена d_i . Очевидно, эта вероятность зависит от того, какие на данном шаге узлы находятся под контролем нарушителя. А это, в свою очередь, определяется тем, на какой из узлов была направлена частная атака на предыдущем шаге.



Итак, каждому домену $d_i, 1 \leq i \leq n$ поставим на шаге с номером t в соответствие упорядоченную тройку целых чисел (r_i, h_i, a_i^t) , где r_i – количество реальных, h_i – обманных систем, а a_i^t – количество подконтрольных нарушителю (зараженных) узлов в домене. Состояние процесса развития направленной атаки в сети на шаге t можно полностью описать вектором $\vec{a}_t = (a_1^t, a_2^t, \dots, a_n^t)$. Пусть $\vec{a}'$ и $\vec{a}''$ – два состояния процесса. Найдем вероятность перехода между этими состояниями. Согласно принятой модели, на каждом шаге совершается ровно одна частная атака, в ходе которой либо происходит компрометация одной реальной системы из некоторого домена сети, либо процесс останавливается. Таким образом, для состояния $\vec{a}'$ существует максимум $n + 1$ возможных переходов. Пусть $\Delta \vec{a}_k = (0, 0, \dots, 1, 0, \dots, 0) \in \mathbb{Z}^n$, а $\vec{a}'' = \vec{a}' + \Delta \vec{a}_k$. Тогда вероятность перехода $P(\vec{a}' \rightarrow \vec{a}'')$ равна вероятности атаки на соответствующем шаге реального узла, лежащего в домене эквивалентности d_k :

$$P(\vec{a}' \rightarrow \vec{a}'') = P(a_k^{t+1} = a_k^t + 1) = \frac{r_k - a_k^t}{h_k + r_k} \sum_{i=1}^n P(S_t = i) p_{ik} \quad (1)$$

Распределение случайной величины S_t на каждом шаге полностью определяется списком скомпрометированных узлов сети. Пусть экспертным путем задана некоторая весовая функция $w: \{d_1, d_2, \dots, d_n\} \rightarrow \mathbb{R}$, ставящая в соответствие каждому домену эквивалентности в сети числовое значение приоритета при выборе узла-источника атаки. Тогда вероятность выбора источника из конкретного домена можно записать следующим образом:

$$P(S_t = i) = \frac{w(d_i)}{\sum_{s: a_s^t \neq 0} w(d_s)} \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получим окончательное выражение для вероятности перехода:

$$P(\vec{a}' \rightarrow \vec{a}'') = \frac{r_k - a_k^t}{h_k + r_k} \sum_{i=1}^n \frac{w(d_i)}{\sum_{s: a_s^t \neq 0} w(d_s)} p_{ik} \quad (3)$$

Вероятность остановки процесса на шаге t определяется следующим выражением:

$$P_{stop}^t = \sum_{k=1}^n \left(\frac{h_k}{h_k + r_k} \sum_{i=1}^n \frac{w(d_i)}{\sum_{s: a_s^t \neq 0} w(d_s)} p_{ik} \right) \quad (4)$$

Из (3) и (4) видно, что вероятности перехода между состояниями процесса зависят только от текущего состояния, следовательно, процесс изменения вектора $\vec{a}$ со временем является цепью Маркова. Общее количество

состояний процесса равно $m = \prod_{i=1}^n r_i$. Хотя, таким образом, для размера матрицы переходов справедлива оценка $O\left(\max_{1 \leq i \leq n} r_i^m\right)$, она является весьма разреженной. Каждая ее строка содержит не более $n + 1$ ненулевых элементов. При реализации операций с данной матрицей необходимо это учитывать для более эффективного использования вычислительных ресурсов. Пусть Q – матрица



переходов рассматриваемого процесса. Пусть также $\vec{p}_0 = (p_0^1, p_0^2, \dots, p_0^m)$ – вектор вероятностей нахождения системы в каждом из возможных состояний на шаге с нулевым номером, а вектор $\vec{p}_t = (p_t^1, p_t^2, \dots, p_t^m)$ описывает распределение вероятностей нахождения процесса в каждом из возможных состояний на шаге с номером t . В силу марковского свойства процесса справедливо следующее выражение:

$$\vec{p}_t = \vec{p}_0 Q^t. \quad (5)$$

Вероятность P_{stop}^t остановки процесса на шаге с номером t находится из выражения (5) как одна из компонент вектора $\vec{p}_t$. Очевидно, эта вероятность должна входить в состав показателя эффективности обнаружения нарушителя с помощью обманных систем.

Показатель эффективности обнаружения нарушителя – это комплексная величина, производная от частных показателей результативности, оперативности и ресурсоемкости процесса обнаружения [6]. Результативность обнаружения определяется наличием контакта нарушителя и ОбС. В качестве показателя оперативности можно рассматривать выполнение условия обнаружения нарушителя прежде некоторого шага t_{max} . Наконец, показателем

ресурсоемкости естественно считать истинность предиката $\sum_{i=1}^n h_i \leq h_{max}$, где h_{max} – максимально допустимое число ОбС в сети, которое рассчитывается исходя из ограничений на вычислительные ресурсы. Интегральным показателем эффективности обнаружения нарушителя (E) может выступать вероятность одновременного попадания в зону допустимых значений всех трех частных показателей. В качестве него таким образом можно рассматривать вероятность $P(t_{stop} \leq t_{max})$ остановки процесса не позднее шага t_{max} , которая,

очевидно, равна $P(t_{stop} \leq t_{max}) = \sum_{j=1}^t P_{stop}^j$, где P_{stop}^j – вероятность остановки атаки на шаге с номером j .

Итак, соотношение (5) позволяет непосредственно вычислить значение показателя эффективности обнаружения нарушителя в зависимости от размещения ОбС в сети. Это можно записать следующим образом:

$$E = E(\bar{h}, \bar{r}, M, t_{max}, h_{max}), \quad (6)$$

где $\bar{r} = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ – вектор размещения реальных систем в сети, а $\bar{h} = (h_1, h_2, \dots, h_n)$ – вектор размещения ОбС. Если положить все аргументы, кроме вектора $\bar{h}$, неизменными, то можно переписать (6) следующим образом: $E = E(\bar{h})$. Оптимальным будем называть такое размещение $\bar{h}_{opt}$, которое удовлетворяет условию $E(\bar{h}_{opt}) = \max_{\bar{h} \in Z} E(\bar{h})$.

Алгоритм поиска оптимального размещения обманных систем в сети

Очевидно, что при добавлении любого количества ОбС в любой домен эквивалентности вероятность контакта нарушителя с ОбС может лишь увеличиваться. Другими словами, функция векторного аргумента $E(\bar{h})$ монотонно возрастает по всем направлениям роста последнего. Кроме того, заметим, что функция E ограничена сверху, поскольку имеет смысл



вероятности. Отсюда ясно, что для любого направления роста аргумента приращение функции ΔE будет уменьшаться при увеличении аргумента. Зафиксируем некоторое начальное размещение $\bar{h}_0 = (h_1^0, h_2^0, \dots, h_n^0)$ в пространстве $\mathbf{H}^n$. Выберем направление максимального роста аргумента и будем двигаться вдоль него. Ясно, что рано или поздно найдется такое направление роста аргумента, отличное от выбранного, что приращение функции по этому направлению станет превышать приращение функции по направлению движения. Изменив направление движения так, чтобы приращение функции было максимально возможным, будем продолжать движение. При удачном выборе исходного размещения $\bar{h}_0$, в конце концов, получим такое размещение $\bar{h}$, которое обеспечивает максимум вероятности контакта с учетом ограничений на максимальное число ОбС и максимальное время обнаружения нарушителя. Удачным выбором $\bar{h}_0$ очевидно будет являться такой, при котором функция E будет принимать максимальное возможное значение для всех вариантов

аргумента с фиксированным общим числом ОбС: $\bar{h}_0 = \operatorname{argmax}_{\sum h_i = \text{const}} E(h_1, h_2, \dots, h_n)$. В качестве h_0 удобнее всего взять точку $(0, 0, \dots, 0)$, поскольку это единственная

точка, удовлетворяющая условию $\sum_{i=1}^n h_i = 0$. Для ненулевого же количества ОбС всегда существует больше одного варианта размещений. Таким образом, можно предложить следующий общий алгоритм нахождения оптимального размещения ОбС.

1. Задать начальное размещение $\bar{h} = \bar{h}_0 = (0, 0, \dots, 0)$.
2. Для каждого $\bar{h}^j = \bar{h} + \Delta \bar{h}_i$, где $\Delta \bar{h}_i = (0, 0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0)$ вычислить $E_i = E(\bar{h} + \Delta \bar{h}_i)$
3. Найти $j = \operatorname{argmax}_{i \in \{1, m\}} E(\bar{h} + \Delta \bar{h}_i)$
4. Положить $\bar{h} = \bar{h} + \Delta \bar{h}_j$
5. Если $\sum_{i=1}^n h_i < h_{\max}$, то перейти к шагу 2. Иначе – возврат $\bar{h}$.

Заключение

В статье рассмотрен вопрос поиска оптимального размещения обманных систем в локальной информационной сети (ИС) с целью обнаружения нарушителя. Рассмотрена стохастическая модель, описывающая процесс последовательных контактов нарушителя с элементами ИС, среди которых присутствуют ОбС. Показан способ вычисления показателя эффективности обнаружения. Предложена схема алгоритма, позволяющего синтезировать оптимальное с точки зрения данного показателя размещение обманных систем в ИС.

Литература

1. Sood, A.K., Enbody, R.J. Targeted Cyberattacks: A Superset of Advanced Persistent Threats // Security & Privacy, Vol.11, № 1, IEEE, 2013.
2. Aaron Beuhring, Kyle Salous, "Beyond Blacklisting: Cyberdefense in the



Era of Advanced Persistent Threats”, IEEE Security & Privacy, Vol.12, №5, IEEE, 2014

3. И. В. Котенко, М. В. Степашкин. Обманные системы для защиты информационных ресурсов в компьютерных сетях // Труды СПИИРАН, Вып. 2, т. 1. — СПб.: СПИИРАН, 2004.

4. Bringer M.L., Chelmecki, C.A., Fujinoki H A Survey: Recent Advances and Future Trends in Honeypot Research. // International Journal of Computer Network & Information Security. 2012. №4.

5. В.Г.Олифер, Н.А.Олифер. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы - СПб: Питер, 2001.

6. Морозов Л.М., Петухов Г.Б., Сидоров В.Н. Методологические основы теории эффективности: Учебное пособие. — Л.: ВИКИ им. А.Ф. Можайского, 1982. — 236с.

М.Е. Бурлаков

О НЕКОТОРЫХ МОДЕЛЯХ ОПТИМИЗАЦИИ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ГЕНЕТИЧЕСКИМИ АЛГОРИТМАМИ

(Самарский государственный университет)

В настоящее время в информационной среде все больше находят свое применение искусственные нейронные сети (ИНС). Выделяют множество таких областей: системы обнаружения вторжений, системы предотвращения вторжений, интеллектуальные экспертные системы, системы прогнозирования [1] и т.д. Для каждой реализации той или иной системы, проектируется и применяется конкретное решение, оптимально отвечающее поставленной задаче. Однако вопрос повышения эффективности уже выбранного решения на основе искусственной нейронной сети является крайне актуальным. Не существует общего алгоритма подбора оптимальных параметров искусственной нейронной сети (вес нейрона, общая топология ИНС, функция активации). Одним из методов, предложенных для решения данной задачи, является применение генетических алгоритмов (ГА).

Генетические алгоритмы

Генетические алгоритмы – одно из направлений исследований в области искусственного интеллекта, занимающееся созданием упрощенных моделей эволюции живых организмов для решения задач оптимизации [1]. Генетические алгоритмы – эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искоемых параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе [2]. Другими словами ГА - представляет собой адаптивный поисковый метод, который основан на селекции лучших элементов в популяции, подобно эволюционной теории Ч. Дарвина.



Эвристический алгоритм поиска (эволюционный поиск) - с точки зрения преобразования информации это последовательное преобразование одного конечного нечеткого множества промежуточных решений в другое. Само преобразование можно назвать алгоритмом поиска, или генетическим алгоритмом [3].

ГА осуществляют поиск баланса между эффективностью и качеством решений за счет «выживания сильнейших альтернативных решений», в неопределенных и нечетких условиях. Выделяют большое множество моделей ГА, целью которых является оптимизация и/или решение поставленной задачи.

У генетических алгоритмов, как у всякой замкнутой системы существует базис операций. Выделяют три основных вида операции:

1. Селекция – процесс, при котором объект информационной структуры с лучшими характеристиками в рамках конкретного набора аналогичных объектов выделяется из общего множества аналогичных объектов и используется для создания нового множества. Например, в антивирусной среде объектом послужил бы набор байтов (сигнатура), тогда как селекция описывала бы процесс, при котором данная сигнатура наилучшим образом детектировала угрозу.

2. Скрещивание. В данном процессе выделяет пара объектов, в результате скрещивания которых образуются новые объекты следующего поколения с отличными от родительских характеристиками. Скрещивание на примере той же сигнатуры означает, что из двух объектов, успешно и максимально детектирующих угрозу предполагается получение третьей сигнатуры, способной решать аналогичную задачу.

3. Мутация. Операция, при которой объект подвергается внутренней корректировки со стороны системы. Выделяют интенсивность мутации – скорость, с которой система может воздействовать на объект информационного множества.

Иллюстрация основных операций генетических алгоритмов представлена на рисунке 1.

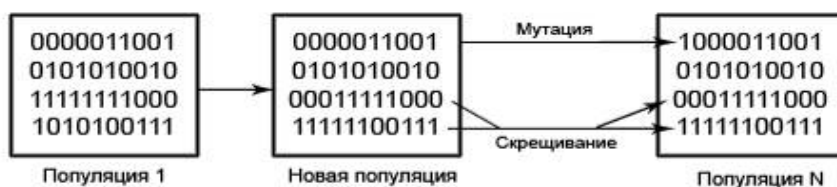


Рис. 1. Основные операции генетического алгоритма

Применение генетических алгоритмов основываются на принципах естественной селекции: в ходе развития набора элементов или объектов (популяции) из поколения в поколение «выживает» наиболее эффективный. Базис объектов ГА в информационных системах носит бинарный характер.



Модели работы генетических алгоритмов

В зависимости от комбинации и работы операций селекции, скрещивания и мутации, выделяют несколько моделей работы ГА:

Parallel genetic algorithm модель

В условиях динамичного развития многопроцессорных систем – на практике это наиболее простой в реализации набор алгоритмов. Выделяют 3 типа *PGA*:

1. *Global single-population master-slave (GSPMS)*. Данный тип характеризуется применимостью в рамках одного множества бинарных объектов. Уровень *Master* (главный уровень) отвечает за хранение всего множества, выполнение базисных операций и распределение полученных объектов среди новых созданных поколений. *Slave* (подчиненный уровень) выполняет операцию вычисления эффективности полученных информационных объектов.

2. *Single-population fine-grained (SPFG)*. Тип *PGA* модели работающий только в рамках одного множества. Замкнутая система, в котором результат операций есть объект, принадлежащий данному бинарному множеству (популяции). Наиболее оптимальным выглядит использование *SPFG* в многопроцессорных системах.

3. *Multiple-population coarse-grained (MPCG)* — характеризуется наличием в одном бинарном множестве, которые обмениваются между собой объектами в ходе работы алгоритма. Операции мутации и скрещивания на вход могут принимать более двух объектов. *MPCG* на данный момент активно исследуется, так как есть ряд вопросов касающихся неоднозначности поведения системы, например, при объединении или миграции нескольких множеств [4].

Плюсы:

- Скрещивание, селекция и мутация – параллельные процессы;
- Детерминированная мощность множества объектов, за счет добавления наиболее эффективных элементов и исключения наиболее неэффективных. Мощность множества не регламентирована;
- Возможность применения в многопроцессорных системах, что значительно ускоряет результат работы;
- Основная область применения задача поиска аномалий (например, поиск ложных подписей ЭЦП, сенсорная защита, системы анализа трафика).

Минусы:

- Не определен эффективный алгоритм мутации двух объектов из разных классов распознавания (например, класс распознавания одного вируса и другого).

Cross generational elitist selection, Heterogeneous recombination and Cataclysmic mutation.

Модель, при которой получение нового объекта связано со скрещиванием наиболее приспособленных к распознаванию сигнатур объектов. *CHS* алгоритм произвольно скрещивает объекты одного множества и одного поколения. Воспроизводство нового поколения возможно только у тех объектов, которые от-



личаются друг от друга на некоторое количество бит (т.н. порог воспроизводства). С тем условием, что данные объекты отличаются друг от друга не незначительное количество бит. После получения новых объектов, создается новое множество, куда они включаются. Одинаковые объекты удаляются при перемещении. Модель наиболее часто используется для небольших множеств.

В случае отсутствия потомков у скрещиваемых объектов порог воспроизводства снижают на некоторое конечное значение. Оператор скрещивания выполняет перекрестное объединение строк двух объектов с последующим случайным исключением половины бит, которые отличаются от первоначальных индивидов.

Важное условие – отсутствие операции мутации на этапе рекомбинации. В случае если при скрещивании объектов потомства нет, а порог воспроизводства упал до 0, *СНС* алгоритм предусматривает введение новых объектов в популяцию путем перезапуска механизма воспроизведения, называемого предельной мутацией.

Предельная мутация использует наиболее эффективные индивиды из старого множества в качестве шаблона для переинициализации следующего множества. Новое множество включает в себя одну копию строки шаблона, тогда как остальные строки генерируются путем мутации некоторого процента битов второй строки (от второй особи). Уровень мутации битов может достигать до 35% [5].

Плюсы:

- Наличие механизма самокорректировки.
- Основная область применения задача классификации (например, детектирование спама, решение задачи приоритизации потоков в системах электронного документооборота).

Минусы:

- Необходимость подбора порога воспроизводства и уровня мутации.
- сложность вычислений при большом количестве объектов в множестве.

Метод *Hierarchical Genetic Algorithm and Neural Network*

HGAANN используется для оптимизации искусственных нейронных сетей. *HGAANN* имеет иерархическую структуру, в которой каждая хромосома состоит из многоуровневых генов. Под генами, в данном случае, понимается набор нейронов ИНС (рисунок 2). В модели, как правило, выделяют 3 вида генов [6]:

1. *LCG (Layer Control Gen)* – ген по управлению слоями, отвечает за обработку поступающей информации и последующую передачу на уровень *NCG*;
2. *NCG (Neuron Control Gen)* – ген, содержащий в себе многослойный модуль обработки данных ИНС;
3. *CG (Connection Gen)* – ген, отвечающий за отображение полученной информации и последующего взаимодействия с внешними системами (значение ИНС).

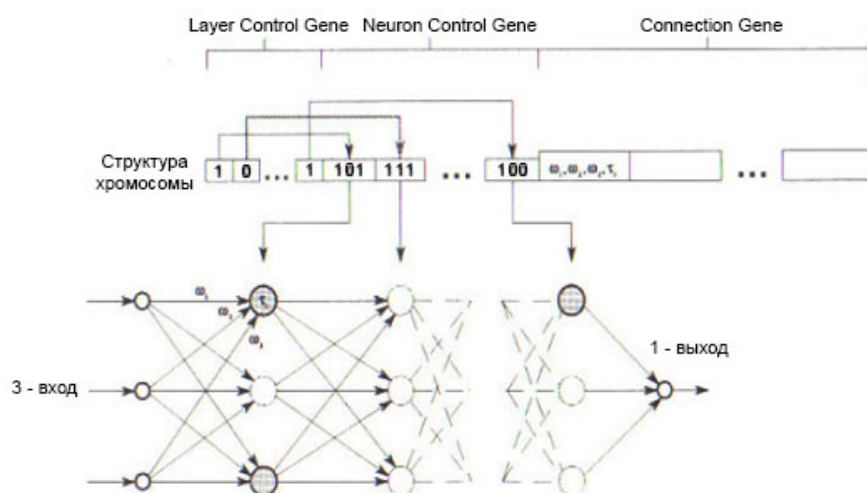


Рис. 2. Схема *HGANN*

Каждый ген состоит из двух частей: контрольной и коммутационной. Контрольная часть - есть нейрон и активационная функция ω , а коммуникационный ген – вес нейрона и его бинарный базис. Неактивные гены, как правило, уничтожаются, при создании нового поколения объектов. Основная задача данной конструкции: поддержка баланса между имеющейся базой знаний ИНС и дальнейшей ее актуализацией. Разовое изменение какого-либо параметра на ранних слоях влечет существенные изменения в полученных результатах работы *HGANN*.

Структурная схема работы алгоритма *HGA* представлена на рисунке 3.

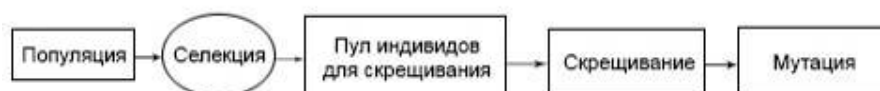


Рис. 3. Блок-диаграмма *HGA*

В пул объектов для скрещивания попадают все представители множества объектов, контрольная часть генов (подмножества множества бит данного объекта) которых отвечают условиям оптимальной выборки.

Опишем основные шаги работы метода *HGANN*:

1. Получение новой популяции после работы *HGA* алгоритма стадии мутации;
2. Сборка необходимых нейронов, отвечающих заданным параметрам (вес, функция активации, топология) согласно индивидам из новой популяции
3. ИНС, обучение и тренировка;
4. Оценка полученных результатов работы ИНС, в случае получения неоптимальных параметров генерация новой популяции;
5. Замена старой популяции новой и передача на вход *HGA* алгоритму.

Общая блок-диаграмма метода *HGANN* представлена на рисунке 4.

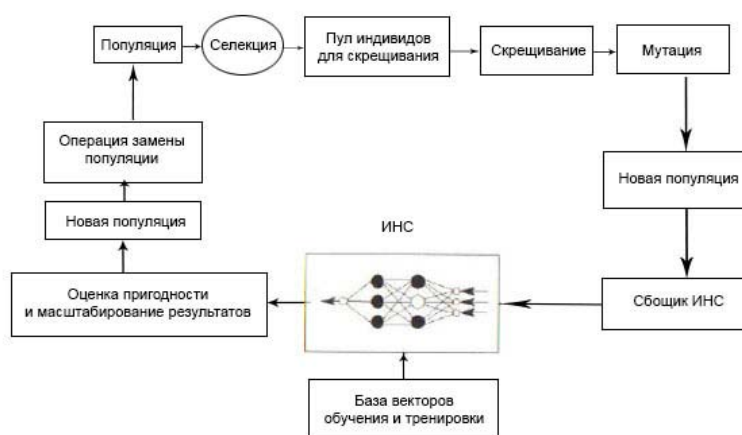


Рис. 4. Блок-диаграмма *HGANN*

Заключение

Продemonстрированные методы и модели в ходе практического анализа показали возможность оптимизации ИНС. Кроме того, выбор ГА характеризовался решаемой ИНС информационной задачей. Однако вопрос повышения эффективности ИНС нелинеен и связан, прежде всего, с попытками увеличения эффективности работы каждой из ее компонент: топологии, весовых параметров, функций активации. Рассмотренные *HGANN*, *PGA* и *CHC* модели показывают общую тенденцию применимости генетических алгоритмов в вопросах оптимизации искусственных нейронных сетей в информационных системах.

Литература

1. Девятых Д. В., Гергет О. М., Михаленко И. В. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования развития перинатального поражения нервной системы. – Известия Волгоградского государственного технического университета : межвуз. сб. науч. ст. № 8(111) / ВолгГТУ. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2013. – С. 77.
2. Генетические алгоритмы [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://www.aiportal.ru/articles/genetic-algorithms/genetic-algorithms.html>
3. Генетические алгоритмы [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC
4. Определения и основные понятия генетических алгоритмов: Интернет-лекция в рамках научной школы Третьей конференции молодых ученых [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: http://faculty.ifmo.ru/csd/files/kureichik_v_m_lebedev_b_k_internet_lecture.pdf



5. Erick Cantú-Paz A Survey of Parallel Genetic Algorithms // Department of Computer Science and Illinois Genetic Algorithms Laboratory University of Illinois at Urbana-Champaign, 2013. – С. 5.

6. Darrell Whitley Genetic Search for Feature Subset Selection: A Comparison Between CHC and GENESIS // Department of Computer Science Colorado State University Fort Collins, Colorado 80523 USA, 2012. – С. 7.

7. Dr. M.V. Siva Prasad An Intrusion Detection System Architecture Based on Neural Network and Genetic Algorithms // Principal Anurag Engineering College, 2013. – С. 6.

Л.Ф. Зиангирова, Т.И. Саттаров

СТЕГАНОАНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ДЛЯ ПЕРЕСЫЛАЕМЫХ КОНТЕЙНЕРОВ

(Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы,
Уфимский государственный нефтяной технический университет)

Появление методов скрытой передачи данных посредством пересылаемых контейнеров привело к развитию стеганографического программного обеспечения. Пересылаемый контейнер – это объект в виде текста, архива, фотографии, звукового файла, видео файла и других объектов, пересылаемых через электронную почту, социальные сети, форумы, системы мгновенного обмена сообщениями, а также копирование на внешние носители.

Существуют различные решения для защиты сети предприятия от утечки из нее конфиденциальной информации. Данный класс решений получил название DLP (Data Leakage Prevention). DLP-система предназначена для контроля информационных потоков, защиты конфиденциальной информации от утечки и несанкционированного распространения. Известные представители DLP-систем: Websense DSS, InfoWatch, Symantec DLP, SearchInform и др. Данные системы перехватывают весь трафик, выходящий за пределы сети предприятия, и сканируют его на наличие в нем конфиденциальных данных. Также DLP-системы сканируют всю информацию, записываемую пользователями сети на съемные носители при помощи их рабочих станций. Они способны отследить конфиденциальную информацию, передаваемую в открытом или заархивированном виде, пресечь передачу зашифрованных данных.

Стеганографические программы предотвращают способность инсайдера передать конфиденциальные данные за пределы сети предприятия способом включения битов информации в мультимедийные контейнеры, которые не предназначены для передачи.

В зависимости от используемых исходных данных методы стеганоанализа можно разделить на следующие группы:

– Методы, предназначенные для работы с конкретными заранее известными стеганографическими алгоритмами.



– Методы, предназначенные для любых алгоритмов стеганографии.

К методам, предназначенным для работы с конкретными заранее известными стеганографическими алгоритмами, относят сигнатурные методы анализа. В сигнатурных методах рассматривается синтаксический анализ предъявленной на вход распознающего устройства последовательности терминальных символов, определяющих контейнер. В случае обнаружения принадлежности предъявленной на вход распознавателя цепочки терминальных символов языку, описывающему ту или иную стеганосистему, принимается решение об ее использовании для скрытия информации.

К методам, предназначенным для любых алгоритмов стеганографии, относят визуальные и статистические методы.

Визуальные методы базируются на способности зрительной системы человека анализировать зрительные образы и выявлять существенные различия в сопоставляемых изображениях. Например, рассмотрим метод визуального анализа битовых срезов. Основная идея метода заключается в сравнении изображения в целом с изображениями его битовых срезов [1]. С помощью программы изображение просматривают по слоям, т.е. по битовым срезам. Интенсивность каждого цвета определяется ровно одним байтом. Поэтому необходимо просмотреть восемь срезов. Для каждого из трех цветов первый срез – это изображение, построенное самыми младшими битами, второй срез – изображение, построенное вторыми битами и т.д. Полученное изображение битового среза просматривают и визуальным образом сравнивают с анализируемым изображением.

Большинство методов стеганоанализа основано на обнаружении отклонения наблюдаемой мультимедийной информации от его ожидаемой модели. Статистические методы стеганоанализа используют множество статистических характеристик, таких как: коэффициенты корреляции, оценка числа переходов значений младших бит в соседних элементах изображения, анализ распределения пар значений на основе критерия Хи-квадрат, анализ гистограмм, построенных по частотам элементов изображения и др.

Известны методы стеганоанализа, направленные против конкретных стеганоалгоритмов. Например, методы стеганоанализа изображений, в которых производится внедрение в наименьший значащий бит, исследуют распределение этих битов, а также корреляционные связи между ними.

В настоящее время существует огромное количество свободно распространяемых программ стеганографии. Примеры программ для внедрения в изображения: S-Tools, EZStego, JPEG/JSteg, PGE, ScyTale; в музыкальные файлы: MP3Stego, Paranoid; в исполняемые коды: Smail; в текстовые файлы и e-mail: SNOW, Steganos, Spammimic и т.д.

Достаточно креативный способ воровства конфиденциальной информации долгое время оставался недоступным для противодействия инсайдером. Появление программных средств сигнатурного и корреляционного анализов сканирования пересылаемых контейнеров практически перекрыло возможности сокрытия данных в мультимедийных файлах.



Литература

1. Алиев, А.Т. О применении стеганографического метода LSB к графическим файлам с большими областями монотонной заливки [Текст] / А.Т. Алиев // Вестник ДГТУ. – Ростов-на-Дону, 2004. – Т. 4, № 4 (22). – С. 454-460.

Д.В. Кириллов

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЕМ ДОСТУПА НА ОСНОВЕ РОЛЕЙ

(Самарский государственный университет)

Для достижения цели автоматизации управления контролем доступа на основе ролей в автоматизированных системах управления предприятием (АСУП) необходимо решить задачу замыкания компонентов и отношений подсистемы реализующей политику безопасности (ПБ) и объектов и отношений уровня бизнес-логики системы (БЛ), содержащей достаточно большой объем данных о субъектах необходимых для принятия решений о назначении или отзыве полномочий, либо для выполнения других операций [1].

В простейшем случае, когда в организации используется только одна система, и управление доступом реализуется в ней же, задача с формальной точки зрения является тривиальной - необходимо обогатить систему недостающими компонентами и отношениями [2]. Простая модель данных характерная для систем, использующих ролевою политику безопасности представлена на рис. 1.

Данная модель содержит минимальный набор идентифицирующих пользователя атрибутов и связей назначенных пользователю ролей. С другой стороны, на диаграмме представлен также минимальный набор идентифицирующих сотрудника атрибутов и связей с должностями, который сотрудник занимает в организации. Модель данных демонстрирует тот факт, что в обычной ситуации для автоматизированной системы, использующей контроль доступа на основе ролей для разграничения доступа в системе, формальная связь между компонентами подсистемы безопасности (в данном случае пользователи, роли и связи между ними) и соответствующими им объектам уровня бизнес-логики, отождествленными с субъектами и объектам реальной организации не существует. То есть, для выполнения операций связанных с изменением состояний объектов уровня бизнес-логики для отображения этих изменений на компоненты уровня подсистемы безопасности используются неформализованные механизмы, реализуемые непосредственно человеком, наделенным административными полномочиями на управление подсистемой безопасности.

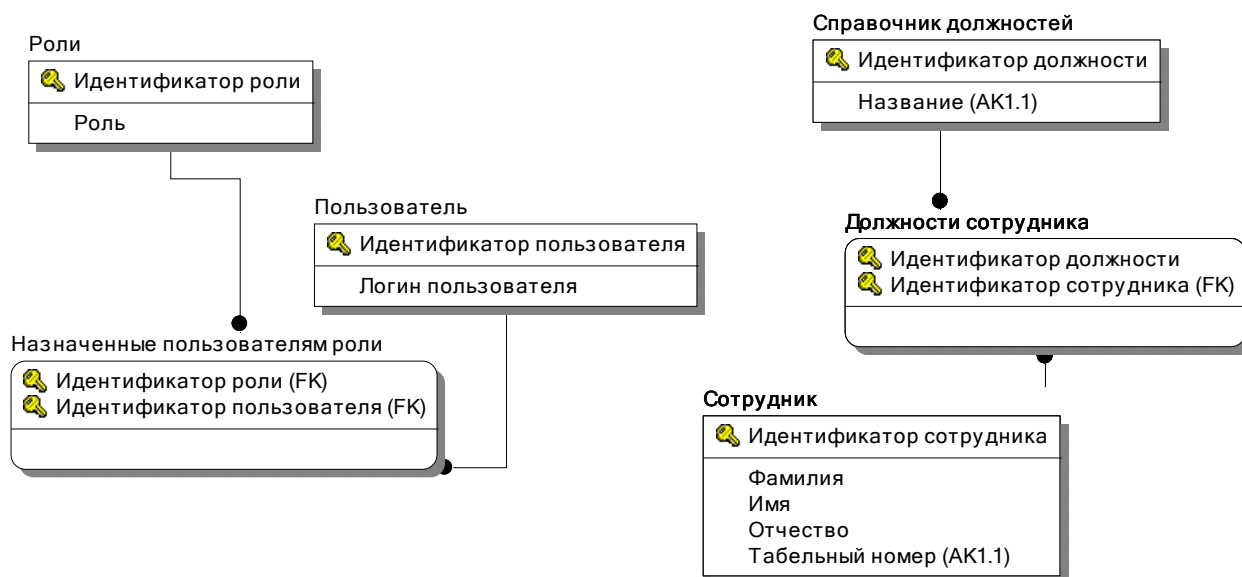


Рис. 1. Простейшая модель данных некоторых компонентов и отношений подсистемы разграничения данных и соответствующих им объектов уровня бизнес-логики

Определим два метода связывания – атрибутивное и объектное. В первом методе, обогащению подвергаются сущности представляющие компоненты и отношения подсистемы безопасности, которые уже представлены в системе путем добавления в них атрибутов-связей (логических или физических) с компонентами и отношениями уровня бизнес-логики. Результат использования такого метода на уровне моделей данных представлен на рисунке 2.

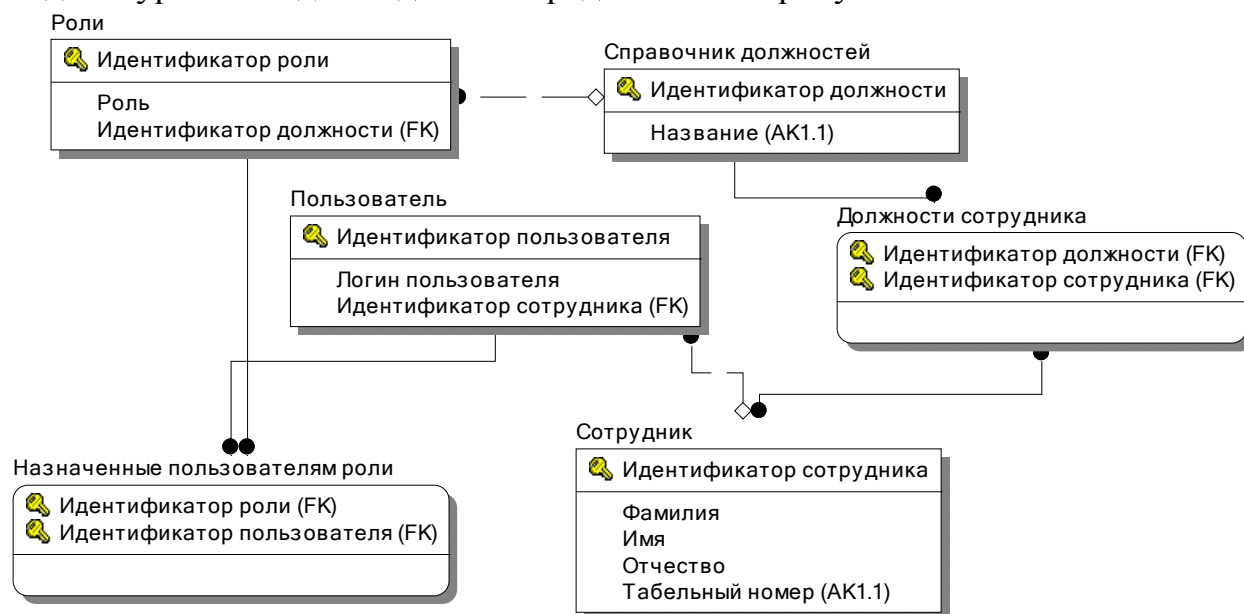


Рис. 2. Модель данных атрибутивного замыкания компонентов подсистемы разграничения доступа и соответствующих им объектов бизнес-логики.

Атрибутивное связывание имеет ряд существенных недостатков:



- 1) так как зачастую требуется адаптация существующей реализации ПБ модификация существующих сущностей не допустима с точки зрения требований лицензий на использование ПО;
- 2) также в случае адаптации существующих механизмов разграничения доступа, аспекты реализации компонентов могут быть скрыты и не доступны для внесения прямых изменений [3];
- 3) в том случае, если связывание осуществляется с использованием внешних ключей между сущностями уровня бизнес-логики и уровня реализации ПБ безопасности невозможно гарантировать отсутствие проблем возникновения блокировок на компонентами и того и другого уровня;
- 4) возможности связывания достаточно ограничены, так как структура связей отображения должна фактически полностью повторять структуру связей между объектами уровня бизнес-логики, что на практике далеко не всегда соответствует действительности. Например, из рисунка 2 видно, что наделив сущность “Роль” атрибутом связи с сущностью “Должность”, получаем фактически отношение одна роль – одна должность, хотя в реальности у одной должности может быть более чем одна роль [4].

В случае объектного связывания, сущности представляющие компоненты и отношения подсистемы безопасности не изменяются. Вместо этого в систему вносятся новые сущности, представляющие собой отношения отображения элементов подсистемы безопасности и элементов уровня бизнес-логики (рисунок 3).

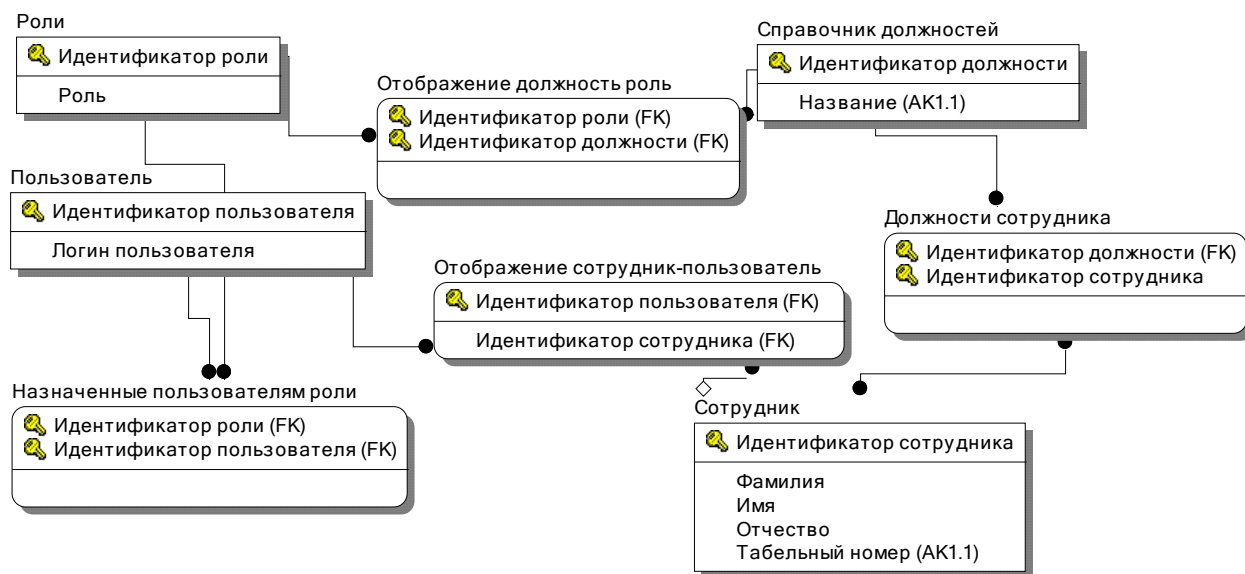


Рис. 3. Модель данных объектного замыкания компонентов подсистемы разграничения доступа и соответствующих им объектов бизнес-логики

Объектное связывание исключает недостатки связанные с ограниченностью влияния на процесс связывания с использованием атрибутивного связывания, так как при его использовании не модифицируются существующие объекты и отношения, что соответственно полностью исключает прямое влияние на компоненты уровней бизнес-логики и подсистемы разграничения доступа.



Другим важным аспектом процесса замыкания уровня подсистемы разграничения доступа и уровня бизнес-логики является выбор способа реализации процесса связывания. Здесь возможно два варианта – синхронный и асинхронный.

В случае синхронного процесса порождающее событие на уровне бизнес-логики одновременно порождает событие на уровне подсистемы безопасности, фактически реакция на оба события выполняется в рамках одной транзакции. Плюсом здесь является то, что фактически система осуществит переход состояния один раз, то есть в следующий момент времени после подтверждения транзакции компоненты и отношения подсистемы безопасности будут предположительно находиться в адекватном состоянии в соответствии с описанными правилами. Минусы здесь также очевидны:

- 1) ошибка или невозможность выполнения транзакции на уровне подсистемы безопасности, вызовет невозможность подтверждения транзакции на уровне бизнес-логики;
- 2) в случае, если правила отображения имеют достаточно сложную форму, и их вычисление достаточно трудоемко, то время выполнения транзакции на уровне бизнес-логики может значительно возрасти [5];
- 3) с технической точки зрения возможности применения условий могут быть ограничены в связи с особенностями функционирования системы.

Асинхронная обработка предполагает, что процессы генерации событий по изменению состояний компонентов и отношений уровня БЛ и их отображения на уровень ПБ не зависят друг от друга, то есть выполняются в разных транзакциях. В этом случае, либо существует независимый процесс, отслеживающий состояние требуемых объектов и их отношений, либо над этими объектами реализуются нотификаторы (объекты генерирующие сообщения о событиях по изменению состояния объектов). И в том и другом случае, дальнейшая обработка таких событий никак не влияет на объекты уровня БЛ [6,7].

Главной сложностью асинхронной обработки является определение таких состояний объектов, которые являются “консистентными”, то есть гарантирующими непротиворечивость и полноту атрибутов объекта, необходимых для отображения на пространство безопасности системы. Определение таких состояний с другой стороны дает ответ на вопрос “какое минимальное время реакции на изменение состояния объекта бизнес-логики возможно для отображения его на пространство безопасности”.

Таким образом, в случае выполнения требований к достижению консистентности состояний объектов, наиболее эффективным способом реализации механизмов замыкания уровня реализации ПБ и уровня реализации БЛ является асинхронное объектное связывание.

Литература

1. Кириллов Д.В. Основные принципы событийно-обусловленного делегирования полномочий в системах контроля доступа на основе ролей// Вестник УГАТУ. 2009 т.1(30), с. 218-225.



2. Кириллов Д.В. Классификация моделей делегирования полномочий в контроле доступа на основе ролей// Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2010, № 1(21), с. 146-150.
3. Кириллов Д.В. Особенности механизма обработки событий в СОДОП//Материалы Зимней школы аспирантов и молодых ученых УГАТУ, Уфа, 2009.
4. Ahmed Ali, Zhang Ning A Context-Risk-Aware Access Control Model for Ubiquitous Environments // Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Informational Technologies. - Wisla, Poland :, 2008. - стр. 775-782.
5. Al-Kahtani Mahammad A. A model for Attribute-Based User-Role Assignment // Proceedings of the 18th Annual Computer Security Applications Conference. - Washington, DC, USA : IEEE Computer Society, 2002.
6. Kumar A.N., Karnik N. и Chaffle G. Context sensitivity in Role-Based Access // ACM SIGOPS Operating system review. - July 2002 r.. - Т. 36. - стр. 53-66.
7. Кириллов Д.В. Классификация моделей делегирования полномочий в контроле доступа на основе ролей// Доклады ТУСУРа, № 1 (21), часть 1, июнь 2010.стр.146-149.

К.Е. Климентьев

ГЕНЕРАЦИЯ СЛУЧАЙНЫХ ГРАФОВ С ТРЕБУЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Силами преподавателей и студентов факультета информатики СГАУ ведется работа над реализацией системы имитационного моделирования распространения и взаимодействия вредоносных программ в компьютерных сетях. Одной из задач при этом является имитация сетей с требуемой топологией и статистическими характеристиками [1]. Класс сетей, служащих для моделирования среды существования «мобильных» червей, носит наименование «специального» («ad hoc») и представляет собой подмножество случайных графов [2]. Наиболее близкими абстракциями для подобных сетей являются случайный граф Радо (он же граф Эрдеша-Реньи) и «геометрический» случайный граф. Они различаются методами построения.

Случайный граф Радо (RRG) получается из «полного» графа, каждое ребро которого остается с заранее выбранной вероятностью p и удаляется с вероятностью $1-p$. Степени k_i всех вершин в таком графе примерно одинаковы, более точно - их количество подчиняется биномиальному распределению $P(k_i = k) = NC_{N-1}^k p^k (1-p)^{N-1-k}$ со средней степенью вершины $\bar{k} = p \times N$, где N - количество вершин [2].

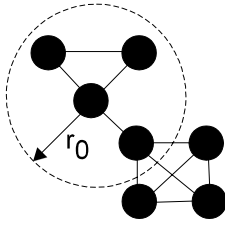


Рис. 1. «Геометрический» случайный граф

Граф со случайной геометрией строится на множестве вершин, случайно и равномерно распределенных в единичном квадрате. Ребро между двумя вершинами (x_i, y_i) и (x_j, y_j) проводится в том случае, если расстояние между ними $r = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \leq r_0$, где r_0 - заранее оговоренный «радиус действия».

Для получения желаемых статистических свойств «геометрического» графа необходимо изучить распределение величины r . Более общая задача решена, например в [4], однако там отсутствует выражение для функции распределения $F(r)$.

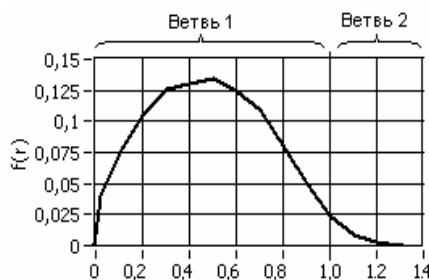
С помощью известных соотношений теории вероятностей [3] самостоятельно получены следующие результаты.

Распределение расстояний между двумя случайными точками единичного квадрата состоит из двух «ветвей» (см. рис. 2). Практически всегда в единичном квадрате расстояние $r < 1$ и подчиняется закону с плотностью

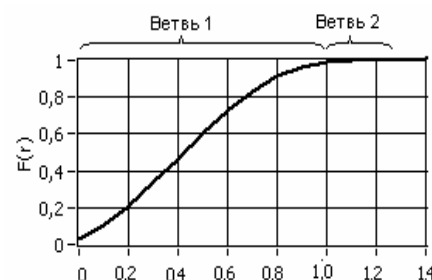
$$f(r) = 2r^3 - 8r^2 + 2\pi r$$

и функцией распределения

$$F(r) = 0.5r^4 - 2\frac{2}{3}r^3 + \pi r^2.$$



а) Плотность распределения $f(r)$



б) Функция распределения $F(r)$

Рис 2. Распределение расстояния между двумя случайными точками

В остальных, гораздо более редких случаях $1 \leq r \leq \sqrt{2}$:

$$f(r) = -2r^3 + 2r^2\sqrt{r^2 - 1} + r(4 - 2\pi - 8\arctan(\sqrt{r^2 - 1}));$$

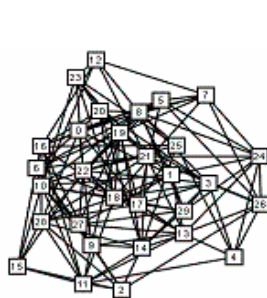
$$F(r) = -\frac{1}{2}r^4 - 4r^2\arctan(\sqrt{r^2 - 1}) + \frac{1}{3}(2r^2 + 1)\sqrt{r^2 - 1} + (\pi - 2)r^2 + \frac{1}{3}.$$

Математическое ожидание расстояния $m(r) = \frac{1}{15}(2 + \sqrt{2} + 5\arcsin(1)) \approx 0.52$. Очевидно,

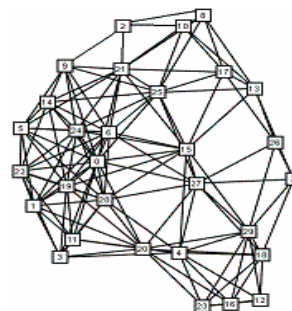
средняя степень вершин соответствующего графа зависит от r_0 :

$$\bar{k} = N \times P(r < r_0) = N \times F(r_0).$$

В качестве примера применения полученных соотношений приведем результаты генерации случайных графов типов RRG и RGG с $N=30$ вершинами и ожидаемой средней степенью вершин $\bar{k} = 10$.



а) Граф типа RRG, $p=0.33$, $\bar{k} \approx 9.13$



а) Граф типа RGG, $r_0=0.39$, $\bar{k} \approx 9.46$

Рис. 3. Графы разных типов с одинаковой средней степенью вершин

Граф типа RGG обладает более регулярной структурой, граф RGG характеризуется наличием «малых миров» (сгущений). Эти особенности существенны при моделировании конкретных эпидемий сетевых червей.

Литература

1. Климентьев К.Е. Моделирование распространения и взаимодействия самовоспроизводящихся объектов [Текст] / К.Е. Климентьев // Известия Самарского научного центра РАН. - Самара: изд-во СНЦ РАН, 2014. – т.16 №4(2) - С. 313-317.
2. Райгородский А.М. Модели случайных графов и их применения [Текст]/ А.М. Райгородский // М.: Труды МФТИ. – 2010. – Том 2, №4. – С. 130-140.
3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей [Текст]/ Е.С. Вентцель [и др.]. – М.: Радио и связь, 1983. – 416 с.
4. Philip J. The probability distribution of the distance between two random points in a box [Текст]/ J. Philip // TRITA MAT 7(10), 2007. – 13 pp.

А.В. Козачок, Л.М. Туан

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕРАЗЛИЧИМОЙ ОБФУСКАЦИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИСПОЛНЯЕМЫХ ФАЙЛОВ

(Академия ФСО России)

В настоящее время угрозы информационной безопасности, связанные с утечкой конфиденциальных данных, являются одними из наиболее опасных для любой организации, так как приводят к прямым материальным убыткам и ущербу, потере интеллектуальной собственности. По мере развития компьютерных технологий и услуг связи растет число возможных каналов утечки информации.

Целью проводимого исследования является построение системы защиты исполняемых файлов от несанкционированного доступа. Для достижения поставленной цели был выбран подход на основе обфускации программного кода.



В процессе решения задачи исследования необходимо подробно рассмотреть понятие обфускации, классификацию и стойкость существующих методов, а также провести их анализ.

Обфускацией программы называется преобразование ее кода, которое сохраняет функциональность, но изменяет ее содержимое таким образом, что извлечение из программного кода определенной информации об алгоритме и структурах данных, реализованных в программе, становится трудоемкой задачей [1].

Цель обфускации программного кода заключается в том, чтобы затруднить понимание и анализ программного кода и воспрепятствовать целенаправленной их модификации. В настоящее время исследование в области обфускации программного кода проводится по двум направлениям:

- с позиции системного программирования;
- с позиции криптографии.

Со стороны системного программирования обфускация программного кода может использоваться для защиты авторских прав на программное обеспечение, для предотвращения реинженерии программ, для создания и защиты водяных знаков, обеспечения безопасности мобильных агентов в информационных сетях, для проведения безопасного поиска в потоках данных и защиты баз данных. Однако существенным недостатком данного подхода является отсутствие гарантированного обоснования стойкости.

Со стороны математической криптографии разработка эффективных алгоритмов позволит решить целый ряд серьезных задач, например, с их помощью можно преобразовать криптосистемы с секретным ключом в криптосистемы с открытым ключом, проводить вычисления над зашифрованными данными, реализовать функциональное шифрование, доверенные схемы перешифрования и электронно-цифровой подписи, создать верифицируемые системы тайного голосования и схемы двусмысленного шифрования. При этом перечисленные приложения можно считать криптографически стойкими при условии, что стойкость используемых методов обфускации программ также будет доказана.

Большую роль в успешном внедрении указанных подходов к обфускации играют непроницаемые предикаты (*opaque predicates*), значения которых известны в процессе обфускации программы, но трудно вычисляются на этапе ее анализа. В ряде работ было проведено рассмотрение методов построения и оценки стойкости непроницаемых предикатов. Дополнительные возможности, усиливающие скрытность непроницаемых предикатов, открываются в случае обфускации распределенных программ [2].

Процедура обфускации может осуществляться:

- на уровне исходных текстов;
- на уровне промежуточного кода;
- на уровне машинных команд.

Реализация обфускации на уровне исходных кодов и на уровне промежуточного кода не предоставляет возможность контроля целостности обфусцированного программного кода и имеет привязку к какому-либо определенному



языку программирования. Обфускация, осуществляющаяся на уровне машинного кода позволяет осуществлять проверку целостности программного кода, но обладает существенным недостатком – низкой скоростью работы защищенного кода.

К обфускации программ предъявляются три главных требования:

- сохранение функциональности программы;
- полиномиальное замедление;
- требование стойкости.

Вероятностная машина Тьюринга O является обфускатором машины Тьюринга (TM обфускатором), стойким в модели «черного ящика», если он удовлетворяет следующим трем условиям [1].

1. Функциональная эквивалентность. Для всякой машины Тьюринга (TM) M любое выходное слово $O(M)$ машины O на входе M вычисляет ту же функцию, что и M .

2. Полиномиальное замедление. Длина и время выполнения $O(M)$ должна быть полиномиально больше аналогичных показателей для M . То есть существует полином $poly$ такой, что $|O(M)| < poly(|M|)$ и, если M заканчивает свою работу через t шагов при определенном входе x , то $O(M)$ оканчивает свою работу за $poly(t)$ шагов при том же входе x .

3. Свойство виртуального черного ящика. Для любой полиномиальной вероятностной машины Тьюринга (PPT) A существует PPT S (симулятор) и пренебрежимо малая функция α такая, удовлетворяющие для любой машины Тьюринга M соотношению:

$$|\Pr[A(O(M)) = 1] - \Pr[S^M(1^{|M|}) = 1]| \leq \alpha(|M|)$$

где $\Pr$ – вероятность наступления некоторого события;

A – вероятностная машина Тьюринга;

$O(M)$ – запутанная машина Тьюринга M ;

S^M – вероятностная машина Тьюринга, анализирующая входные и выходные данные машины Тьюринга M и не имеющая непосредственного доступа к $O(M)$.

Вероятностная машина Тьюринга O называется неразличимым обфускатором, если он удовлетворяет требованиям функциональности, эффективности, а также следующему требованию стойкости: для любой пары эквивалентных МТ M, M_0 , имеющих одинаковый размер, распределения вероятностей случайных величин $O(M)$ и $O(M_0)$ вычислительно неотличимы, т.е. для любой PPT T справедливо соотношение:

$$|\Pr[T(O(M)) = 1] - \Pr[T(O(M_0)) = 1]| \leq \alpha(|M|)$$

Обфускация программ считается стойкой в модели виртуального «черного ящика», если всякий противник, имеющий неограниченный доступ к тексту обфусцированной программы, может извлечь из этого текста не больше информации, чем можно было бы получить, проводя одни лишь тестовые эксперименты с программой без доступа к ее тексту.



Применение неразличимой обфускации позволяет обеспечить выполнение свойства виртуального «черного ящика», таким образом становится возможным применение данного подхода для защиты исполняемых файлов от не-санкционированного доступа.

Литература

1. Варновский Н.П., Захаров В.А., Кузюрин Н.Н., Шокуров А.В. Современное состояние исследований в области обфускации программ: определения стойкости обфускации // Труды Института системного программирования РАН (электронный журнал), том 26, № 3, с. 167-198.

2. Majumdar A., Thomborson C. Manufacturing opaque predicates in distributed systems for code obfuscation // *Proceedings of the 4th International Conference on Information Security*. Hobart, Tasmania, Australia, 2006, p. 187-196.

А.В. Линьков, М.Е. Гордеева

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ АНОНИМНОСТИ В ИНТЕРНЕТЕ: ПОЛЬЗОВАТЕЛЬ, ГОСУДАРСТВО, ЗЛОУМЫШЛЕННИК

(Самарский государственный университет)

Современная жизнь невозможна без использования информационных технологий. Одной из таких технологий является Интернет, который прочно вошел в современную жизнь. В некоторых ситуациях, пользователь желает остаться анонимным, с целью защиты личных данных, например, о своем местоположении, паспортных данных, состоянии банковского счета и тому подобном. Под *анонимностью* можно понимать недоступность вышеперечисленных данных для обеспечения личного комфорта и безопасности пользователя сети Интернет. Анонимность пользователя в сети в общем случае можно рассматривать через призму понятий информационной безопасности. В частности, проблемы анонимности имеют отношение к безопасности в сети. В последнее время информационной безопасности личности и ее взаимосвязи с информационной безопасностью государства в постиндустриальном обществе уделяется большое внимание [1-4]. Проблема анонимности тесно связана с проблемами свободы слова и печати [5], ограничения распространения информации ограниченного доступа, защиты детей от информации, причиняющей вред их здоровью и развитию, распространением экстремистской информации, защиты информации и обеспечения безопасности информационных процессов в глобальных телекоммуникационных сетях, которые сейчас имеют не только теоретическое, но и большое практическое значение.

Проблемы анонимности в сети можно и нужно подвергать анализу с нескольких направлений. Во-первых, можно выделить правовую и техническую составляющие. Во-вторых, при анализе проблемы с выделенных точек зрения, анонимность в интернете требует учёта непосредственных интересов пользова-



теля, государства и действий злоумышленника. В данной статье анализируется правовая составляющая выделенной проблемы.

При исследовании механизмов анонимности в сети Интернет необходимо провести анализ основных законов и нормативно-правовых актов, регулирующих отношения между гражданами РФ, в том числе и в сети Интернет, поскольку эти нормы являются основой для правового регулирования взаимодействия пользователей в Интернете (по крайней мере, в Рунете).

Конституция РФ предусматривают основные права и полномочия пользователей сети Интернет:

- право на свободу мысли и слова;
- право на свободу совести и вероисповедания, а так же на распространение религиозных и других убеждений;
- право на принадлежность к любой идеологии и партии;
- право на ознакомление человека с документами, затрагивающими права и свободы;
- право на поиск, хранение, распространение и другие действия с информацией в рамках, заданных федеральными законами;
- право на тайну переписки, почтовых и других сообщений;
- право на свободу прессы [6].

В международном правовом поле используются основные нормативные правовые акты ООН или других международных объединений (например, Совета Европы) [7-10].

При рассмотрении гарантий гражданам определенных прав и свобод, провозглашенных в Конституции РФ, возникает вопрос о правовых гарантиях анонимности пользователя в Интернете. Конституция на сегодняшний момент не содержит запретительных или обязывающих норм с требованиями указывать персональные достоверные данные физического лица, позволяющие его идентифицировать, при реализации прав субъекта на свободу слова, мысли и вытекающие из них полномочия. Следовательно, пользователь при работе в сети Интернет имеет право на сохранение приватности своих личных данных, относящихся, в том числе и к категории персональных данных, информации и анонимности в случаях, когда соответствующие нормы явно не прописаны в законодательстве РФ (и которые присутствуют в международных правовых актах [7]). В российском законодательстве уже существуют нормы, разрешающие органам власти или другим субъектам и организациям сбор сведений, в том числе и персональных данных о пользователях и их дальнейшую агрегацию в различные базы данных, как ведомственные (федеральные и муниципальные), так и частные, без явного разрешения пользователя, исключение составляют специальные категории персональных данных, перечисленные в 152-ФЗ «О персональных данных» ст. 10. Также, ч.3 ст. 55 основного закона РФ предусматривает возможность того, что «права и свободы человека и гражданина могут быть ограничены федеральным законом только *в той мере, в какой это необходимо* в целях защиты основ конституционного строя, нравственности, здоровья, прав и законных интересов других лиц, обеспечения обороны страны и безопасности



государства». Мера необходимости определяется федеральными законами или подзаконными актами РФ (вне Конституции РФ). Следовательно, существует возможность нарушения гражданских прав при принятии новых законодательных решений [4]. На настоящий момент принят ряд законодательных актов, не только позволяющих, но и обязывающих организаторов распространения информации в сети Интернет собирать данные о своих пользователях. Речь идёт об информации, по которой возможно однозначно идентифицировать пользователя такого интернет – сервиса [18].

Кроме физических лиц, к пользователям сети Интернет можно отнести различные юридические лица – предприятия и организации, которые, в свою очередь, могут являться правообладателями в отношении какой-либо информации. Несоблюдение норм и регламентов работы в Интернет, а, следовательно, нарушение анонимности сотрудниками компании может повлечь за собой как разглашение конфиденциальной информации (к примеру, коммерческой тайны), так и государственной тайны, а также многочисленные нарушения конституционных прав граждан, связанные с анонимностью [11].

Также пользователями Интернет могут выступать авторы – лица, занимающиеся творческой деятельностью, и юридические лица, обладающие чаще смежными правами. Для них Интернет выступает в качестве средства массовой информации, где объекты авторского права могут быть представлены для ознакомления, как на некоммерческой, так и на коммерческой основе, поэтому, рассматриваемая категория лиц заинтересована в возможности подтверждения своих прав, что противоречит анонимности. В то же время отсутствие анонимности в сети может привести к нежелательным последствиям, как для авторов, так и для потребителей результатов интеллектуального труда. Результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации в РФ регулируются нормами ч. IV Гражданского Кодекса РФ.

При анализе проблемы с точки зрения государства, можно заключить, что оно не только защищает права пользователей сети Интернет согласно Конституции, Уголовному Кодексу и другим законам, но и осуществляет противодействие источникам возможных угроз для общества в целом. К таким угрозам относят терроризм, экстремизм, пропаганду войны, пиратство, хакерство и так далее.

Важно отметить, что государство (его институты), в соответствии, со ст. 12 ФЗ № 149 *не может вмешиваться* в любые действия, совершаемые любым человеком над любой информацией.

Следует отметить, заинтересованность государства в правовом регулировании и контроле над информационными потоками в телекоммуникационных сетях. Проанализировав принятые [12] и готовящиеся [13] к принятию поправки и законы, можно сделать вывод о том, что Государство старается не только защищать своих граждан, но и получать доступ к любой информации о любом гражданине в любой момент времени под различными обоснованиями правомерности своих действий. Этот вывод справедлив для любого государства [19, 20, 21, 22]. В качестве примера можно привести уже принятые некоторые по-



правки к Гражданскому Кодексу Российской Федерации: *«не являются нарушением правил, установленных абзацем первым настоящего пункта, сбор, хранение, распространение и использование информации о частной жизни гражданина в государственных, общественных или иных публичных интересах, а также в случаях, когда информация о частной жизни гражданина ранее **стала общедоступной** либо была раскрыта самим гражданином или по его воле»* [12].

Исходя из этих поправок, государство наделяет свои институты правом на вмешательство в переписку, переговоры, т.е. в частную жизнь неудобных лиц.

Рассматривая данную проблему с позиции злоумышленника, стоит обратиться к Уголовному Кодексу РФ. Злоумышленником концепция анонимности может быть использована и широко используется в корыстных целях. Каждый пользователь, посещая ресурсы в Интернете, так или иначе, оставляет информацию о своей сетевой активности в сети. И если используются платные сервисы, то одной из приоритетных целей для мошенников являются личные данные пользователей. Жертвой мошенника может быть не только частный пользователь, который, к примеру, ввёл номер своей банковской карты, но и крупные организации. Это происходит отчасти и от того, что сегодня доказать факт мошенничества в сети Интернет и причастности к нему какого-либо конкретного человека становится всё сложнее. О наказаниях за мошенничество в компьютерной сфере говорится в ст. 159.6 УК РФ. В УК РФ глава 28 посвящена преступлениям в сфере компьютерной информации.

Доступ к информации, хранящейся на компьютере, может быть осуществлен не только напрямую (физический доступ к ресурсу), но и удаленно, посредством сети Интернет. Этим и пользуются злоумышленники, так как осуществить проникновение и «замести следы» в Интернет намного легче, чем в реальной жизни, а значит и безопаснее и более привлекательно для потенциального преступника. Кроме того, злоумышленник имеет возможность совершать преступление, находясь за пределами РФ, действия законов РФ и международных соглашений о содействии в расследовании преступлений [14]. Возможность анонимности в сети делает преступления в компьютерной сфере более изощрёнными и бесцеремонными [11].

Нетрудно заметить, что в некоторых случаях наказание за уничтожение, блокирование, модификацию или копирование компьютерной информации, повлекшее крупный ущерб оказывается несоответственно мягким по сравнению с возможными убытками и наоборот. Судебная практика РФ показывает, что тяжёлые меры наказания по ст. 272-274 применяются крайне редко. В некоторых случаях требуемое прокурором наказание за совершенное правонарушение чрезмерно, но это компенсируется сложностью ведения оперативно-розыскных и прочих проводимых мероприятий и малым процентом доведенных до логического завершения уголовных дел.

В основном, действия злоумышленников направлены на:

- получение материальных средств;



- получение известности (славы);
- получение конфиденциальной информации с целью последующей её продажи или использования;
- получение конфиденциальной информации с целью её разглашения;
- вывод из строя информационной системы (вандализм).

Объектом атаки злоумышленника могут так же выступать государственные структуры, как федерального, так и муниципального уровней, а также как «своего» так и «чужого» государства. В этом случае целью подобных атак может быть не только получение данных ограниченного доступа, но и разглашение сведений, составляющих государственную тайну. Правовые отношения между пострадавшей стороной (пользователем) и злоумышленником регулирует УК РФ. На сегодняшний день применение норм УК РФ при расследовании компьютерных инцидентов или преступлений в сфере высоких технологий часто упирается в проблему анонимности злоумышленника [13], и, в этих случаях, анонимность несёт негативную роль в определении – персонификации субъекта, совершившего противоправное деяние и в доказуемости его причастности к преступлению а, следовательно, в неотвратимости наказания. Кроме того, в УК РФ не отработана не только теоретическая, но и практическая части вплоть до проведения порядка процессуальных действий.

Так же, следует остановиться на проблеме размещения в сети информации, которая может быть рассмотрена как экстремистская. Проблема экстремизма тесно связана с проблемой анонимности. Чаще всего, люди, распространяющие экстремистские взгляды желают остаться анонимными. С одной стороны к экстремистским убеждениям можно отнести какой-либо вид религии или идеологии, которые, как правило, не отличаются терпимостью по отношению к лицам, не поддерживающим данные взгляды. Согласно Конституции РФ [6] и Всеобщей Декларации Прав Человека ООН [7], люди имеют права на распространение подобных взглядов, при условии соблюдения прав и свобод других субъектов. Но, с другой стороны, существует № 114-ФЗ «О противодействии экстремистской деятельности», согласно которому запрещается распространение экстремистской информации. Однако существуют множество дискуссий о том, какую информацию следует относить к экстремизму [15, 16]. Основной вывод из анализа публикаций – любую идеологию, не соответствующую государственной, можно отнести к некоторым формам экстремизма, так как она пропагандирует изменения основ государственного или политического строя. Так же, любое религиозное учение можно связать с экстремизмом, так как оно разжигает религиозную рознь, утверждая религиозное неравенство или превосходство своих адептов над иными. Очевидно, что подобного рода уточнения экстремистских дефиниций можно в дальнейшем расширить с помощью поправок к 114-ФЗ.

Имеет смысл напомнить о Едином реестре запрещённых сайтов, который находится в ведении Роскомнадзора в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 26 октября 2012 года № 1101. В данный реестр вносятся сайты, содержащие информацию, распространение которой в



Российской Федерации запрещено, например ресурсы, пропагандирующие экстремизм, разжигание национальной и религиозной розни и пр. Порядок блокировки ресурсов содержащих подобную информацию рассмотрен в ст. 15.3 № 149 - ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». Данная поправка разрешает досудебную блокировку сайтов, которая производится в случае получения уведомления от федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций или граждан. В ближайшее время планируется ФНС сделать органом, имеющим право выносить решения по досудебной блокировке сайтов. Практическая реализация ограничения доступа к информационному ресурсу в настоящее время далека от идеальной, а в некоторых случаях может повлечь за собой ограничение доступа к ресурсам третьих лиц, а также к информации, не подпадающей под действие №144-ФЗ, №152-ФЗ, №149-ФЗ и №436-ФЗ, №114-ФЗ.

Проанализировав все законодательные акты, упомянутые в данной работе, можно сделать вывод, что законодательство Российской Федерации на текущий момент не перекрывает всех возможных преступлений в компьютерной сфере, имеющих отношение к проблеме анонимности. Кроме того некоторые его моменты можно рассматривать как попытки государственных структур осуществления плотного, всеобъемлющего контроля в информационной сфере гражданами РФ.

В процессе исследования понятия и сущности анонимности с различных позиций (пользователь, государство, злоумышленник), можно прийти к некоторым умозаключениям.

Поскольку отношения между данными субъектами регулируются посредством законодательства РФ, существует дисбаланс между интересами среднестатистического пользователя и государства в лице его институтов. Пользователь в определенных случаях очень хочет сохранять анонимность, но одновременно желает быть защищённым от действий злоумышленника и иногда чрезмерной опеки государства. Эту функцию защиты в той или иной мере пользователю-гражданину гарантирует государство. По утверждению государства (его институтов), защита пользователей, а также ведение следственно-розыскных и судебных мероприятий станет существенно эффективнее при изменении и усовершенствовании законодательных основ, направленных на ограничение анонимности в обществе, а именно, на отмену (частичную или полную) возможной анонимности в сети Интернет, что, однако противоречит неизменяемым статьям Конституции РФ и основным международным актам [6-10].

Законодательная основа нигде, никогда не обеспечит абсолютную безопасность для пользователя в современном быстро меняющемся технологическом мире, следовательно, сам пользователь должен осознавать риск использования компьютерных технологий и уметь защищать свою анонимность и свои компьютерные ресурсы самостоятельно. В этом смысле предложения о введении в школе занятий по информационной безопасности, как надо и не надо вести себя в Интернете, не так уж глупы [17].



Законодательство РФ не должно рассматриваться как некоторый неизменяемый свод правил, в него должны вноситься изменения одновременно или с опережением развития социума, новых информационных отношений внутри него. Однако эти изменения должны разрабатываться только в соответствии с Конституцией РФ и Всеобщей Декларацией Прав Человека при учете всего объема прав и свобод граждан, при широком обсуждении и обязательном участии специалистов, теоретиков и практиков, как состоящих на государственной службе, так и входящих в состав коммерческих фирм и некоммерческих общественных объединений, работающих в сфере информационных технологий, в частности в области информационной безопасности как личности так и государства.

Литература

- 1 Белл, Д. Грядущее постиндустриальное общество [Текст] / Д.Белл. - М.: *Basic Books*, 2001. - 578 с.
- 2 Петров В. П., Петров С. В. Информационная безопасность человека и общества: учебное пособие. - М.: ЭНАС, 2007. - 336 с.
- 3 Российская газета. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.rg.ru/2014/08/05/svyaz-site-dok.html>, свободный - Яз. рус. - Загл с экрана.
- 4 Новая адвокатская газета. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.advgazeta.ru/rubrics/12/1206>, свободный - Яз. рус. - Загл с экрана.
- 5 Общественная палата Российской Федерации. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://www.oprf.ru/ru/about/structure/structurenews/newsitem/14643>, свободный - Яз. рус. - Загл с экрана.
- 6 Конституция Российской Федерации. Принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года. С изм. 6-ФКЗ, 7-ФКЗ от [Текст] // Российская газета, 21.01.2009, - Федеральный выпуск №7
- 7 Всеобщая декларация прав человека [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://constitution.garant.ru/act/right/megdunar/2540400/>, свободный - Яз., рус. - Загл с экрана.
- 8 Международный пакт о гражданских и политических правах [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://constitution.garant.ru/act/right/megdunar/2540400/>, свободный - Яз., рус. - Загл с экрана.
- 9 Конвенция о защите прав человека и основных свобод ETS N 005 [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://constitution.garant.ru/act/right/megdunar/2540400/>, свободный - Яз., рус. - Загл с экрана.
- 10 Хартия социальных прав и гарантий граждан независимых государств. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://constitution.garant.ru/act/right/megdunar/2540400/>, свободный - Яз., рус. - Загл с экрана.



11 *Securelist* [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://securelist.ru/analysis/ksb/24580/kaspersky-security-bulletin-2014-osnovnaya-statistika-za-2014-god>, /свободный - Яз., рус. – Загл с экрана.

12 Гражданский Кодекс Российской Федерации [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://base.consultant.ru>, свободный – Яз., рус. – Загл с экрана.

13 Газета Коммерсант [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.kommersant.ru/doc/2665417>, свободный – Яз., рус. – Загл с экрана.

14 Исполнительный комитет СНГ [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://cis.minsk.by/page.php?id=866>, свободный – Яз., рус. – Загл с экрана.

15 Права Человека в России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hro.org/node/773>, свободный. Яз. рус. – Загл с экрана.

16 Грани.ру. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://grani.ru/media/203886.html>, свободный – Яз. рус., англ. – Загл с экрана.

17 *Iteranet IT Журнал* [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://iteranet.ru/it-novosti/2015/02/20/minobrnauki-predlagayut-prepodavat-osnovy-informacionnoj-bezopasnosti-v-shkolax/>, свободный – Яз. рус., англ. – Загл с экрана.

18 Постановление правительства от 31.07.2014 № 759 [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://base.consultant.ru>, свободный – Яз., рус. – Загл с экрана.

19 *Regulation of Investigatory Powers Act 2000* [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2000/23/section/53>, свободный – Яз. англ. – Загл с экрана.

20 *Spiegel online* [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.spiegel.de/netzwelt/web/snowdens-deutschland-akte-alle-dokumente-als-pdf-a-975885.html> свободный – Яз. англ. – Загл с экрана.

21 *AP* [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://ap.org/> свободный – Яз. англ. – Загл с экрана.

22 Юриспруденция [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.justicemaker.ru/view-article.php?id=7&art=1315> свободный – Яз. англ. – Загл с экрана.

С.Я. Новиков

ВОССТАНОВЛЕНИЕ НОРМЫ СИГНАЛА ПО НОРМАМ ПРОЕКЦИЙ*

(Самарский государственный университет)

Задача восстановления дискретного сигнала по неполным данным по-прежнему актуальна. В работе изложен один из аспектов этой задачи, когда норма сигнала восстанавливается по нормам проекций этого сигнала на подпространства.

Рассматривается набор $W_n, n=1, \dots, N$, подпространств в евклидовом или унитарном пространстве H^M , $P_n, n=1, \dots, N$, - ортопроекторы на эти подпро-



странства. Будем говорить, что $W_n, n=1, \dots, N$, (или соответствующие проекторы) обеспечивают восстановление нормы, если для любых $x, y \in H^M$ равенства $\|P_n x\| = \|P_n y\|$ для $n=1, \dots, N$ обеспечивают равенство

$$\|x\| = \|y\|.$$

Если набор подпространств обеспечивает восстановление фазы [1], то он обеспечивает восстановление нормы. Обратное, вообще говоря, неверно. Каждый набор ортонормированных векторов обеспечивает восстановление нормы, но в нем слишком мало элементов для восстановления фазы.

Доказано следующее утверждение. Пусть $W_n, n=1, \dots, N$, - набор подпространств в H^M , который обеспечивает восстановление фазы, и пусть $P_n, n=1, \dots, N$, - ортопроекторы на эти подпространства. Следующие утверждения эквивалентны:

- 1) $I - P_n, n=1, \dots, N$, обеспечивают восстановление фазы.
- 2) $I - P_n, n=1, \dots, N$, обеспечивают восстановление нормы.

Литература

1. Новиков С.Я. Восстановление сигнала по модулям коэффициентов. Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014. С. 223.

*) Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания, проект №204.

С.Я. Новиков, М.Е. Федина

ПОЛНЫЕ СИСТЕМЫ В ЗАДАЧАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИГНАЛА¹

(Самарский государственный университет)

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания, проект №204.

Дискретизация и квантование аналогового сигнала приводят к рассмотрению сигнала как элемента некоторого конечномерного пространства V . В таком пространстве, вообще говоря, комплексном, вводится комплексное скалярное произведение $(\cdot, \cdot)$ и соответствующая эрмитова норма $\|\cdot\|$. По ортонормированному базису (ОБ) $\{u_i\}_{i=1}^M$ «сигнал» $v \in V$ единственным образом представляется суммой

$$v = \sum_{i=1}^M (v, u_i) u_i.$$



Комплексные коэффициенты описываемого представления (v, u_i) дают возможность полного восстановления сигнала и часто понимаются как «измерения» сигнала. Реальные измерения получаются вещественными, и зазор между (v, u_i) и амплитудами измерений $|v, u_i|$ оказывается непреодолимым при восстановлении сигнала.

Представляя сигнал в различных базисах, можно получить о нем разностороннюю информацию. Так, переход от представления по ортам к представлению в базисе Фурье, позволяет получить частотные характеристики сигнала, дающие широкие возможности для его цифровой обработки.

Последние годы значительное количество работ [3–6] посвящено решению следующей задачи: построить системы $\Phi = \{\varphi_i\}_{i=1}^N$ для которых возможно восстановить v по набору чисел $|v, \varphi_i|$.

В классе ОНБ такая задача не имеет решения.

В англоязычной литературе сформулированная выше задача и связанные с ней вопросы составляют раздел прикладных исследований под названием «PHASE RETRIEVAL» (возвращение, воспроизведение фазы).

Пионерской работой в этом направлении является работа [3], в которой была доказана теоретическая возможность точного восстановления сигнала (с точностью до унимодулярного множителя), если в качестве системы представления используются полные избыточные системы.

Дальнейшее развитие идет по двум направлениям:

- 1) поиск таких систем «измерительных» векторов $\Phi = \{\varphi_i\}_{i=1}^N$, которые позволят восстановить произвольный сигнал $v \in V$ по набору вещественных чисел $|v, \varphi_i|$;
- 2) обоснование возможности восстановления произвольного сигнала с большой вероятностью для относительно небольшого числа «случайно выбранных» измерительных векторов.

Второй подход близок теории сжатого зондирования.

Следующее определение конкретизирует свойство инъективности отображения

$$v \rightarrow \{|v, \varphi_i|\}_{i=1}^N$$

которое является ключевым в описываемом круге вопросов.

Определение. Набор векторов $\Phi = \{\varphi_i\}_{i=1}^N$ в $\mathbb{R}^M$ (или $\mathbb{C}^M$) обеспечивает воспроизведение фазы (ВФ), если для любых $x, y \in \mathbb{R}^M$ (или $\mathbb{C}^M$), таких, что $|x, \varphi_i| = |y, \varphi_i|$ для всех $i = 1, \dots, N$, получается равенство $x = cy$, где $c = \pm 1$ для $\mathbb{R}^M$ (и $c \in T$ для $\mathbb{C}^M$, где T — единичная окружность на комплексной плоскости).

Фреймом конечномерного пространства называется любая полная система векторов, состоящая из, возможно, линейно зависимых элементов. Полнота системы означает, что ее линейная оболочка равна V [1, 2].

Фрейм $\{\varphi_i\}_{i=1}^N$ в $\mathbb{R}^M$ обеспечивает восстановление фазы тогда и только тогда, когда он обладает свойством альтернативной полноты.



Альтернативная полнота системы $\{\varphi_n\}_{n=1}^N$ означает, что при произвольном выборе $S \subset \{1, \dots, N\}$ либо $\{\varphi_n\}_{n \in S}$, либо $\{\varphi_n\}_{n \in S^c}$ полны в V .

В частности, полный спарк, содержащий, по крайней мере, $2M - 1$ векторов, допускает восстановление фазы. Если $\{\varphi_n\}_{n=1}^N$ допускает восстановление фазы в $\mathbb{R}^M$, то $N \geq 2M - 1$, никакое подмножество из $2M - 2$ элементов не может обеспечить восстановление фазы.

Спарком системы называется мощность наименьшего линейно зависимого подмножества этой системы. Если спарк системы больше размерности пространства, то любое подмножество из M элементов линейно независимо, в этом случае систему называют *полным спарком* [7].

В пространстве $\mathbb{C}^M$ свойство альтернативной полноты является лишь необходимым условием инъективности, а известный критерий [5] имеет лишь теоретическое значение.

Как для вещественного, так и для комплексного пространства актуальны поиски алгоритмов восстановления.

Для комплексного пространства до сих пор неизвестно минимально возможное количество векторов системы, обеспечивающей восстановление фазы. Довольно давно высказана гипотеза, что такое число равно .

Однако недавно был построен пример системы в $\mathbb{R}^4$, состоящей из 11 векторов и допускающей восстановление фазы. Что это: особенность 4-мерного пространства или выражение общей закономерности, неизвестно.

Переходим к рассмотрению другого подхода решения задачи восстановления фазы. Он основан на синтезе идей сжатого зондирования и т. н. «подъема фазы» [8]. Подъем фазы поднимает нелинейную задачу в более высокие размерности и превращает ее в линейную.

Пусть $\mathcal{A}(x)(n) = \langle x, \varphi_n \rangle_{\mathbb{R}^2} = b_n, \quad n = 1, \dots, N$.

Вещественные числа b_n предполагаются известными результатами измерения амплитуды.

Определим вещественное M^2 -мерное пространство $\mathbb{H}^{M \times M}$ самосопряженных $M \times M$ матриц.

Для заданного множества «измерительных векторов» $\{\varphi_n\}_{n=1}^N \subseteq \mathbb{C}^M$ определяется оператор матричного анализа $A: \mathbb{H}^{M \times M} \rightarrow \mathbb{R}^N$ соотношением $AN(n) = \langle H, \varphi_n \varphi_n^* \rangle_{HS}$, здесь $\langle \cdot, \cdot \rangle_{HS}$ обозначает скалярное произведение Гильберта-Шмидта, индуцирующее матричную норму Фробениуса $\|\cdot\|_F$ [9].

Подробнее,

$$\langle H, G \rangle_{HS} = \sum_{m,n=1}^M h_{mn} \overline{g_{mn}} = \text{Tr}[G^* H]$$

Заметим, что A - линейный оператор, и $Axx^*(n) = \text{Tr}[\varphi_n^* xx^* \varphi_n] = \mathcal{A}(x)(n)$.

Полученное равенство показывает, что при таком расширении процесс измерения амплитуды становится линейным за счет увеличения размерности пространства. Добавим теперь к проделанному подъему фазы вероятностные



идеи сжатого зондирования. Задача восстановления фазы допускает вероятностную формулировку:

минимизировать $\text{Tr}[\mathbf{X}]$ на множестве неотрицательных матриц $\mathbf{X} \succeq \mathbf{0}$ таких, что $\text{Tr}[\varphi_n \varphi_n^* \mathbf{X}] = b_n$, $n = 1, \dots, N$, здесь $\varphi_n(\omega)$ – независимые одинаково распределенные векторы в V .

В комплексном пространстве в качестве векторов $\varphi_n(\omega)$ рассматривают векторы с равномерным распределением на комплексной сфере радиуса $\sqrt{M}$ или с нормальным распределением $\mathcal{N}(\mathbf{0}, \frac{I_M}{2}) + i \mathcal{N}(\mathbf{0}, \frac{I_M}{2})$.

В вещественном пространстве, соответственно, – равномерное распределение на сфере радиуса $\sqrt{M}$ или нормальное распределение $\mathcal{N}(\mathbf{0}, I_M)$.

Теорема [8]. Для всех $x \in \mathbb{C}^M$ или $x \in \mathbb{R}^M$ точное решение задачи подъема фазы существует с вероятностью $\geq 1 - O(e^{-\gamma N})$, если количество измерений $N \geq c_0 M$, где c_0 и γ – абсолютные константы.

Таким образом, точное восстановление сигнала с большой вероятностью возможно сразу для всех входящих сигналов.

Если измерения искажены шумом w :

$$b_n = \|\mathbf{x}_0, \varphi_n\|^2 + w_n, \quad n = 1, \dots, N,$$

то минимизируется сумма $\sum_{n=1}^N |\text{Tr}[\varphi_n \varphi_n^* \mathbf{X}] - b_n|$ на множестве всех неотрицательных матриц $\mathbf{X} \succeq \mathbf{0}$.

Решение последней задачи (обозначим его $\mathbf{X}_0$) по случайным векторам равномерного и нормального распределения с вероятностями той же асимптотики, что указана в предыдущей теореме, удовлетворяет оценке

$$\|\mathbf{X}_0 - \mathbf{x}_0 \mathbf{x}_0^*\|_F \leq C_0 \cdot \frac{\|w\|_1}{N},$$

с некоторой абсолютной константой C_0 .

Литература

1. Новиков, И. Я. Теория всплесков/И. Я. Новиков, В. Ю. Протасов, М. А. Скопина. М.: Физматлит, 2005. 616 с.
2. Новиков, С.Я. Фреймы конечномерных пространств/С. Я. Новиков, М. А. Лихобабенко. Самара: Самарский университет, 2013. 52 с.
3. Balan, R. On signal reconstruction/R. Balan, P. Casazza, D. Edidin// Appl.Comput. Harmon. Anal. 2006. 20. P. 345-356.
4. Bodmann, B.G. Stable phase retrieval with low-redundancy frames/B.G. Bodmann, N. Hammen//Available online: arXiv:1302.5487.
5. Bandeira, A. S. Saving phase: Injectivity and stability/A.S. Bandeira, J. Cahill, D. G. Mixon, A. A. Nelson//Available online: arXiv:1302.4618v1.
6. Fickus, M. Phase retrieval from very few measurements/M. Fickus, D. G. Mixon, A. A. Nelson, Ya. Wang//Available online: arXiv:1307.7176v1.
7. Cahill, J. Full Spark Frames/J. Cahill, D. G. Mixon//Available online: arXiv:1110.3548.



8. Candes, E. J. PhaseLift: Exact and Stable Signal Recovery from Magnitude Measurements via Convex Programming// E. J. Candes, Th. Strohmer, V. Voroninski// Available online: arXiv: 1109.4499.

9. Хорн, Р. Матричный анализ/Р. Хорн, Ч. Джонсон. М.: Мир, 1989. 655 с.

М.Н. Осипов, Н.А. Шарафутдинов, Ю.Д. Щеглов, И.Н. Фалилеев, М.Е. Федина

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОРМ И ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ

(Самарский государственный университет)

Классическая реализация интерферометрических измерений предполагает обеспечение жестких условий измерения, исключающих различного рода помехи. Как правило, интерферометрические установки стационарны и часто требуют механического контакта с контролируемым объектом. Расшифровка экспериментальных интерферограмм также является чрезвычайно трудоемким процессом, в результате которого могут появляться неоднозначные результаты. Особое внимание в настоящее время уделяется интерферометрическим методам основанных на применении цифровой спекл-интерферометрии. Цифровая спекл-интерферометрия позволяет исследовать реальные объекты в отличие от классической интерферометрии. Однако процесс записи и обработки интерферограмм в полном объеме не автоматизирован. Также не в полном объеме решены задачи определения частотных характеристик элементов механических конструкций при динамических нагрузках [1-5].

В данной работе представлена автоматизированная система определения форм колебаний и частотных характеристик колебательного процесса, состоящая из оптоэлектронного помехоустойчивого спекл-интерферометра с пакетом прикладного программного обеспечения.

Разработанный оптоэлектронный спекл-интерферометр представлен на рисунке 1. Основными элементами спекл-интерферометра являются: лазерный модуль LCM-S-111-50-NP25 (длина волны 532 нм, мощность 50 мВт, длина когерентности более 50 м), цифровая видеокамера ВИДЕОСКАН-285/П-USB с размером ячейки 6.45х6.45 мкм, разрешением 1392х1040 пикселей и скоростью записи информации 7.7 Гц [6].

Одной из особенностей разработанного оптоэлектронного спекл-интерферометра является то, что в качестве опорного сигнала используется диффузно-рассеянное излучение. При такой оптической схеме можно контролировать взаимное распределение в спекл-структурах опорного и предметного пучков и, следовательно, нет жестких требований на гладкость волнового фронта опорной волны. Для получения интерферограммы приемлемого качества опорный сигнал должен быть согласован с предметным сигналом. Теоретически и экспериментально показано, что для этого необходимо хотя бы прибли-



зительное равенства наиболее вероятных яркостей точек предметного и опорного сигналов.



Рис. 1. Внешний вид оптоэлектронного спекл-интерферометра

Для выполнения этих требований в разработанном программном обеспечении предусмотрена специальная функция для определения и отображения соответствующих гистограмм яркости. Для уравнивания яркостей в устройстве предусмотрена регулировка интенсивности опорного сигнала с помощью аттенюатора, а регулировка интенсивности предметного сигнала осуществляется апертурной диафрагмой объектива. Также для повышения четкости изображения применяется подавление вредного влияния внешних случайных (с нулевым средним) колебаний измерительной оптической схемы путем регистрация массива кадров и последующее усреднение изображения интерферограммы по этим кадрам.

Принцип расшифровки интерферограммы, реализованный в разработанной автоматизированной системе, заключается в моделировании такой виртуальной волны с гладким криволинейным волновым фронтом – сплайна, которая, интерферируя с плоской волной, давала бы интерференционную картину по расположению полос совпадающую с экспериментальной полученной интерферограммой. В результате получается псевдоинтерферограмма. На рисунке 2 на фоне экспериментальной интерферограммы представлена наложенная псевдоинтерферограмма.

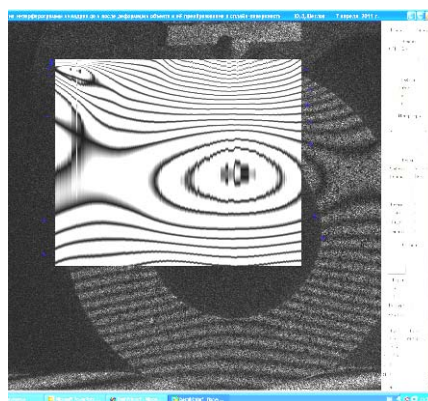


Рис. 2. Экспериментальная спекл-интерферограмма с участком наложенной откорректированной псевдоинтерферограммой



Программное обеспечение, разработанного оптоэлектронного спекл-интерферометра, позволяет «отрихтовать» сплайн так, чтобы срединные линии псевдоинтерферограммы проходили посредине полос исходной интерферограммы, как показано на рисунке. В программном обеспечении предусмотрено по «отрихтованным» интерферограммам построение топограмм смещений - семейство линий равной величины смещений (изотоп), а также по топограммам однозначно определяется величина линейного смещения точек объекта. Такое решение позволяет ускорить процесс обработки спекл-интерферограмм и повысит точность определения полей перемещений.

Разработанный оптоэлектронный помехоустойчивый спекл-интерферометр позволяет производить исследование полей перемещений, как при статических, так и при динамических испытаниях различных элементов конструкций в условиях наличия внешних шумов. Однако наличие собственных шумов – спекл структур, ограничивает диапазон измерения частотных характеристик колебаний исследуемых конструкций, как по амплитуде, так и по частоте. Для решения данной проблемы в конструкцию оптоэлектронного спекл-интерферометра введен дополнительно быстродействующий точечный фотодетектор. Оптическая схема оптоэлектронного спекл-интерферометра представлена на рисунке 3.

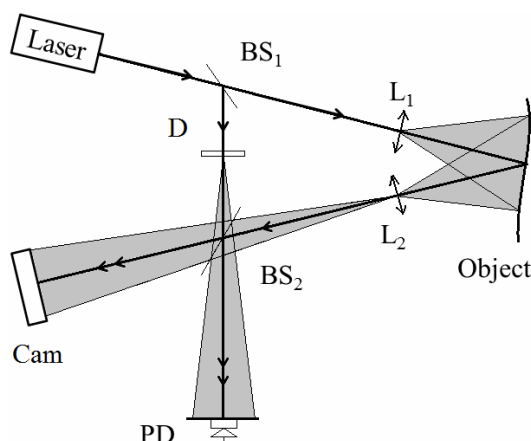


Рис. 3. Оптическая схема оптоэлектронного спекл-интерферометра

В данной схеме лазерное излучение с помощью делителя $BS1$ расщепляется на два луча, один из которых (предметный) с помощью оптической системы $L1$ освещает исследуемый объект. Отраженное излучение от объекта с помощью оптической системы $L2$ (объектив видеокамеры) формирует изображение исследуемой поверхности в плоскости ПЗС-матрицы видеокамеры (Cam) и в плоскости быстродействующего фотодетектора PD . Второй луч (опорный), проходя через диффузор D и делитель $BS2$, накладывается на предметный пучок, образуя вторичную интерференционную картину в плоскости ПЗС-матрицы видеокамеры (Cam) и в плоскости быстродействующего фотодетектора PD . Как результат, в данной оптической схеме одновременно регистрируется – быстродействующим фотодетектором PD изменение интенсивности одиноч-



ного спекла, а видеокамерой регистрируется спекл интерферограммы, определяющие формы колебаний. Размеры рабочей поверхности быстродействующего точечного фотодетектора PD должны быть согласованы с размерами объективной спекл структуры и периодом вторичных интерференционных полос образованных в плоскости фотодетектора. Данные условия выполняются подбором параметров оптической схемы – диафрагма, фокусное расстояние, наклон опорного пучка относительно предметного пучка [7].

На рисунке 4 представлены спекл-интерферограммы колебаний тонкой металлической мембраны с жёсткой обечайкой, возбужденных на собственных частотах, которые зарегистрированы разработанным спекл-интерферометром.

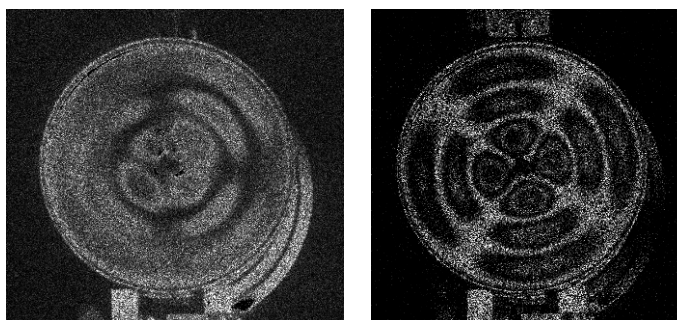


Рис. 4. Спекл-интерферограммы собственных частот колебаний металлической мембраны

Поведение выходного напряжения с фотодетектора имеет сложный характер. Как показано в работах [7-10], при перемещениях исследуемой поверхности на величину меньше $\lambda/8$ выходное напряжение фотодетектора полностью соответствует данному перемещению. При перемещениях больше $\lambda/8$, вид выходного напряжения фотодетектора имеет сложный характер и представляет набор осциллирующих пакетов. При исследовании собственных колебаний, вид осциллирующих пакетов выходного напряжения фотодетектора имеет периодический характер. Характерный вид осциллограммы выходного напряжения фотодетектора для резонансных колебаний исследуемой поверхности с амплитудой больше $\lambda/8$, на представлен на рисунке 5.

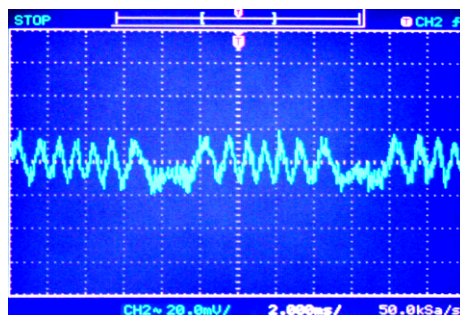


Рис. 5. Осциллограмма выходного напряжения быстродействующего фотодиода при колебании исследуемой поверхности с амплитудой больше $\lambda/8$.



Количество осцилляций внутри пакета пропорционально удвоенной амплитуде собственных колебаний. Для данной оптической схемы одно полное колебание внутри пакета соответствует перемещению исследуемой точки поверхности на величину равную $\lambda/2$. Таким образом, амплитуда колебаний поверхности составляет порядка $7\lambda/4$. Верхняя граница измерения амплитуды колебаний определяется быстродействием фотодетектора и разрядностью регистрирующего модуля и может составлять нескольких миллиметров, что существенным образом расширяет диапазон измеряемых перемещений.

Период следования осциллирующих пакетов соответствует удвоенной частоте собственных колебаний исследуемой точки поверхности.

Таким образом, представленный автоматизированный оптоэлектронный спекл-интерферометр позволяет регистрировать бесконтактным способом основные частотные характеристики собственных колебаний в широком диапазоне с использованием предлагаемого метода цифровой спекл-интерферометрии.

Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 15-08-06330-а и № 13-01-97009-а.

Литература

1. Wang Wei-Chung, Jiong-Shiun Hsu. Investigation of vibration characteristics of bonded structures by time-averaged electronic speckle pattern interferometry. // Optics and Lasers in Engineering. 2010. 48, P. 958–965.
2. Yang L.X., Schuth M., Thomas D., Wang Y.H. Stroboscopic digital speckle pattern interferometry for vibration analysis of microsystem. // Optics and Lasers in Engineering. 2009. 47, P. 252–258.
3. Santoyo F.M., Pedrini G., Schedin S., Tiziani H.J. 3D displacement measurements of vibrating objects with multi-pulse digital holography. // J. Meas. Sci. Technol. 1999. №10, December, P. 1305-1308.
4. Peter Martin, Steve Rothberg Introducing speckle noise maps for Laser Vibrometry. // Optics and Lasers in Engineering. 2009. 47, P. 431–442.
5. Arai Y., Hirai H., Yokozeki S. High-resolution dynamic measurement using electronic speckle pattern interferometry based on multi-camera technology. // Optics and Lasers in Engineering. 2008. 46, P. 733–738.
6. Осипов М.Н., Щеглов Ю.Д. Оптоэлектронный спекл-интерферометр для определения полей перемещений // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. № 4. Ч. 4. Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, С. 1672–1675.
7. Осипов М.Н., Фалилеев И.Н., Чекменев А.Н., Щеглов Ю.Д. Применение спекл-интерферометрии для регистрации акустического сигнала // Ползуновский вестник. 2012. № 3/2. С. 87–92.
8. Осипов М.Н., Попов М.А. Измерения малых динамических смещений интерферометром Майкельсона со сферическими волновыми фронтами // Компьютерная оптика, Самара–Москва, ИСОИ РАН. 2007. Т. 31. № 4. С. 55–57.
9. Осипов М.Н., Попов М.А., Попова Т.А. Поведение выходного сигнала



в системе измерения на основе оптоэлектронного интерферометра Майкельсона // Ползуновский вестник. 2011. № 3/1. С. 38–41

10. Осипов М.Н., Хохлов В.А., Чекменев А.Н. Развитие цифровой спекл интерферометрии для исследования динамических процессов в реальном времени // Вестник СамГУ. 2013. № 9/2 (110). С. 109-117.

П.Н. Полежаев, Л.С. Адлова

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В КОРПОРАТИВНЫХ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЯХ

(Оренбургский государственный университет)

В настоящее время существующие технологии управления корпоративными сетями обладают целым рядом недостатков, включая:

а) ограниченные возможности по управлению трафиком в существующих сетевых протоколах (приоритизация, QoS, управление перегрузками, состоянием полос);

б) проблему выбора мест установки для программно-аппаратных инструментов защиты (IDS, DLP-сенсоров, межсетевых экранов и т.п.);

в) индивидуальное задание правил функционирования для каждого инструмента (ошибки конфигурирования);

г) огромное количество активных протоколов (более 600);

д) необходимость наличия высококвалифицированных специалистов для настройки оборудования и/или разработки собственных сетевых решений;

е) большая стоимость и закрытость сетевого оборудования и инструментов защиты.

Для решения обозначенных проблем может быть использована технология программно-конфигурируемых сетей (ПКС) [1]. Принципы работы ПКС детально описаны в [2], в рамках данной публикации сосредоточимся на описании архитектуры системы защиты информации в ПКС, разрабатываемой в качестве компонента системы управления корпоративными ПКС [3].

В рамках данного исследования была предложена архитектура системы защиты информации в корпоративной программно-конфигурируемой сети, изображенная на рисунке 1. Данная архитектура включает в себя ряд модулей, которые должны быть разработаны для системы защиты информации:

а) Модуль аутентификации – поддерживает аутентификацию узлов/пользователей средствами ОС и/или с использованием RADIUS-сервера.

б) Модуль топологии и состояния сети – собирает информацию о топологии сети и состоянии сети с помощью протоколов ARP, LLDP и SNMP. С помощью SNMP-агентов возможен детальный сбор сведений со всех сетевых устройств, включая загруженность вычислительных ресурсов серверов, состояние очередей на портах коммутаторов.



в) Модуль межсетевого экрана – реализует межсетевой экран (пакетный фильтр), распределенный по всем коммутаторам OpenFlow, что обеспечивает блокировку нелегитимных пакетов на первом коммутаторе сразу после их попадания в сеть. В отличие от решений, ориентированных на размещение экрана на границе сетей, здесь фильтрацию осуществляет каждый коммутатор OpenFlow, что обеспечивает дополнительную защиту от инсайдеров и вирусов, попадающих на компьютеры обычных пользователей.

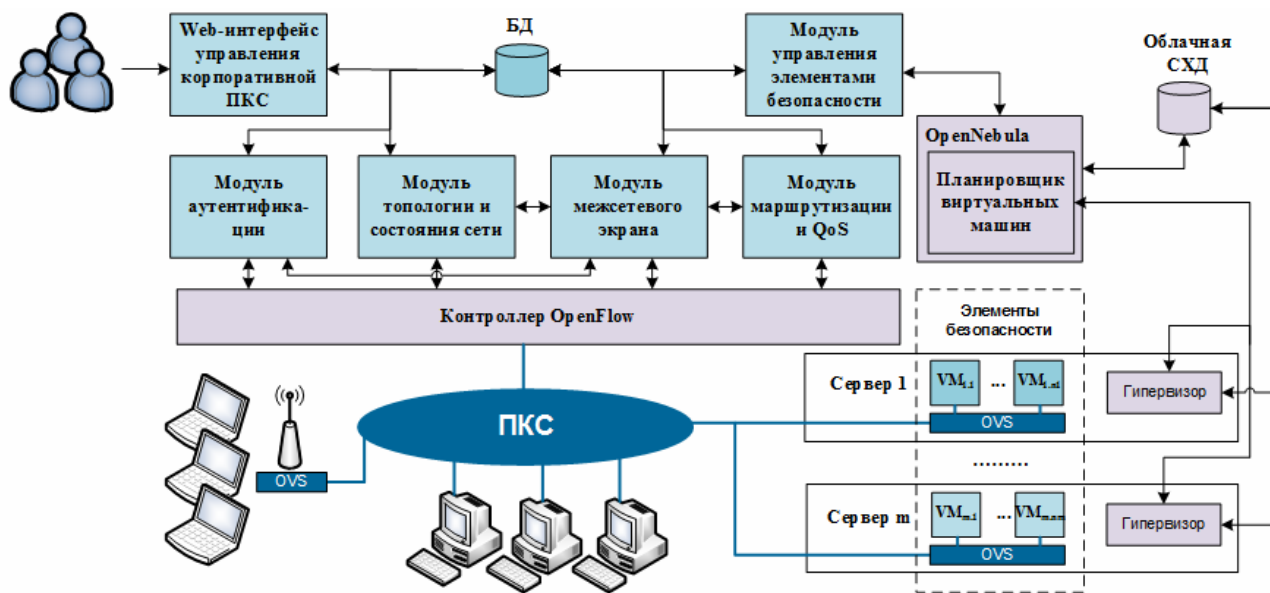


Рис. 1. Архитектура системы защиты информации в корпоративной программно-конфигурируемой сети

г) Модуль маршрутизации и обеспечения QoS – реализует алгоритм вычисления для потока оптимального маршрута передачи данных с учетом текущего состояния сети и требований к его качеству, например, минимальной гарантированной пропускной способности, максимальной гарантированной задержки, джиттера и т.п. Данный модуль прокладывает вычисленный маршрут путем установки в таблицы потоков коммутаторов OpenFlow правил передачи пакетов. Возможны два режима работы данного модуля: проактивный и реактивный. Проактивный позволяет прокладывать маршруты передачи данных вычислительных распределенных задач до их запуска, при условии, если известен их коммуникационный шаблон. Реактивный – прокладывает маршрут в момент обнаружения одним из коммутаторов OpenFlow первого пакета нового потока данных, что приводит к дополнительным задержкам в его обработке.

д) Web-интерфейс управления корпоративной ПКС – должен быть основан на одной из существующих систем мониторинга корпоративными сетями, например, Zabbix или Nagios. Он будет предоставлять широкий функционал для различных типов пользователей: аутентификацию и управление задачами – для обычных пользователей; мониторинг безопасности сети, средства для настройки межсетевого экрана, создания, настройки и обновления элементов безопасности, задания настроек аутентификации – для специалистов по инфор-



мационной безопасности; настройки параметров маршрутизации и QoS, сбора информации по сетевой статистике, мониторинга сети и т.п. – для системного администратора. По сути Web-интерфейс выступает единой точкой управления программно-конфигурируемой сетью, в том числе для задания в централизованном месте (а не на множестве отдельных сетевых устройств) правил межсетевого экрана, сигнатур системы обнаружения вторжений и т.п.

е) Модуль управления элементами безопасности – решает задачи по запуску/остановке, установке, настройке и обновлению элементов безопасности. Также реализует балансировку нагрузки на однотипные элементы безопасности с учетом статистики SNMP, собираемой с них с помощью модуля топологии и состояния сети. В своей работе модуль взаимодействует с системой управления облачными ресурсами OpenNebula.

ж) Элементы безопасности – виртуальные машины, содержащие установленные сканеры безопасности потоков данных. Они включают систему обнаружения вторжений Snort, прокси-серверы, антивирусы, DLP-анализаторы и т.п. Может быть создано множество экземпляров виртуальной машины каждого типа с целью обработки больших объемов сетевого трафика корпоративной сети. Масштабирование количества экземпляров осуществляется модулем управления элементами безопасности.

и) БД – база данных, содержащая: сведения для идентификации и аутентификации пользователей (могут быть выделены в отдельную БД с точки зрения безопасности); топологию и состояние сети; правила межсетевого экрана; сведения о проложенных маршрутах и выполняющихся вычислительных задачах; информацию, необходимую для Web-интерфейса; сведения о текущем состоянии, типе и размещении элементов безопасности; информацию о политиках безопасности.

Модули а)-г) должны быть разработаны в виде приложений для контроллера OpenFlow.

Заимствованные модули:

а) Контроллер OpenFlow;

б) система управления облачными ресурсами OpenNebula;

в) облачная система хранения данных (СХД);

г) гипервизоры (KVM и Xen);

д) программный коммутатор OpenFlow OVS (OpenVSwitch).

Основная идея предлагаемой архитектуры заключается в том, что для каждого потока данных в разрешающих правилах межсетевого экрана дополнительно могут быть указаны типы элементов безопасности, через которые он должен пройти или на которые он должен быть дублирован (см. рисунок 2). Как правило, модули, на которые трафик дублируется, например, система обнаружения вторжений или DLP-сенсор, вкладывали бы значительную задержку в передачу пакетов потоков данных, если бы трафик проходил через них. В случае же дублированного трафика, они могут его буферизировать и сканировать целиком или делать выборочный анализ. В случае обнаружения угрозы, они должны оповещать о ней модуль управления элементами безопасности.



Заметим, что при этом модуль управления элементами безопасности должен обеспечить нужное количество экземпляров необходимых виртуальных машин. А модуль маршрутизации и обеспечения QoS должен правильно проложить маршруты и реализовать дублирования на определенных коммутаторах OpenFlow.

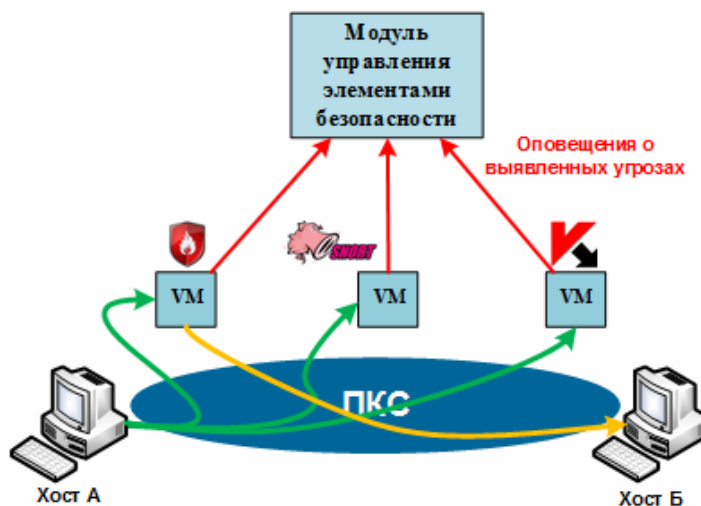


Рис. 2. Прохождение разрешенного потока данных через требуемые элементы безопасности

Основные достоинства предложенной архитектуры системы защиты информации в корпоративной сети:

- а) поддержка аутентификации узлов/пользователей;
- б) модульность и расширяемость
- в) поддержка конфигурирования и мониторинга сети в одном месте;
- г) эластичность и масштабируемость – возможность подстраиваться под текущую загруженность сети организации, что приводит к более эффективному использованию вычислительных мощностей;
- д) перехват и проверка всех потоков данных между любой парой узлов, а не только на границе – приводит к значительному повышению уровня безопасности корпоративной программно-конфигурируемой сети.

Работа выполнена при поддержке Президента Российской Федерации, стипендия для молодых ученых и аспирантов (СП-2179.2015.5).

Литература

1. Адлова Л.С., Полежаев П.Н. Разработка системы управления корпоративными сетями на основе технологии программно-конфигурируемых сетей // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. - Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014С. 301-305.
2. McKeown N., Anderson T., Balakrishnan H., Parulkar G., Peterson L., Rexford J., Shenker S., Turner J.; Openflow: enabling innovation in campus networks // ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2008, vol. 38, p. 69-74.



3. Полежаев П.Н., Ушаков Ю.А., Шухман А.Е. Система управления ресурсами для высокопроизводительных вычислений, основанная на использовании программно-конфигурируемой сети // "Системы управления и информационные технологии: научно-технический журнал", 2013. - №4(54). - С. 65-69.

Д.А. Рыбаков

ЗАЩИТА ДОКУМЕНТОВ ПО ПРИНЦИПУ “ЗАПРЕЩЕНО ВСЁ, ЧТО НЕ РАЗРЕШЕНО”

(EPAM Systems)

В 1990х годах сложность систем таких как MS-DOS или Linux была высокой, и поэтому было под силу разобраться одному специалисту и полностью взять её под контроль. Пара сотен системных функций, небольшие объёмы данных, несколько программ вполне укладывались в голове одного человека и было совершенно понятно, что делает система и с чем взаимодействует. На данный момент сложность информационных систем возросла до такого уровня, что трудно достоверно сказать, чем занимается операционная система помимо основных своих обязанностей. Плюс большое количество программ, которые так и лезут в компьютер со всех уголков интернета. Эти тенденции делают жизнь простого пользователя совершенно непредсказуемой, когда дело касается сохранения конфиденциальной информации.

Несмотря на такое возрастающее разнообразие, фирма Microsoft неуклонно реализует принцип защиты “разрешено всё, что не запрещается”, а запрещается не так уж и много, то есть по большому счету информация остается слабозащищённой. Такой подход имеет свои положительные стороны, так как система всегда выполняет множество своих функций, что сильно уменьшает время настройки и развертывания, что выгодно с коммерческой точки зрения и не требует специальных навыков от пользователя. Но за это приходится платить повышенными рисками и необходимостью иметь антивирусы, которые потребляют ощутимую часть ресурсов. Задача администратора системы при таком подходе – затыкать бреши в защите по мере их обнаружения.

Другое отношение к защите имеет операционная система Unix. В ней реализуется принцип “запрещено всё, что не разрешено”. То есть по умолчанию большинство возможностей закрыты, и администратор дает разрешения и открывает доступы к различным службам, файлам, устройствам по мере необходимости. Такой подход увеличивает время развертывания и настройки, зато сокращает последующие расходы на сопровождение и делает систему более предсказуемой.

Не отрицая ни первого, ни второго подхода автор предлагает гибридный подход к защите файлов. Для значимой информации предлагается реализовать жесткий принцип “запрещено всё, что не разрешено”. А для остального боль-



шого количества файлов остается свободный подход “разрешено всё, что не запрещается”. Таким образом можно совместить достоинства обоих путей.

Еще более жесткий контроль заключается в том, чтобы регулировать, какие программы могут читать какие виды файлов. Например, файлы с расширением .doc могут читаться и записываться только приложениями MicrosoftOffice. Нет необходимости давать всем программам полный доступ к этому виду файлов. Так же нет необходимости давать офисным приложениям какой-либо доступ к файлам, например, с расширением .sys, которые содержат коды драйверов системы. Также программы MicrosoftOffice вполне могут читать .dll файлы, но не модифицировать их. То есть предлагается реализовать привязку типов файлов и видов операций к приложениям, которые их обслуживают.

У критически настроенного читателя могут найтись много возражений против такого подхода и это естественно. Конечно, полная абсолютная защита невозможна, тем не менее считаю, что дополнительные препятствия вполне могут остановить большое количество автоматических шпионских программ и сделать взлом более дорогостоящим, чем стоимость самой информации. Естественно, что предполагается контролируемое расширение возможностей при необходимости. Например, если будет установлен другой офисный пакет, то он тоже потребует разрешения на чтение .doc файлов.

Близкими конкурентами данного подхода являются системы EncFs [1], AppArmor [2], InfoWatch [3], но они во многом отличаются от задуманной архитектуры и не выполняют всех задуманных функций. Близкой также является находящаяся в процессе разработки система Monadnock, основанная на Data modification kit от компании OSR [4]. Познакомится с продуктами можно по приведенным ссылкам. По сути предложенный вид защиты является новым.

Рассмотрим подробнее доступ к .doc файлам. Приложения можно условно разделить на три класса. Первый класс – родные доверенные приложения, которые непосредственно создают и читают эти файлы. Второй класс – вспомогательные, например, почтовые клиенты, файловые менеджеры, которые могут копировать, пересылать файлы не интересуясь содержимым. Третий класс – остальные неизвестные программы, которым запрещено что-либо делать.

Теперь предположим, что наша система следующим образом обрабатывает запросы. Для доверенных программ разрешается полный набор операций, как это происходит в нормальной привычной системе. Тут ничего нового нет. А для вспомогательных программ система дает читать .doc файл, но при этом она сначала зашифровывает данные. Таким образом вспомогательная программа пересылает зашифрованные данные, и по дороге они не будут раскрыты третьим лицам. Что в общем достаточно для таких программ, так как они не занимаются модификацией данных, да и сами данные для них не интересны. Остается только расшифровывать данные при получении от такой программы, чтобы можно было передать доверенным приложениям. Теперь допустим, что в организации на все компьютеры установлена данная система, тогда она будет автоматически производить шифрование и расшифровку, и поэтому простые пользователи ничего не заметят. А если файл уйдет за пределы организации, то он останется за-



шифрован и бесполезен для третьих лиц, так как у них нет ни ключей, ни алгоритмов расшифровки. Таким образом, реализуя несложную схему, мы получаем замкнутую систему внутри организации, из которой не утекает информация в виде файлов. Это подобно введению своего крипто-языка в компании друзей, когда только друзья понимают, о чем они говорят. Таким образом можно беспрепятственно пользоваться сетевыми службами типа Dropbox, YandexDisk и подобными и быть уверенным, что файлы при выходе за пределы организации будут шифроваться и при поступлении обратно расшифровываться.

Что же получают неизвестные программы? В зависимости от конфигурации они могут либо вообще ничего не получать, либо получать какие-то случайные данные, чтобы запутать злоумышленников.

Возникает резонный вопрос, каким образом можно реализовать необходимый функционал? Так как все запросы к файлам проходят через систему драйверов, то имеет смысл внедряться на этот уровень программного обеспечения и контролировать все операции с этого уровня [5]. В OCMicrosoftWindows, существует уровень FileSystemFilterDrivers [6], который служит для перехвата обращений к файлам. В момент обработки запросов на открытие файлов IRP_MJ_CREATE можно получить с помощью процедуры ZwQueryInformationProcess информация процесса, который осуществляет запрос на открытие файла. Далее в этом же обработчике с помощью процедуры IoCancelFileOpen можно отменить открытие файла и передать статус STATUS_ACCESS_DENIED в уровень приложения, блокируя открытие.

Намного более сложной является операция шифрования файлов. Это связано с тем, что в драйвер поступают множество запросов для получения длины файла и чтения, записи, блокировки произвольных фрагментов. Поэтому, если использовать алгоритмы шифрования, которые изменяют размер файла и меняют байты и биты местами, то возникают множество трудностей, особенно с большими файлами, которые не помещаются в оперативную память и stem-mappedfiles, с которыми алгоритм работы отличается от стандартного.

Для демонстрации автором бы создан простейший FileSystemFilter драйвер, который анализирует имя файла и имя приложения, выполняющего открытие файла и принимает решение давать ли право на открытие или нет. Это подтверждает реализуемость данного подхода. Более сложные манипуляции можно сделать, если модифицировать исходные коды TrueCrypt или EncFS.

Автор выражает благодарность А.Мидрину, Е.Яфаркину за поддержку данного проекта.

Литература

1. EncFS cryptographic filesystem [Электронный ресурс] / Сайт Wikipedia. Режим доступа: <http://en.wikipedia.org/wiki/EncFS>
2. Application Armor Linux kernel security module [Электронный ресурс] / Сайт Wikipedia. Режим доступа: <http://en.wikipedia.org/wiki/AppArmor>
3. Сайт компании InfoWatch [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.infowatch.ru>



4. The Next Generation Encryption Solution Kit[Электронный ресурс]/ Сайт-компании OSR. Режим доступа: <http://www.osr.com/monadnock/>
5. WindowsDriverKit [Электронный ресурс]/ Сайт Wikipedia. Режим доступа: http://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Driver_Kit
6. File System Filter Drivers[Электронный ресурс]/ Сайт компании Microsoft. Режим доступа: [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/hardware/ff540382\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/hardware/ff540382(v=vs.85).aspx)

В.П. Цветов

ОБ ОДНОМ СИНТАКСИЧЕСКОМ АЛГОРИТМЕ НА ГРАФАХ

(Самарский государственный университет)

Алгоритмы на графах представляют интерес для различных прикладных направлений, в частности, они могут быть полезны при проектировании информационных систем или построении систем безопасности. Существующие алгоритмы используют различные подходы, опирающиеся на специальные представления и структуры данных, обширная библиография по которым представлена, например в [1].

В статье рассматривается алгоритм нахождения оптимальных маршрутов на реберно-размеченных графах. Результат не претендует на практическую новизну, но демонстрирует возможный абстрактно алгебраический метод решения задач, связанных с построением степеней элементов ограниченной сверху структурно упорядоченной полугруппы [2] в матричном представлении.

Введем следующие обозначения.

$\mathbb{N}$ -множество натуральных чисел;

$1..n := \{1, 2, \dots, n\} \subset \mathbb{N}$;

$\mathcal{A} := \{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n\}$ - алфавит мощности n ;

$W_{\mathcal{A}}^k$ - множество слов длины k над алфавитом $\mathcal{A}$;

$W_{\mathcal{A}} := \bigcup_{k=0}^{\infty} W_{\mathcal{A}}^k$ - множество слов над алфавитом $\mathcal{A}$;

$\langle W_{\mathcal{A}}, (\cdot) \rangle$ - моноид слов над алфавитом $\mathcal{A}$ с операцией сцепления;



$\mathbb{R}$ - множество вещественных чисел;

$\mathbb{R}_+$ - множество неотрицательных вещественных чисел;

$[0,1] \subset \mathbb{R}$ - замкнутый интервал вещественных чисел от 0 до 1;

$\langle \mathbb{R}, (\cdot, +) \rangle$ - поле вещественных чисел;

$\langle \mathbb{R}, (\wedge, \vee, \cdot) \rangle$ - решетка вещественных чисел, где $\xi_1 \wedge \xi_2 := \min(\xi_1, \xi_2)$,

$\xi_1 \vee \xi_2 := \max(\xi_1, \xi_2)$;

$\mathbb{R}^\infty := \mathbb{R} \cup \{l\}$ - расширенное множество вещественных чисел;

$\langle \mathbb{R}^\infty, (\wedge, \vee, \cdot, +) \rangle$ - расширенная алгебра вещественных чисел, где $\xi \in \mathbb{R}$ и $\xi \wedge l = l \wedge \xi := \xi$, $\xi \vee l = l \vee \xi = \xi \cdot l = l \cdot \xi = \xi + l = l + \xi = l \cdot l = l + l := l$;

$\langle \mathbb{R}_+^\infty, (\wedge, \vee, \cdot, +) \rangle$ - подалгебра $\langle \mathbb{R}^\infty, (\wedge, \vee, \cdot, +) \rangle$ с носителем $\mathbb{R}_+^\infty$;

2^V - булеан над множеством V ;

$|V|$ - мощность множества V ;

$U \times V$ - декартово произведение множеств U и V ;

$2^{V \times V}$ - множество бинарных отношений на V ;

$\langle 2^{V \times V}, (\circ) \rangle$ - моноид бинарных отношений на V с операцией произведения;

R^k - k -ая степень бинарного отношения $R \in 2^{V \times V}$, где $R^k := R^{k-1} \circ R$, $R^1 := R$, $k > 1$.

Определим множества термов $T(\mathbb{R}, W_{\mathcal{A}}) := \{\xi \star w \mid \xi \in \mathbb{R}, w \in W_{\mathcal{A}}\}$, $T(\mathbb{R}^\infty, W_{\mathcal{A}}) := \mathbb{R} \cup W_{\mathcal{A}} \cup T(\mathbb{R}, W_{\mathcal{A}}) \cup \{l\}$ и расширенную алгебру термов $\langle T(\mathbb{R}^\infty, W_{\mathcal{A}}), (\odot, \oplus) \rangle$, полагая для произвольных $\xi, \xi_1, \xi_2 \in \mathbb{R}$; $w, w_1, w_2 \in W_{\mathcal{A}}$; $t = \xi \star w, t_1 = \xi_1 \star w_1, t_2 = \xi_2 \star w_2 \in T(\mathbb{R}, W_{\mathcal{A}})$; l :

$$\xi_1 \odot \xi_2 := \xi_1 + \xi_2;$$

$$\xi_1 \oplus \xi_2 := \xi_1 \wedge \xi_2;$$

$$\xi \odot w = w \odot \xi = \xi \oplus w = w \oplus \xi := \xi \star w;$$

$$\xi \odot l_1 = l_1 \odot \xi := (\xi + \xi_1) \star w_1;$$

$$\xi \oplus t_1 = t_1 \oplus \xi := \begin{cases} \xi \star w_1, & \xi \wedge \xi_1 = \xi \\ t_1, & \xi \wedge \xi_1 = \xi_1 \end{cases};$$

$$\xi \odot l = l \odot \xi := l;$$

$$\xi \oplus l = l \oplus \xi := \xi;$$

$$w_1 \odot w_2 = w_1 \oplus w_2 := w_1 \star w_2;$$

$$w_2 \odot w_1 = w_2 \oplus w_1 := w_2 \star w_1;$$

$$w \odot t_1 := \xi_1 \star (w \star w_1);$$

$$t_1 \odot w := \xi_1 \star (w_1 \star w);$$

$$w \oplus t_1 = t_1 \oplus w := t_1;$$

$$w \odot l = l \odot w := l;$$

$$w \oplus l = l \oplus w := w;$$

$$t_1 \odot t_2 := (\xi_1 + \xi_2) \star (w_1 \star w_2);$$

$$t_1 \oplus t_2 := \begin{cases} t_1, & \xi_1 = \xi_2 \text{ или } \xi_1 \wedge \xi_2 = \xi_1 \\ t_2, & \xi_1 \neq \xi_2 \text{ и } \xi_1 \wedge \xi_2 = \xi_2 \end{cases};$$

$$t_1 \odot l = l \odot t_1 = l \odot l = l \oplus l := l;$$

$$t_1 \oplus l = l \oplus t_1 := t_1.$$



Введем обозначение $\sum_{k=1}^n \tau_k := \tau_1 \oplus \tau_2 \oplus \dots \oplus \tau_n$, где $\tau_k \in T(\mathbb{R}^\infty, W_{\mathcal{A}})$, $k \in 1..n$.

Рассмотрим множество квадратных матриц порядка n над множеством термов $M(T(\mathbb{R}^\infty, W_{\mathcal{A}}), n) := \{(\tau_{ij}) | \tau_{ij} \in T(\mathbb{R}^\infty, W_{\mathcal{A}})\}$. Определим матричные операции полагая для произвольных $M_1 = (\tau_{ij}^1)$, $M_2 = (\tau_{ij}^2) \in M(T(\mathbb{R}^\infty, W_{\mathcal{A}}), n)$:

$$M_1 \boxdot M_2 := (\sum_{k=1}^n \tau_{ik}^1 \odot \tau_{kj}^2);$$

$$M_1 \boxplus M_2 := (\tau_{ij}^1 \oplus \tau_{ij}^2);$$

$$M_1 \boxtimes M_2 := (\tau_{ij}^1 \odot \tau_{ij}^2).$$

Введем обозначение $\sum_{k=1}^n M_k := M_1 \boxdot M_2 \boxdot \dots \boxdot M_n$, где $M_k \in M(T(\mathbb{R}^\infty, W_{\mathcal{A}}), n)$, $k \in 1..n$.

Рассмотрим матричную алгебру $\langle M(T(\mathbb{R}^\infty, W_{\mathcal{A}}), n), (\boxdot, \boxplus, \boxtimes) \rangle$.

Естественным образом определяются подалгебры $\langle T(\mathbb{R}_+^\infty, W_{\mathcal{A}}), (\odot, \oplus) \rangle$, $\langle M(T(\mathbb{R}_+^\infty, W_{\mathcal{A}}), n), (\boxdot, \boxplus, \boxtimes) \rangle$.

Рассмотрим тотальную функцию $\rho: 1..n \times 1..n \rightarrow \mathbb{R}_+^\infty$. Значения функции ρ будем интерпретировать как длину ребра размеченного графа G , соединяющего вершины с номерами i и j , если $\rho(i, j) \in \mathbb{R}_+$, и как отсутствие ребра в случае, если $\rho(i, j) = \iota$. Воспользуемся матричным представлением функции ρ , полагая $P := (\rho_{ij}) := (\rho(i, j))$.

Определим матрицы $M_1 = (\tau_{ij}^1)$, $M_2 = (\tau_{ij}^2) := (\tau_{ji}^1) = M_1^T$, полагая $\tau_{ij}^1 := \alpha_i$.

Хорошо известно [3] следующее свойство транзитивного замыкания бинарного отношения $R \in 2^{V \times V}$ на конечном множестве V :

$$\bigcup_{k=1}^{\infty} R^k = \bigcup_{k=1}^{|V|} R^k,$$

из которого, в силу определения алгебры $\langle M(T(\mathbb{R}^\infty, W_{\mathcal{A}}), n), (\boxdot, \boxplus, \boxtimes) \rangle$, следует, что элементы матрицы

$$M = (\tau_{ij}) := \left(\sum_{k=1}^n (P \boxtimes M_1)^k \right) \boxtimes M_2$$

будут иметь вид $\tau_{ij} = \xi_{ij} * w_{ij} \in T(\mathbb{R}, W_{\mathcal{A}})$, если на графе G существует маршрут из вершины с номером i в вершину с номером j , и $\tau_{ij} = \iota$ в случае, если такого маршрута не существует. При этом $w_{ij} = \alpha_i \alpha_{i_1} \alpha_{i_2} \dots \alpha_{i_s} \alpha_j$ будет определять маршрут наименьшей длины из вершины с номером i в вершину с номером j в вершинной форме, а ξ_{ij} будет равно длине этого маршрута.



Предложенный метод допускает очевидную модификацию посредством переопределением операций

$$\xi_1 \odot \xi_2 := \xi_1 \cdot \xi_2,$$

$$\xi_1 \oplus \xi_2 := \xi_1 \vee \xi_2;$$

$$w \odot 0 = 0 \odot w := 0,$$

$$t \odot 0 = 0 \odot t := 0,$$

а также функции $\rho: 1..n \times 1..n \rightarrow [0,1]$, $\sum_{j=1}^n \rho(i,j) = 1$, и использования алгебр $(T([0,1], W_A), (\odot, \oplus))$, $(M(T([0,1], W_A), n), (\boxdot, \boxplus, \boxtimes))$ для решения задач о блужданиях, порожденных стохастическими матрицами.

Алгоритм реализации вычисления всех элементов матрицы M имеет верхние оценки временной и емкостной сложности порядка $O(n^4)$ и $O(n^2)$, соответственно.

Литература

1. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ [Текст] / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн. 2-е изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. 1296 с.
2. Биркгоф, Г. Теория структур [Текст] / Г. Биркгоф. М.: Издательство иностранной литературы, 1952. 407 с.
3. Свами, М. Графы, сети и алгоритмы [Текст] / М. Свами, М., К Тхуласираман. М.: Мир, 1984. 455 с.

В.П. Цветов, Г.И. Леонович, С.Я. Новиков,
М.Н. Осипов, Д.Э. Клепнев, Е.А. Савинов

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ДИНАМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКОМ ДАННЫХ В РАДИОКАНАЛЕ

(Самарский государственный университет)

В последнее время широкое распространение получила схема цифровой квадратурной амплитудной модуляции, использующая мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов - QAM-OFDM-модуляция - [1]. В практических реализациях QAM-OFDM-сигналы получаются путем использования быстрого преобразования Фурье.

Математическая модель QAM-OFDM-модуляции состоит в следующем. Передаваемый символ кодируется кортежем комплексных значений $Z = \langle Z(0), Z(1), \dots, Z(N-1) \rangle$, где $Z(k) = I(k) + iQ(k)$; и в случае QAM-16 $I(k), Q(k) \in \{1, 2, 3, 4\}$ – квадратурная и синфазная составляющие символа. Кодировка QAM-символа преобразуется в непрерывную функцию времени $s(t)$ на интервале $t \in [0, T]$, где T характеризует длительность передачи символа.



$$s(t) = \sum_{k=0}^{N-1} Z(k) \cdot e^{\frac{i2\pi kt}{T}}, \quad (1)$$

На передающей стороне вещественная и мнимая части $s(t)$ поступают на вход квадратурного модулятора, а затем через антенну - в радиоканал. На принимающей стороне происходит демодуляция сигнала, который с учетом искажений может быть представлен в виде (2)

$$\tilde{s}(t) = \sum_{k=0}^{N-1} \tilde{Z}(k) \cdot e^{\frac{i2\pi kt}{T}}, \quad (2)$$

Для восстановления $Z = \langle Z(0), Z(1), \dots, Z(N-1) \rangle$ на принимающей стороне применяется дискретизация сигнала по временным отсчетам $t(n) = \frac{T}{N} \cdot n$, после чего кортеж значений $S = \langle S(0), S(1), \dots, S(N-1) \rangle$, где $S(n) = s(t(n)) = \sum_{k=0}^{N-1} Z(k) \cdot e^{\frac{i2\pi kn}{N}}$, может трактоваться как обратное дискретное преобразование Фурье кортежа $Z = \langle Z(0), Z(1), \dots, Z(N-1) \rangle$.

Таким образом, для нахождения $Z = \langle Z(0), Z(1), \dots, Z(N-1) \rangle$ остается применить масштабированное прямое преобразование Фурье к кортежу $S = \langle S(0), S(1), \dots, S(N-1) \rangle$, воспользовавшись равенством $Z(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} S(n) \cdot e^{\frac{-i2\pi kn}{N}}$, при $n \in \{0, 1, \dots, N-1\}$.

Тем самым, задача о восстановлении переданного QAM-символа на принимающей стороне сводится к измерению принятого сигнала на конечном числе временных отсчетов $t(n) = \frac{T}{N} \cdot n$, при $n \in \{0, 1, \dots, N-1\}$, и решению системы линейных уравнений

$$S(n) = \sum_{k=0}^{N-1} Z(k) \cdot e^{\frac{i2\pi kn}{N}}, \quad n \in \{0, 1, \dots, N-1\}, \quad (3)$$

относительно переменных $Z(k)$, исходя из равенства

$$Z(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} S(n) \cdot e^{\frac{-i2\pi kn}{N}}, \quad k \in \{0, 1, \dots, N-1\}. \quad (4)$$

В матричной форме (3) и (4) могут быть записаны в виде

$$\hat{F}_{NN} \bullet Z = S, \quad (5)$$

$$Z = \frac{1}{N} \cdot \hat{F}_{NN}^* \bullet S, \quad (6)$$

где $\hat{F}_{NN} = (\epsilon_N^{nk}) = \left(e^{\frac{i2\pi nk}{N}} \right)$ - квадратная матрица размерности $N \times N$,

$\hat{F}_{NN}^* = (\epsilon_N^{-kn}) = \left(e^{\frac{-i2\pi kn}{N}} \right)$ - эрмитово-сопряженная матрица к матрице $\hat{F}$.



Заметим, что в силу свойств $e^{\frac{i2\pi kt}{T}}$ для восстановления значений $Z = \langle Z(0), Z(1), \dots, Z(N-1) \rangle$ можно использовать произвольную дискретизацию $t(n) = \frac{T}{M} \cdot n$ при $M \geq N$, измеряя значения $S = \langle S(0), S(1), \dots, S(M-1) \rangle$, где $S(n) = s(t(n)) = \sum_{k=0}^{N-1} Z(k) \cdot e^{\frac{i2\pi kn}{M}}$. Нетрудно показать, что равенство $Z(k) = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} S(n) \cdot e^{\frac{-i2\pi kn}{M}}$, при $n \in \{0, 1, \dots, N-1\}$ будет сохраняться.

Таким образом, будут иметь место аналоги равенств (5) и (6)

$$\hat{F}_{MN} \bullet Z = S, \quad (7)$$

$$Z = \frac{1}{M} \cdot \hat{F}_{NM}^* \bullet S, \quad (8)$$

с прямоугольными матрицами $\hat{F}_{MN} = (\varepsilon_M^{nk}) = \left(e^{\frac{i2\pi kn}{M}} \right)$, $\hat{F}_{NM}^* = (\varepsilon_M^{-kn}) = \left(e^{\frac{-i2\pi kn}{M}} \right)$ размерности $M \times N$ и $N \times M$, соответственно.

При этом, для матриц $\hat{F}_{MN}$ и $\hat{F}_{NM}^*$ и будут выполняться равенства (9), (10).

$$\frac{1}{M} \cdot \hat{F}_{MN} \bullet \hat{F}_{NM}^* = E_M, \quad (9)$$

$$\frac{1}{M} \cdot \hat{F}_{NM}^* \bullet \hat{F}_{MN} = E_N, \quad (10)$$

где E_M и E_N - единичные матрицы размерности $M \times M$ и $N \times N$.

Таким образом, матрица $\frac{1}{M} \cdot \hat{F}_{NM}^*$ является псевдообратной матрицей к матрице $\hat{F}_{MN}$.

Рассмотрим задачу об определении кодировки QAM-символа $Z = \langle Z(0), Z(1), \dots, Z(N-1) \rangle$ по измерениям сигнала $s(t)$ на некотором подинтервале $[0, T_0]$ интервала длительности символа $[0, T]$.

Как это было сделано выше, зададим дискретизацию $t(n) = \frac{T}{M} \cdot n$ при $M > N$, измеряя значения $S(n) = s(t(n)) = \sum_{k=0}^{N-1} Z(k) \cdot e^{\frac{i2\pi kn}{M}}$ для $n \in \{0, 1, \dots, M_0-1\}$ где $M > M_0 \geq N$.

Поставим задачу о решении системы уравнений (11) относительно набора переменных $Z = \langle Z(0), Z(1), \dots, Z(N-1) \rangle$.

$$\hat{F}_{M_0 N}^M \bullet Z = S, \quad (11)$$

с матрицей $\hat{F}_{M_0 N}^M = (\varepsilon_M^{nk}) = \left(e^{\frac{i2\pi kn}{M}} \right)$ размерности $M_0 \times N$.



Понятно, что отношение $\frac{M}{M_0}$ характеризует отношение длины интервала

длительности символа $[0, T]$ к длине подинтервала $[0, T_0]$, при $T_0 = \frac{M_0}{M} \cdot T$, то есть является мерой возможного уменьшения времени передачи символа. Например, при $M = 2 \cdot N$ и $M_0 = N$ это время может быть уменьшено в два раза. При наличии обратной связи подобный подход позволяет изменять скорость передачи данных в радиоканале в зависимости от динамики помех без перестройки основных параметров схемы QAM-OFDM-модуляции.

Основная проблема, возникающая при решении задачи (11), вызвана ее неустойчивостью которая выражается, в частности, в плохой обусловленности матрицы $\hat{F}_{M_0 N}^M$ при $M \gg N$ и $M_0 = N$. Зависимость числа обусловленности $\mu(\hat{F}_{M_0 N}^M)$ матрицы $\hat{F}_{M_0 N}^M$ от отношения $\frac{M}{M_0}$ имеет экспоненциальный характер. В

частности, при $N=16$, $M_0 = N$ и $M \in \{N, N+1, \dots, 2 \cdot N\}$, эта зависимость имеет вид

$$\mu(\hat{F}_{M_0 N}^M) = e^{9.021086400 \cdot \frac{M}{M_0} - 0.77195513}$$

Таким образом, решение задачи (11) при неточно заданной правой части, полученной в результате измерений искаженного сигнала (2), и вычисленных с погрешностью значений элементов матрицы $\hat{F}_{M_0 N}^M$, может привести к значительной погрешности результата. Тем самым, задача уменьшения длительности сигнала, передаваемого с использованием QAM-OFDM-модуляции, в приведенной постановке является некорректной по Адамару и для своего решения требует применения методов регуляризации [2].

Литература

1. Прокис, Дж. Цифровая связь. Пер. с англ. [Текст] / Дж. Прокис. 2-е изд. М.: Радио и связь, 2000. 800 с.
2. Тихонов, А.Н. О некорректных задачах линейной алгебры и устойчивом методе их решения [Текст] / А.Н. Тихонов. // ДАН СССР, 1965. Т. 163, № . С. 97– 102 с.



А.Н. Цибуля, М.Н. Хо

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАНДАТНОЙ ПОЛИТИКИ ЦЕЛОСТНОСТИ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА РАСКРАШЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

(Академия ФСО России, г. Орел)

При обеспечении защиты информации часто используется модель мандатной политики целостности информации Биба, являющаяся расширением классической модели Белла–ЛаПадулы [1]. Модель реализована путем добавления к субъектам и объектам уровня целостности и запрета взаимодействия субъектов и объектов разных уровней. Для управления целостностью введены следующие правила (при нарушении запрета на взаимодействие):

- Если субъект читает из объекта более низкого уровня, то его уровень целостности снижается до уровня целостности объекта.
- Если субъект пишет в объект более высокого уровня, то уровень целостности объекта снижается до уровня целостности субъекта.

Основным элементам модели Биба являются

S – множество субъектов;

O – множество объектов;

$(LI, \leq)$ – решетка уровней целостности, например: $LI = \{I \text{ (important)}, VI \text{ (very important)}, C \text{ (crucial)}\}$ где $I \leq VI \leq C$;

$RI = \{read, write\}$ – множество видов доступа и видов прав доступа;

$B = \{b\} \times S \times O \times RI$ – множество возможных множеств текущих доступов в системе;

$(i_s, i_o, i_c) \in I = LI^S \times LI^O$ – тройка функций (i_s, i_o, i_c) задающих:

$i_s : S \rightarrow LI$ – уровень целостности субъектов;

$i_o : O \rightarrow LI$ – уровень целостности объектов;

$i_c : S \rightarrow LI$ – текущий уровень целостности субъектов;

Определение 1. Доступ $(s, o, r) \in S \times O \times RI$ соответствует требованиям политики обеспечения целостности Биба относительно $i = (i_s, i_o, i_c) \in I$ когда выполняется одно из условий :

а) $r = read$ и после получения доступа в последующем состоянии системы $i'_c(s) = i_c(s) \otimes i_c(o)$, где $\otimes$ – наибольшая нижняя граница элементов решетки $(LI, \leq)$; $i'_c(s)$ – значение функции текущего уровня целостности субъекта в последующем состоянии системы.

б) $r = write$ и после получения доступа в последующем состоянии системы $i'_o(o) = i_c(s) \otimes i_c(o)$, где $\otimes$ – наибольшая нижняя граница элементов решетки $(LI, \leq)$; $i'_o(o)$ – значение функции уровня целостности объекта в последующем состоянии системы.



Недостатком данного формального описания модели Биба является сложность анализа безопасности систем с большим количеством взаимодействующих субъектов и объектов. Для описания и анализа параллельно протекающих процессов эффективно может быть использован аппарат раскрашенных сетей Петри [2-4]. По определениям 1 и 2, модели Биба могут быть описаны посредством раскрашенной сети Петри следующим образом. Рассмотрим уровни целостности в модели Биба как маркеры различного цвета – различные уровни в решетке.

Определение 2. Для представления операции "Чтение" модели Биба может быть использована следующая раскрашенная сеть Петри, представленная на рисунке 1:

$$C\_R = \{P, T, C, W, m_0\}$$

$$P = \{S, O\} ;$$

$$T = \{Read\} ;$$

$$C = \{INFO + IL\} ; C(INFO) = infoO \mid infoS ; C(IL) = i(o) + i(s) ;$$

$$W = \{w(S, Read) = infoO + \min[i(s), i(o)] - i(s), w(O, Write) = 0\}$$

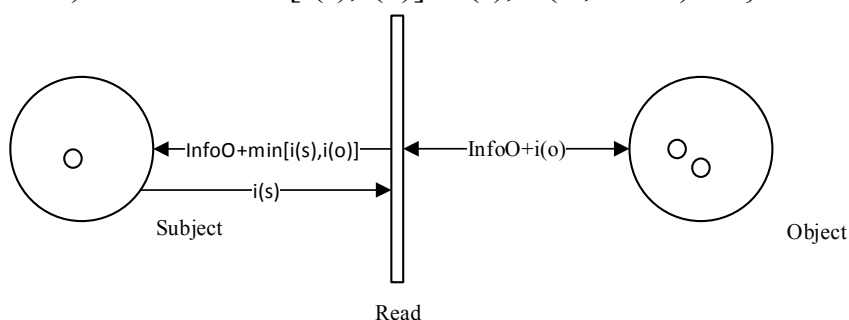


Рис.1. Описание операции "чтение" модели Биба посредством раскрашенной сети Петри

Определение 3. Для представления операции "Запись" модели Биба может быть использована следующая раскрашенная сеть Петри, представленная на рисунке 2.

$$C\_W = \{P, T, C, W, m_0\}$$

$$P = \{S, O\} ;$$

$$T = \{Write\} ;$$

$$C = \{INFO + IL\} ; C(INFO) = infoO \mid infoS ; C(IL) = i(o) + i(s) ;$$

$$W = \{w(S, Write) = 0, w(O, Write) = -i(o) + \min[i(o), i(s)] + infoS\} ;$$

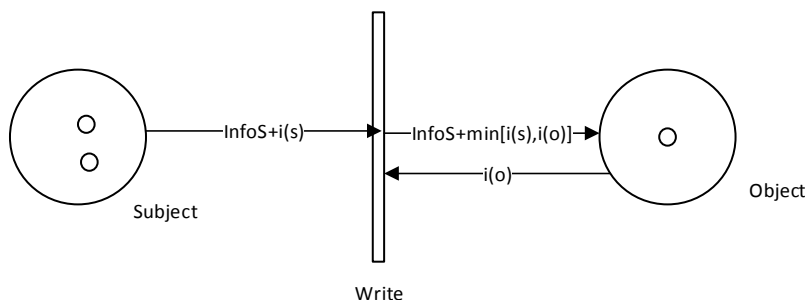


Рис. 2. Описание операции "запись" модели Биба средством сети Петри

Если представить информационную систему в виде субъектов и объектов, взаимодействующих между собой посредством операций "чтения" и "записи", то можно, используя средства анализа раскрашенных сетей Петри, провести ее анализ на предмет обеспечения уровня целостности циркулирующей в ней информации.

Литература

1. Девянин, П.Н. Модели безопасности компьютерных систем. Управление доступом и информационными потоками. Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Горячая линия–Телеком, 2013.
2. Толстов, Е.В. Моделирование шаблонов бизнес-процессов сетями Петри. Информационные технологии моделирования и управления, 2006, №4(29). – 480 с.
3. Котов, В.Е. Сети Петри. – М.: Наука, 1984.
4. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. – М.: Мир, 1984.

П.К. Шиверов

ИСТОЧНИКИ ДОВЕРИЯ В КОНТЕКСТЕ СТОЙКОСТИ ПРОТОКОЛОВ АУТЕНТИФИКАЦИИ

(Самарский государственный университет)

Введение

Анализ стойкости протоколов аутентификации, во многом, зависит от возможности установить наличие доверия между двумя или более общающимися абонентами сети.

Если, в процессе выполнения протокола аутентификации, каждая сторона общения убеждается в истинности намерений собеседника, то стойкость протокола может быть полностью доказана.

Модель доверия

Существует ряд трудов, описывающих доверие, как психологическое, философское или социальное понятие [1]. Построение общей модели доверия -



крайне сложный процесс, требующий детального и всестороннего рассмотрения. Однако, модель криптографического доверия опирается на конкретный механизм криптографических протоколов.

Доверие может быть доказано в конкретный момент времени или с установленным набором критериев. Однако, это не значит, что доверие доказано наверняка раз и навсегда. Иными словами, принимая доказанность характеристического или временного доверия за 1, можно записать следующее логическое выражение:

$$\lim_{i=1}^{\infty} D_i = 1 \quad (1)$$

где D_i – есть доверие, доказанное на некотором участке выполнения протокола в некоторый момент времени.

Представленное описание доверия идеально и описывает бесконечный ряд проверок, что неосуществимо на практике. Отсюда следует, что доверие может принимать нулевое значение, но никак не может принимать значение единицы. Значение доверия может лишь стремиться к 1, но никогда не может достигнуть его, поскольку невозможно добиться абсолютной уверенности в отсутствии уязвимостей.

Единственным инструментом выработки доверия является анализируемый протокол с его начальными предположениями (стойкость алгоритма шифрования, удачный выбор ключа, свежесть сертификата электронной цифровой подписи и т.д.) [2].

Такой вывод позволяет утверждать, что само понятие доверия идеально. Достигнуть абсолютного доверия (полностью доказать честность участника протокола) невозможно. К нему можно лишь приблизиться, используя некоторое число критериев доверия. Так доказуемость простоты больших чисел определяется применением некоторого набора критериев на простоту. Аналогично, необходимо использовать критерии доверия.

Критерии доверия

В философском понимании доверия существует несколько его источников: этика, репутация, угроза расправы (риск), закон [3].

Понятие доверия, в контексте анализа стойкости протоколов аутентификации с одной стороны включает в себя все эти источники, но с другой стороны, преобразует их в некие новые понятия-критерии.

Далее, будет рассмотрен каждый источник и связанный с ним критерий доверия.

Этика - система моральных и нравственных норм. В контексте протоколов аутентификации, этика представляет собой требования к выполнению непосредственно протокольных обязанностей каждого участника общения. В случае, если в процессе проверки выясняется, что один из абонентов имеет возможность нарушить свои обязанности, доверие, определяемое протоколом, становится нулевым.



Репутация - мнение субъектов о человеке, группе людей или организации на основе определенного критерия. В протоколах аутентификации репутация неизбежно присутствует на уровне прикладного использования. Если один из пользователей протокола (например, интернет-магазин) заботится о своей репутации, то такой подход позволяет выработать доверие каждого пользователя этого протокола по отношению к конкретному участнику – интернет-магазину [4]. Этот критерий очень хорошо подходит для оценки среды использования протокола, а также позволяет углубить представление о доверии в контексте протоколов аутентификации. Отсюда можно выделить понятие *относительно-го доверия* – доверия, имеющего направление. *A* может доверять *B*, но *B* может не доверять *A*.

Угроза расправы, в протоколах аутентификации может быть определена как риск. В случае пассивных атак на криптографические протоколы, злоумышленник практически ничем не рискует, поскольку, по умолчанию, невидим для участников общения. Такие механизмы проверки стойкости протоколов аутентификации, как метод Долева-Яо, вообще предполагают, что злоумышленник всегда прослушивает каналы связи абонентов [5]. При этом, активные атаки, такие как попытка взять на себя чужую роль или атака отражением, влекут за собой неизбежные риски, связанные, в лучшем случае, с ограничением доступа. Иными словами, при анализе протокола необходимо рассматривать, какими ограничениями рискует злоумышленник. В случае пассивных атак, он не рискует ничем, а потому считается, что такие атаки ведутся постоянно. В случае активных атак, протокол должен иметь встроенные средства защиты и средства выявления злоумышленника с последующей его ликвидацией. Если протокол содержит такие средства защиты, доверие может получить некую количественную оценку.

Закон - свод обязательных норм и правил, регулирующих общественные отношения. Закон включает в себя этические требования, однако, подразумевает обеспечение этих требований путём угрозы расправы. Фактически, закон – это критерий доверия, подразумевающий выполнение сразу всех указанных выше критериев.

Выводы и следствия

Обобщая перечисленные критерии, можно сформировать представление о доверии в контексте понятия стойкости протоколов аутентификации.

Доверие может быть относительным и безотносительным. Безотносительное доверие обязательно включает в себя относительное, поскольку не может быть доверия без объекта и субъекта.

$$D_{\text{безотн}} = [d_1, d_2, \dots, d_n], \quad (2)$$

где $d_i \in \{0,1\}$ – есть относительное доверие.

Доверие обязательно может быть оценено путём постановки криптографического протокола в различные условия: присвоение участникам ролей, предположение о возможных видах атак и т.д.

Доверие всегда зависит от наличия в протоколах средств выявления злоумышленников с возможностью последующей их изоляции. Стоимость атаки



на протокол определяется стоимостью ответных мер в случае раскрытия вторжения.

Но самое важное следствие, которое необходимо указать, это представление о протоколе, как о функции выработки доверия. В любой системе существует множество абонентов, доверие к которым равно единице. Задача протокола – путём выполнения предустановленных правил, получить доказательство принадлежности конкретного абонента к доверенному множеству.

$$\wp : (A \notin \aleph) \rightarrow (A \in \aleph), \quad (3)$$

где $\aleph = \{A, B, C, \dots\}$ - множество доверенных абонентов.

Полученное представление о доверии, как о факторе стойкости протоколов аутентификации, позволит систематизировать представление о методах анализа стойкости протоколов аутентификации и ввести совершенно новые механизмы анализа криптографических протоколов.

Описанное в статье понятие доверия может быть расширено до общей модели доверия в контексте информационной безопасности, что позволит проводить оценку защищённости информационных систем с учётом количественного показателя и облегчит сравнительный анализ при выборе механизмов защиты информации.

Литература

1. Полянская О.Ю. Инфраструктуры открытых ключей: учебное пособие / О.Ю. Полянская, В.С. Горбатов. – М.: Издательство «Открытые системы», 2007. – 370 с.
2. Алфёров А.П. Основы криптографии: учебное пособие / А.П. Алфёров, А.Ю. Зубов, А.С. Кузьмин, А.В. Черемушкин. - М.: Издательство «Гелиос АРВ», 2002 - 480 с.
3. Чмора А.Л. Современная прикладная криптография: учебное пособие / А.Л. Чмора – М.: Издательство «Гелиос АРВ», 2001.– 244 с.
4. Сабанов А.Г. Требования к системам аутентификации по уровням строгости / А.Г. Сабанов, А.А. Шелупанов, Р.В. Мещеряков. - Ползуновский Вестник №2/1 2012 – С. 61-67
5. Черёмушкин А.В. Криптографические протоколы. Основные свойства и уязвимости: учебное пособие – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.



Шуваева А.М., Яковлев А.В.

ФОРМАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ТРОЯНСКИХ ПРОГРАММ НА ОСНОВЕ СЕТИ ПЕТРИ

(Тамбовский государственный технический университет)

Троянские программы созданы для осуществления несанкционированных пользователем действий, направленных на уничтожение, блокирование, модификацию или копирование информации, нарушение работы компьютеров или компьютерных сетей [1,2]. В отличие от вирусов и червей, представители данной категории не имеют способности создавать свои копии, обладающие возможностью дальнейшего самовоспроизведения.

Основным признаком, по которому различают типы троянских программ, являются их несанкционированные действия – те, которые они производят на заражённом компьютере. Вербальное описание троянских программ строится с помощью элементов сигнатур, таких как *Backdoor.Win32.Bredavi.asq*, *Packed.Win32.Katusha.b*, *Backdoor.Win32.Throd.a* и *Trojan-PSW.BAT.Labt.c* [2,3]. Для представления сигнатур атак будем использовать семантические сети.

Семантическая сеть – это ориентированный граф, вершины которого – понятия, а дуги – отношения между ними [4]. Узлы в семантической сети обычно соответствуют объектам, концепциям, событиям или понятиям. Логический вывод (поиск решения) на семантической сети заключается в том, чтобы найти или сконструировать подсеть, удовлетворяющую некоторым условиям.

Детектирование угрозы в такой сети будет выполняться следующим образом. В результате последовательного прохождения по вершинам такой сети определяются компоненты сигнатуры, совокупность которых характеризует конкретную атаку. Структура разработанной семантической сети, позволяет значительно сократить время формирования цепочки соответствующих компонентов сигнатур, на основе группировки характеризующих определенный класс атак компонент и выделения наиболее важных из них на верхний уровень сети. При анализе некоторых отдельных компонент сигнатуры, например, размера файла или содержания поля, может быть использована нечеткая логика или синтаксический анализ текста на степень совпадения с сигнатурой. Такой подход позволит обнаружить вирусы, в которые внесены некоторые изменения, т.е. присутствуют элементы эвристического анализа.

Представим систему обнаружения вторжений в виде сети Петри с последующим ее анализом для получения важной информации о структуре и динамическом поведении моделируемой системы. Эта информация может использоваться для оценки моделируемой системы и выработки предложений по ее усовершенствованию.

Сети Петри - это аппарат для моделирования динамических дискретных систем и определяется как пятерка $\langle P, T, I, O, \mu \rangle$, где P и T – конечные множе-



ства позиций и переходов, I и O – множества входных и выходных функций, μ – маркировка [5].

Известно [5], что сеть Петри выполняется посредством запусков переходов. Переход запускается удалением меток из его входных позиций и образованием новых меток, помещаемых в его выходные позиции. Переход может запускаться только в том случае, когда он разрешен. Формально работа сети Петри описывается множеством последовательностей запусков и множеством реализуемых маркировок.

Каждому виду атак соответствует конкретная сеть Петри, которая моделирует процесс ее обнаружения. Для успешного детектирования атаки необходима совокупность условий. Если эти условия существуют, то можно говорить о том, что атака точно обнаружена. Но если их нет, или они присутствуют частично, то можно говорить о том, что атака отсутствует, либо присутствует с некоторой долей вероятности соответственно.

Введем следующие обозначения для элементов сети Петри, рассматриваемой в данной работе:

конечное множество позиций:

$P = \{ p_0, p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}, p_{16}, p_{17}, p_{18}, p_{19}, p_{20}, p_{21}, p_{22}, p_{23}, p_{24}, p_{25}, p_{26}, p_{27}, p_{28}, p_{29}, p_{30}, p_{31}, p_{32}, p_{33} \}$.

конечное множество переходов:

$T = \{ t_0, t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, t_8, t_9, \dots, t_{31}, t_{32}, t_{33}, t_{34}, t_{35}, t_{36}, t_{37}, t_{38}, t_{39}, \dots, t_{51}, t_{52}, t_{53}, t_{54}, t_{55}, t_{56}, t_{57}, t_{58}, t_{59}, \dots, t_{71}, t_{72}, t_{73}, t_{74}, t_{75}, t_{76}, t_{77}, t_{78}, t_{79}, t_{80} \}$.

множество входных позиций перехода:

$I(t_0)=\{p_0\}, I(t_1)=\{p_0\}, I(t_2)=\{p_1\}, I(t_3)=\{p_1\}, I(t_4)=\{p_2\}, I(t_5)=\{p_2\}, I(t_6)=\{p_2\}, I(t_7)=\{p_2\}, I(t_8)=\{p_4\}, I(t_9)=\{p_4\}, I(t_{10})=\{p_4\}, I(t_{11})=\{p_4\}, I(t_{12})=\{p_3\}, I(t_{13})=\{p_3\}, I(t_{14})=\{p_3\}, I(t_{15})=\{p_3\}, I(t_{16})=\{p_3\}, I(t_{17})=\{p_5\}, I(t_{18})=\{p_6\}, I(t_{19})=\{p_7\}, I(t_{20})=\{p_8\}, I(t_{21})=\{p_9\}, I(t_{22})=\{p_6\}, I(t_{23})=\{p_7\}, I(t_{24})=\{p_8\}, I(t_{25})=\{p_9\}, I(t_{26})=\{p_5\}, I(t_{27})=\{p_5\}, I(t_{28})=\{p_{10}\}, I(t_{29})=\{p_{11}\}, I(t_{30})=\{p_{12}\}, I(t_{31})=\{p_{13}\}, I(t_{32})=\{p_{13}\}, I(t_{33})=\{p_{10}\}, I(t_{34})=\{p_{11}\}, I(t_{35})=\{p_{12}\}, I(t_{36})=\{p_{13}\}, I(t_{37})=\{p_5\}, I(t_{38})=\{p_5\}, I(t_{39})=\{p_5\}, I(t_{40})=\{p_{14}\}, I(t_{41})=\{p_{14}\}, I(t_{42})=\{p_{14}\}, I(t_{43})=\{p_{15}\}, I(t_{44})=\{p_{15}\}, I(t_{45})=\{p_{15}\}, I(t_{46})=\{p_{16}\}, I(t_{47})=\{p_{16}\}, I(t_{48})=\{p_{16}\}, I(t_{49})=\{p_{16}\}, I(t_{50})=\{p_{16}\}, I(t_{51})=\{p_{17}\}, I(t_{52})=\{p_{14}\}, I(t_{53})=\{p_{15}\}, I(t_{54})=\{p_{16}\}, I(t_{55})=\{p_{17}\}, I(t_{56})=\{p_5\}, I(t_{57})=\{p_{18}\}, I(t_{58})=\{p_{19}\}, I(t_{59})=\{p_{20}\}, I(t_{60})=\{p_{21}\}, I(t_{61})=\{p_{22}\}, I(t_{62})=\{p_{23}\}, I(t_{63})=\{p_{24}\}, I(t_{64})=\{p_{18}\}, I(t_{65})=\{p_{19}\}, I(t_{66})=\{p_{20}\}, I(t_{67})=\{p_{21}\}, I(t_{68})=\{p_{22}\}, I(t_{69})=\{p_{23}\}, I(t_{70})=\{p_{24}\}, I(t_{71})=\{p_{26}\}, I(t_{72})=\{p_{28}\}, I(t_{73})=\{p_{28}\}, I(t_{74})=\{p_{27}\}, I(t_{75})=\{p_{29}\}, I(t_{76})=\{p_{31}\}, I(t_{77})=\{p_{30}\}, I(t_{78})=\{p_{25}\}, I(t_{79})=\{p_{32}\}, I(t_{80})=\{p_{33}\}.$

множество выходных позиций перехода:

$O(t_0)=\{p_1\}, O(t_1)=\{p_2\}, O(t_2)=\{p_4\}, O(t_3)=\{p_{25}\}, O(t_4)=\{p_3\}, O(t_5)=\{p_3\}, O(t_6)=\{p_3\}, O(t_7)=\{p_3\}, O(t_8)=\{p_3\}, O(t_9)=\{p_3\}, O(t_{10})=\{p_3\}, O(t_{11})=\{p_{25}\}, O(t_{12})=\{p_5\}, O(t_{13})=\{p_5\}, O(t_{14})=\{p_5\}, O(t_{15})=\{p_5\}, O(t_{16})=\{p_{25}\}, O(t_{17})=\{p_6\}, O(t_{18})=\{p_7\}, O(t_{19})=\{p_8\}, O(t_{20})=\{p_9\}, O(t_{21})=\{p_{27}\}, O(t_{22})=\{p_{26}\}, O(t_{23})=\{p_{26}\}, O(t_{24})=\{p_{26}\}, O(t_{25})=\{p_{26}\}, O(t_{26})=\{p_{25}\}, O(t_{27})=\{p_{10}\}, O(t_{28})=\{p_{11}\}, O(t_{29})=\{p_{12}\}, O(t_{30})=\{p_{13}\}, O(t_{31})=\{p_{27}\}, O(t_{32})=\{p_{27}\},$

$$\begin{aligned}
O(t33) &= \{p26\}, & O(t34) &= \{p26\}, & O(t35) &= \{p26\}, & O(t36) &= \{p26\}, & O(t37) &= \{p14\}, \\
O(t38) &= \{p14\}, & O(t39) &= \{p14\}, & O(t40) &= \{p15\}, & O(t41) &= \{p15\}, & O(t42) &= \{p15\}, \\
O(t43) &= \{p16\}, & O(t44) &= \{p16\}, & O(t45) &= \{p16\}, & O(t46) &= \{p17\}, & O(t47) &= \{17\}, \\
O(t48) &= \{p17\}, & O(t49) &= \{p17\}, & O(t50) &= \{p17\}, & O(t51) &= \{p27\}, & O(t52) &= \{p26\}, \\
O(t53) &= \{p26\}, & O(t54) &= \{p26\}, & O(t55) &= \{p26\}, & O(t56) &= \{p18\}, & O(t57) &= \{p19\}, \\
O(t58) &= \{p20\}, & O(t59) &= \{p21\}, & O(t60) &= \{p22\}, & O(t61) &= \{p23\}, & O(t62) &= \{p24\}, \\
O(t63) &= \{p27\}, & O(t64) &= \{p26\}, & O(t65) &= \{p26\}, & O(t66) &= \{p26\}, & O(t67) &= \{p26\}, \\
O(t68) &= \{p26\}, & O(t69) &= \{p26\}, & O(t70) &= \{p26\}, & O(t71) &= \{p28\}, & O(t72) &= \{p25\}, \\
O(t73) &= \{p27\}, & O(t74) &= \{p29, p30\}, & O(t75) &= \{p30, p31\}, & O(t76) &= \{p33\}, & O(t77) &= \{p32\}, \\
O(t78) &= \{p33\}, & O(t79) &= \{p33\}, & I(t80) &= \{p0\}.
\end{aligned}$$

начальная маркировка:

[illegible]

Сеть Петри, моделирующая процесс обнаружения троянских программ представлена на рис. 1.

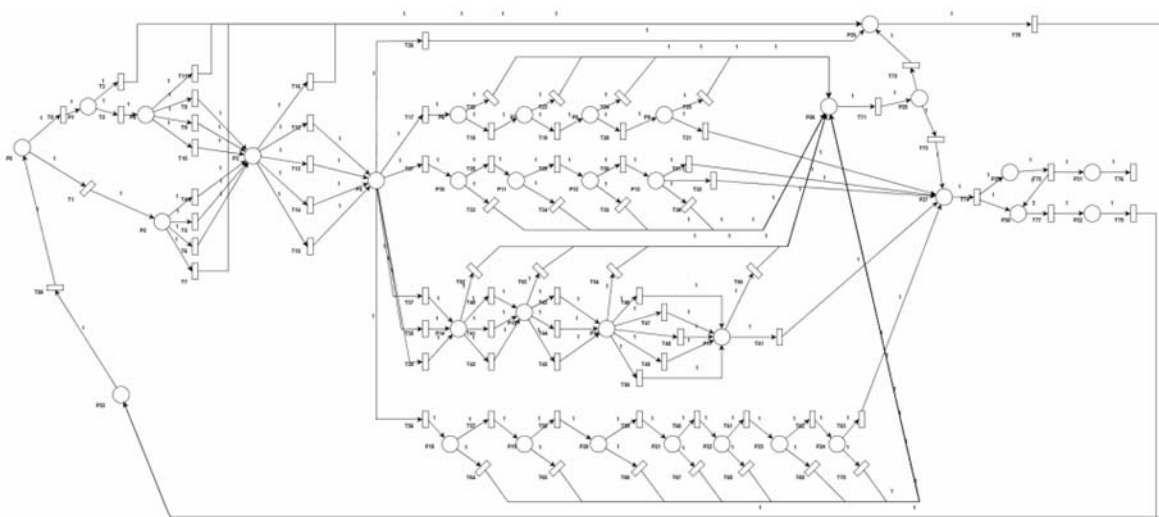


Рис. 1. Сеть Петри, демонстрирующая обнаружение троянских программ

К статическим свойствам сети относятся: конечное множество позиций, конечное множество состояний, множество входных позиций переходов, множество выходных позиций переходов, начальная маркировка, дерево достижимости [5]. Дерево достижимости представляет все достижимые маркировки сети Петри, а также – все возможные последовательности запусков её переходов.

Полный анализ сети Петри можно провести с помощью изучения и анализа ее динамических свойств: достижимость, ограниченность, активность, обратимость и достижимость тупиковой разметки [5]:

- достижимость: маркировка μp достижима из маркировки μ_0 , если существует последовательность запусков, приводящих от μ_0 к μp .
- ограниченность: сеть Петри называется K -ограниченной, или просто ограниченной, если для любой маркировки, достижимой от маркировки μ_0 , количество фишек в любой позиции не превышает некоторого числа K , то есть $\mu(p) \leq K$ для любого p и любой маркировки μ , принадлежащей $R(\mu_0)$.



- активность: сеть Петри активна, если независимо от достигнутой μ_0 маркировки, для любого перехода существует последовательность дальнейших запусков, приводящая к его запуску;
- обратимость и базовое состояние: сеть Петри обратима, если для любой маркировки μ из $R(\mu_0)$ маркировка μ_0 достижима от μ .
- достижимость тупиковой разметки: делает дальнейшее срабатывание любого перехода в данной сети невозможным [5].

Проанализировав поведенческие свойства модели для сетевых червей, а именно достижимость, ограниченность, активность, обратимость и достижимость тупиковой разметки, можно сделать следующие выводы о:

- достижимости (заданная маркировка в сети принадлежит к множеству маркировок, достижимых в сети и существует последовательность запусков);
- 2-ограниченности (количество меток в любой позиции является ограниченным, в модели в любой позиции имеется не более двух меток);
- активности (последовательность запусков существует для любого перехода, приводящая его к запуску);
- обратимости и отсутствию достижимости тупиковой разметки.

Детектирование угрозы невозможно пока она себя никак не проявит, следовательно, необходимо некоторое время, в течение которого она выполнит свои деструктивные функции. После этого атаку необходимо блокировать, чтобы она не достигла своего логического завершения.

Таким образом, без использования СОВ время реакции на атакующее воздействия зависит от должностной инструкции администратора по безопасности и чаще всего составляет не менее 24 часов. Такой подход не позволяет оперативно реагировать на атаку и тем более предотвратить ее. Использование разработанной системы обнаружения вторжений позволит значительно снизить время реакции на атакующие воздействия и в значительной мере позволит сократить нанесенный системе ущерб.

Литература

1. Лукацкий, А.В. Обнаружение атак / А.В. Лукацкий. – СПб: Питер, 2006. – 680 с.
2. Описания детектируемых объектов. Securelist [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.securelist.com/ru/descriptions>.
3. Троянские программы. Securelist [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.securelist.com/ru/threats/detect/trojan-programs>.
4. Представление и использование знаний: пер. с япон. / Х. Уэно [и др.]. – М.: Мир, 1989. – 220 с.
5. Питерсон, Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. / Дж. Питерсон. – М.: Мир, 1984. – 264 с.



Н.В. Щетинин

ИЗУЧЕНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЙ АУДИТОРИИ ДЛЯ ЗАДАЧ СЕТЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Работа посвящена защите от сетевых DDoS-атак и изучению аудитории Интернет-сервисов. Проведены эксперименты в условиях реальной сетевой атаки на популярный Интернет-портал. Для предотвращения DDoS-атак нами был разработан алгоритм, позволяющий эффективно бороться с ними.

DDoS атака (Distributed Denial of Service, распределённая атака типа «отказ в обслуживании») – это такой тип атак, при котором некоторое множество компьютеров в сети Интернет, называемых «зомби», «ботами» или бот-сетью (ботнет), по команде злоумышленника начинают отправлять запросы на сервис жертвы. Такие сети имитируют действия обычных пользователей, поэтому их крайне сложно выявить и заблокировать. Когда число запросов превышает возможности серверов жертвы, новые запросы от настоящих пользователей перестают обслуживаться и становится недоступным. При этом жертва несёт финансовые убытки. В настоящее время DDoS-атаки наиболее популярны, так как позволяют довести до отказа практически любую систему, не оставляя юридически значимых улик.

Алгоритм заключается в:

- Выявлении пользовательского ядра (постоянных посетителей) сайта и составлении их списка;
- Создании разрешительных и запретительных списков доступа;
- Анализе и блокировании поступающего UDP-траффика на основании списков доступа;
- Написании скриптов, автоматизирующих данные алгоритмы;
- Налаживание взаимодействия с провайдерами для организации защиты.

Рассмотрим подробнее предложенный алгоритм.

Пользовательское ядро – постоянные посетители Интернет-сервиса, которые регулярно обращаются к исследуемому ресурсу. Все остальные IP-адреса будем считать новыми.

Для определения постоянной аудитории нужно:

- определить период времени, за которое анализ статистики посещений позволит выявить пользовательское ядро;
- оценить предельную долю адресов из пользовательского ядра в общей базе IP адресов;
- определить особенности поведения новых (посетивших ресурс впервые) пользователей и процента запросов, принадлежащих им.



Особенно важным аспектом является определение особенностей поведения новых пользователей. К ним можно отнести количество и долю запросов новых пользователей при использовании сервисом (включая их ранжированный список), период времени непрерывного использования сервисом и т.д. Прежде всего, следует сравнить поведение новых и старых пользователей, и найти степень различия между частотой посещений и количеством запросов к сервису.

Чтобы определить постоянных пользователей Интернет-сервиса можно использовать любые журналы доступа, в которые вносятся IP адреса посетителей, либо данные NetFlow (в нашем случае используются файлы журналов веб-сервера Nginx). Далее производится формирование постоянной аудиторией сайта в виде списка IP-адресов. После формирования такого списка, все остальные IP-адреса считаются новыми.

На основе этих данных формируется разрешающий список адресов, для которых можно разрешить доступ в начале сетевой атаки.

Также, после начала атаки необходимо сформировать запрещающий список (стоп-лист) атакующих адресов. Он будет ограничивать UDP пакеты, поступающие с атакующих адресов. Тем самым можно избежать переполнения канала (атака типа flood).

Во время сетевой атаки очень важно оперативно составить список атакующих адресов для блокировки на фильтрующем оборудовании затем, чтобы сервис смог отвечать на запросы обычных пользователей вне пользовательского ядра как можно скорее. Для этого эффективно применить одновременно сразу два критерия выявления источников атаки: превышение порогового уровня для предельной скорости UDP потоков (объему входящего трафика (UDP, ICMP или TCP)) и для количества потоков, генерируемых с исследуемого IP адреса.

После формирования стоп-листа нужно просто заменить разрешающий список на запрещающий.

В заключение этого раздела необходимо установить, какой части пользователей будет отказано в обслуживании при установке фильтра, позволяющего обслуживать запросы только с IP адресов, входящих в пользовательское ядро. Из расчетов следует, что всего, в среднем, только 8% от среднесуточной аудитории будет отказано в обслуживании.

Как было сказано выше, испытания проводились на реальном Интернет-портале. Он был перемещен на веб-хостинг с созданной на нем сетевой инфраструктурой, принципиальная схема которой приведена на Рис. 1. Также в течение пяти месяцев собиралась статистика использования данного сервера.

В процессе комбинированной DDoS-атаки был записан сетевой трафик, собрана статистика NetFlow и сделаны выводы об эффективности способов обнаружения и методов противодействия.

Проводились атаки на количество запросов к веб-серверу и UDP flood атака, а также проводилось испытание скорости фильтрации IP-адресов. Ни



одна из атак не вывела из строя оборудование, а веб-сервер отвечал на запросы пользователей. Можно сделать вывод, предложенный алгоритм показал себя очень эффективным при защите от DDoS-атак.

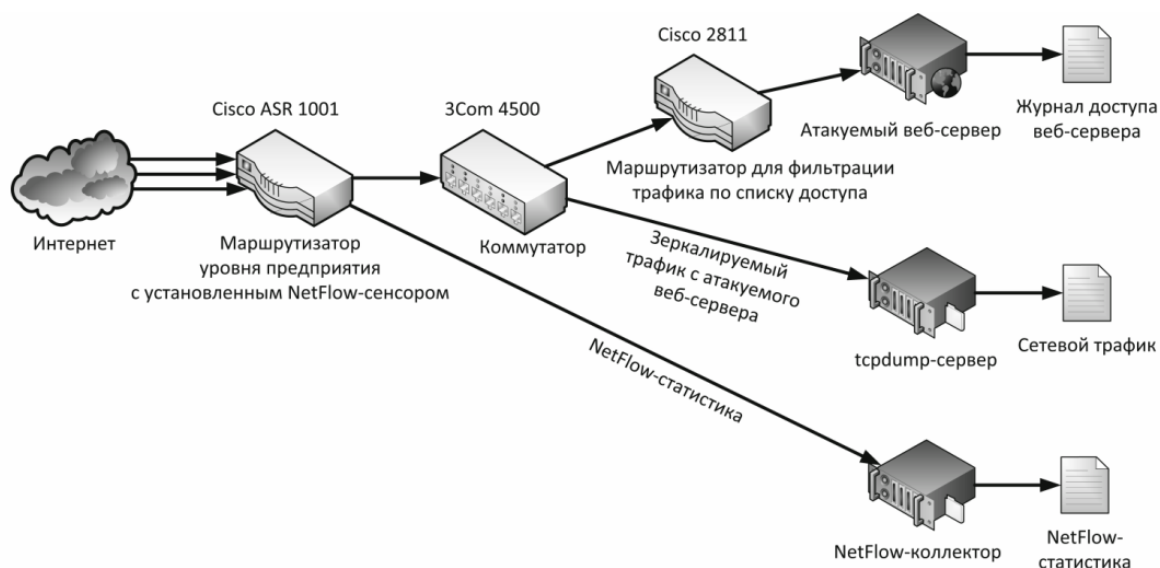


Рис.1 – Сетевая инфраструктура для проведения исследований

Для организации эффективной защиты от подобных атак необходимо наладить взаимодействие с провайдерами верхнего уровня. Если организовать автоматизированный процесс передачи списка заблокированных IP-адресов, то такая защита будет эффективной против подавляющего большинства существующих бот-сетей.

Литература

1. Mirkovic J., Reiher P. A taxonomy of DDoS attack and DDoS defense mechanisms //ACM SIGCOMM Computer Communication Review. – 2004. – Т. 34. – №. 2. – С. 39-53.
2. Douligieris C., Mitrokotsa A. DDoS attacks and defense mechanisms: classification and state-of-the-art //Computer Networks. – 2004. – Т. 44. – №. 5. – С. 643-666.
3. Singh S., Gyanchandani M. Analysis of Botnet behavior using Queuing theory //International Journal of Computer Science & Communication. – 2010. – Т. 1. – №. 2. – С. 239-241.
4. Stanton J. M., Stam K. R., Mastrangelo P., Jolton, J. Analysis of end user security behaviors //Computers & Security. – 2005. – Т. 24. – №. 2. – С. 124-133.
5. Sukhov A. M., Sidelnikov D. I., Platonov A. P., Strizhov M. V., Galtsev A. A. Active flows in diagnostic of troubleshooting on backbone links //Journal of High Speed Networks. – 2011. – Т. 18. – №. 1. – С. 69-81.
6. Sukhov A.M., Sagatov E.S., Baskakov A.V., Analysis of Internet service user audiences for network security problems //2014 IEEE 2nd International Symposium on Telecommunication Technologies, 24-26 November 2014, Langkawi, Malaysia, p. 191-196.



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ

A.I. Afanasova, E.S. Petrova

COMPUTING ENVIRONMENT FOR HUMAN BODY TEMPERATURE DATA ANALYSIS¹

(Ulyanovsk State University)

1. Introduction

Nowadays devices for human thermometry which are fixed on the body and allows making frequent temperature measurements have become widespread. Such method with proper analysis can improve the diagnosis of patients. In spite of the development of information technology, there are a number of random factors that affect rates, such as medical treatments, ambient temperature, etc. The way out of this situation can be stochastic modeling of homeostatic processes [1], which will improve the detection and diagnosis of critical condition of the patient.

The goal of this work is to present a computing environment for human body temperature data analysis. It consists of two modules: Temperature Data Converter and specialized software environment for data processing and analysis of human daily thermometry.

2. Temperature Data Converter

This program module is written using Borland® Delphi® for Microsoft® Windows™ and converts binary data from the original firmware complexes for monitoring the temperature of the human body surface KMTP-01-MIDA (Patent RU 2344750, with priority at 13.06.2007). The set of real data was collected under hospital conditions in Ulyanovsk Regional Hospital. The data base with temperature measurements is stored in MS Access file. Program displays data base in table form (Fig. 1).

To convert binary data from data base user should select some measurements for deciphering and click the *Load data* button . The program displays final results in two forms: as a table and as plots (Fig. 2).

The table consists of decoded temperature data with indication of measurement time and place. The plots show temperature dependence on time. To save the results in file user should click the *Save results*  button. Later these results are used for thermometry analysis.

¹ This work is supported by the RFBR Grant No. 13-01-97035.



	Пациент	Номер измерения	Данные измерения	Область измерений	Дата	Время	Примечание
☐	41	72		левая подмышечная область	12.03.2012	18:00:00	
☐	42	73		левая подмышечная область	12.03.2012	14:00:00	
☐	42	81		левая подмышечная область	23.05.2012	20:00:00	
☐	44	102		левая подмышечная область	18.06.2012	19:00:00	
☒	44	75		левая подмышечная область	16.03.2012	19:00:00	
☐	45	76		левая подмышечная область	15.03.2012	19:00:00	1 группа, норма
☒	46	77		левая подмышечная область	15.03.2012	19:00:00	норма, 1 группа
☐	47	78		левая подмышечная область	19.03.2012	12:00:00	
☐	48	79		левая подмышечная область	20.03.2012	19:00:00	
☐	49	82		левая подмышечная область	24.05.2012	18:00:00	
☐	50	87		левая подмышечная область	30.05.2012	21:00:00	
☐	51	211		левая подмышечная область	06.05.2013	13:30:00	
☐	51	89		левая подмышечная область	01.06.2012	16:30:00	
☐	51	173		левая подмышечная область	08.02.2013	15:30:00	
☐	51	146		левая подмышечная область	16.10.2012	10:40:00	
☒	52	91		левая подмышечная область	04.06.2012	20:00:00	
☐	53	193		левая подмышечная область	16.04.2013	13:40:00	
☐	53	92		левая подмышечная область	04.06.2012	13:30:00	норма
☐	53	167		левая подмышечная область	22.01.2013	14:50:02	
☐	53	136		левая подмышечная область	03.10.2012	11:40:00	
☐	54	196		левая подмышечная область	17.04.2013	14:10:00	

Fig. 1. Program main form. Choosing data series for deciphering

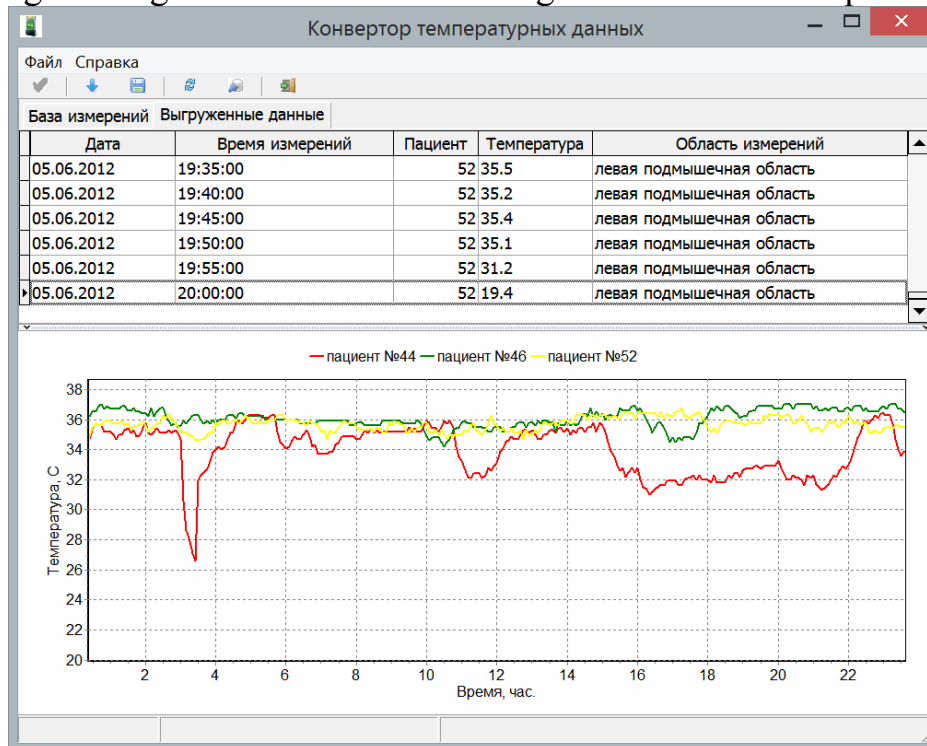


Fig. 2. The Temperature Data Converter computation results

3. Specialized software environment for data processing and analysis of human daily thermometry

This program module is a specialized software environment designed for simulation experiments, as well as for the processing and analysis of field data. It is implemented in MATLAB®, the interactive environment for numeric computation. It is easy to use as experts in the field of mathematics, and medical professionals.

3.1. Processing and analysis of field data

To start working a user should select a file with the experimental data in *.xls format which was previously generated by Temperature Data Converter. When data



file with daily thermometry is chosen, list of identification numbers of patients appears in *Patient's ID* field. User should choose a number of the patient whose data will be worked with. Next, user should select a date of measurements from the *Measurement date* field.

A plot of the temperature values versus the corresponding time values can be created by clicking the *Show graph* button. A user has a possibility to smooth the resulting plot in three ways: smoothing spline, cubic smoothing spline, exponential method. The user can choose a smoothing method and specify the factor of it (Fig. 3). It is possible to save results of the experiment by pressing *Save results* button. The results are stored in a file format *.fig.



Fig. 3. Processing and analysis of real data

3.2 Model experiments: identification

The program provides an opportunity to construct simulated data based on modeling or real temperature measurements to predict further possible temperature trend and to indicate critical condition of the patient.

The user can choose one of two model types for identification: discrete-time standard observable model or discrete-time real-valued canonical model. In the next step the user must specify the parameters for identification: the average temperature, number of days, number of experiments and initial value for estimating parameter (Fig. 4).

In case of working with experimental data to validate the identification method used in program, user should enter true parameter values as well. Numerical methods which are used here were described in detail in [2-3].

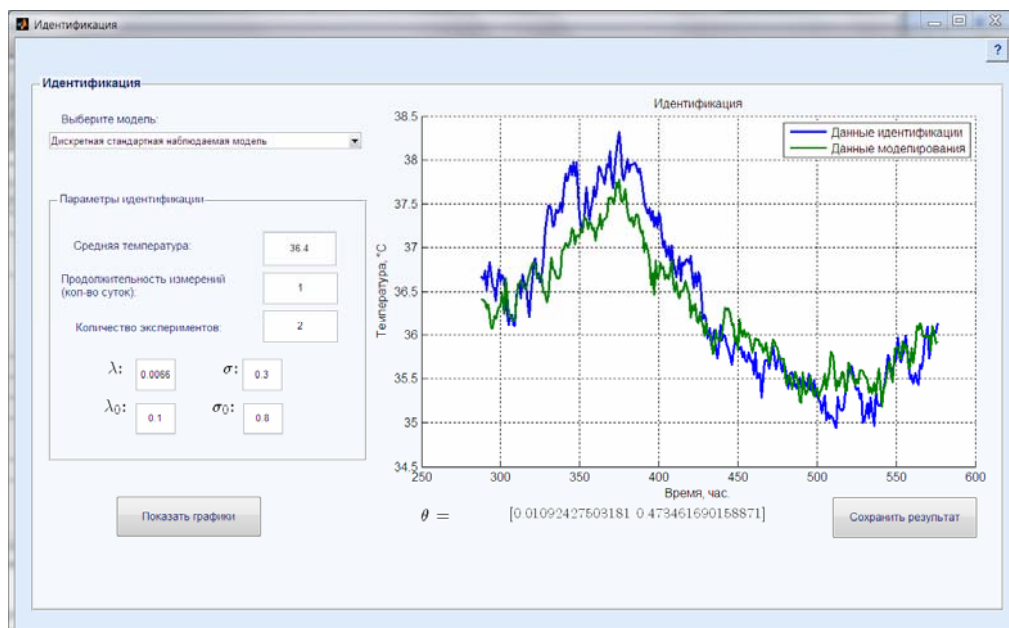


Fig. 4. Processing and analysis of model data

4. Conclusion

Body temperature is a complex, non-linear data point, subject to many sources of internal and external variation [4]. Anomalous behavior of the human body temperature in medicine usually associates with possible negative outcomes of critical states in patients. Diagnoses of most diseases are carried by the results of temperature measurements [5-6].

The developed computing environment provides medical researchers who are not familiar with the essence of mathematical methods, computational experiments carried out with our approach and methods for developing their own methods. By using this unique technology, the health care professionals who are not familiar with the essence of mathematical methods, are provided with valuable information about the patients' condition that will help them to reliably prevent a treatment-emergent adverse event.

References

1. Liao D., Estevez-Salmeron L., Tlsty T.D. Generalized principles of stochasticity can be used to control dynamic heterogeneity // Physical Biology. – 2012. – Vol. 9(6). – 12 p.
2. Krolivetskaya Yu.M., Petrova E.S. Parameter identification of model of temperature homeostatic processes // Advanced Information Technologies and Scientific Computing (PIT 2014) : Proceeding of the International Scientific Conference, Russia, Samara: Samara Scientific Center of RAS, 2014, P. 286-289. [in russian]
3. Krolivetskaya Yu.M., Petrova E.S. Construction of stochastic models for human thermal homeostasis // Vestnik of Astrakhan state technical university. Series: management, computer science and informatics. – 2014. – Vol. 1. – P. 140-152. [in russian]
4. Kelly G. Body Temperature Variability (Part 1): A Review of the History of Body Temperature and its Variability Due to Site Selection, Biological Rhythms, Fitness, and Aging // Alternative Medicine Review. – 2006. – Vol.11(4). – P. 278 – 293.



5. Mayorova A.B., Peskov A.B., Khokhlov M.P., Stuchebnikov V.M., Semushin I.V., Kraynova1 N.V., Piyakina1 N.A., Abramova Y.A., Mescheryakova E.A. Characteristics of the daily temperature curves from the different skin points of the healthy human body // Medline.ru. – 2014. – Vol 15. – P. 629-368. [in russian]

6. Anisimova N.V. Thermometry as a method of functional diagnostics // Proceeding of the Belinsky PSPU. – 2007. – Vol.5(9). – P. 36-38.

М.В. Андреев, Д.М. Мартышкин, П.В. Ситников

ПРАКТИКА СОЗДАНИЯ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ БАЗ ЗНАНИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗА И КОРРЕКЦИИ РИСКА РАЗВИТИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ, ВЫЗВАННЫХ МЕТАБОЛИЧЕСКИМИ НАРУШЕНИЯМИ

(ООО «Открытый код»)

Введение

В настоящее время в мире угрожающими темпами нарастает частота заболеваний, связанных с нарушением питания, обмена веществ. К таким заболеваниям относятся гипертония, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет и пр. Актуальность проблемы определяется высокой долей в причинах смерти (до 56%) от числа всех умерших, а также возросшими прямыми и косвенными материальными потерями от лечения данных заболеваний или от утраты трудоспособности.

Данную ситуацию можно существенно исправить благодаря ранней диагностике рисков развития заболеваний, связанных с обменом веществ, и проведению комплекса мер по уменьшению этих рисков. Существующие на данный момент подходы оказываются либо недостаточно точными, либо не дают людям персонализированных программ коррекции питания и образа жизни, направленных на уменьшение рисков развития заболеваний.

Современный уровень развития информационных технологий позволяет решать данную проблему на системном уровне, обеспечивая возможность прогнозирования вероятности появления заболеваний, а также определения индивидуального алгоритма действий, призванных снизить риски, улучшить состояние здоровья и качество жизни человека.

Для решения данных проблем была разработана специализированная экспертная информационная система для индивидуального прогнозирования и коррекции риска развития основных социально-значимых заболеваний, вызванных метаболическими нарушениями. Система строится на основе онтологий клинических рекомендаций и семантических баз знаний.

Область применения

Система индивидуального прогнозирования и коррекции риска развития основных социально-значимых заболеваний, вызванных метаболическими нарушениями, предназначена для применения в лечебно-профилактических учреждениях врачами-диетологами.



С технической точки зрения в основу системы заложены онтологии клинических рекомендаций и компьютерные средства представления знаний. Применение онтологического подхода к созданию системы наиболее целесообразно, поскольку онтологии позволяют наиболее полно описать медицинские знания, содержащиеся в клинических рекомендациях, пополнять эти знания и использовать их в процессе принятия решений.

Разработанное решение базируется на результатах анализа зависимости рисков возникновения заболеваний от показателей пациентов. При создании системы были изучены, в общей сложности, порядка 150 параметров анамнеза, характера питания и двигательной активности, антропометрических данных, данных лабораторных исследований биохимических, генетических и гормональных показателей, полученных от 150 пациентов, страдающих ожирением и заболеваниями обмена веществ. Были изучены изменения этих параметров в процессе лечения с применением различных схем терапии. Эти результаты были использованы для разработки персональных клинических рекомендаций.

Важной отличительной особенностью системы является то, что она ориентирована не только на выдачу рекомендаций пациентам с имеющимися заболеваниями, но и может быть использована для проведения диагностики потенциально здоровых людей с целью предупреждения возможного возникновения того или иного заболевания, анализа рисков и вероятности их возникновения.

Система функционирует на основе модели онтологии (семантической сети) базы знаний заболеваний метаболического синдрома (Рисунок 1) и интеллектуальной программной платформы создания баз знаний.

Жёлтым цветом выделены сущности знаний, относящиеся к профессиональной сфере врачей-диетологов, синим цветом – персонифицированные знания, связанные с каждым конкретным пациентом. Синие линии – простые отношения между сущностями, зеленые фигуры указывают на наличие сложных отношений, имеющих свои собственные атрибуты.

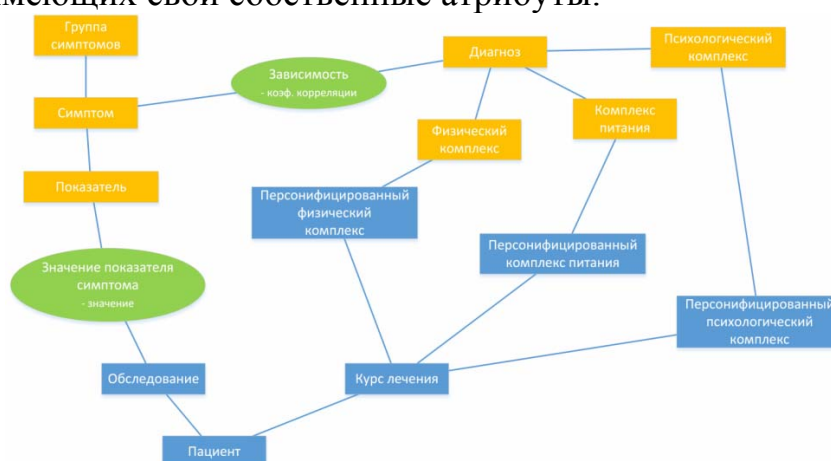


Рис. 1. Фрагмент семантической сети системы

Каждому пациенту соответствуют данные обследования и назначенный курс лечения. Обследования пациента связаны с показателями симптомов. Между симптомами и диагнозами установлена корреляционная связь. Курс лече-



ния для пациента определяется персонифицированным физическим комплексом, комплексом питания и психологическим комплексом, каждый из них зависит от поставленного диагноза, что учитывается системой в процессе работы.

Функционально система состоит из четырех основных модулей: Пациенты; Риски; Вопросы; Сопоставление рисков.

На рисунке 2 представлена форма ведения списка пациентов.

Имя	Отчество	Фамилия	Дата рождения	Пол	
Сергей	Петрович	Толстоузов	1985-03-04	мужской	Редактировать Просмотр Удалить
Владимир	Иванович	Суслин	1963-09-13	мужской	Редактировать Просмотр Удалить
Елена	Николаевна	Хородова	1956-10-22	женский	Редактировать Просмотр Удалить
Инна	Федоровна	Сукачева	1945-04-09	женский	Редактировать Просмотр Удалить
Дмитрий	Петрович	Салтыков-Щедрин	1987-03-13	мужской	Редактировать Просмотр Удалить
Анна	Владимировна	Галицкая	2014-12-11	женский	Редактировать Просмотр Удалить
Анна	Владимировна	Хородова	2014-12-11	женский	Редактировать Просмотр Удалить

добавить нового пациента

Рис. 2. Список пациентов

Форма ввода данных обследования представляет собой анкету, требующую последовательного ответа на все указанные в ней вопросы. На основе полученных ответов формируются результаты обследования и клинические рекомендации.

На рисунке 3 представлена форма результатов обследований пациентов.

Форма показывает вероятность развития и/или наличие указанных в системе видов заболеваний для конкретного пациента в виде шкалы для наглядного представления, а также в виде числовых значений с указанием минимальных и максимальных величин по каждому виду заболевания и значения, полученного в результате обследования данного пациента.

В соответствии с полученным диагнозом, сформированным по итогам анализа ответов на вопросы в рамках этапа обследования пациента, выдаются персональные рекомендации для пациента.

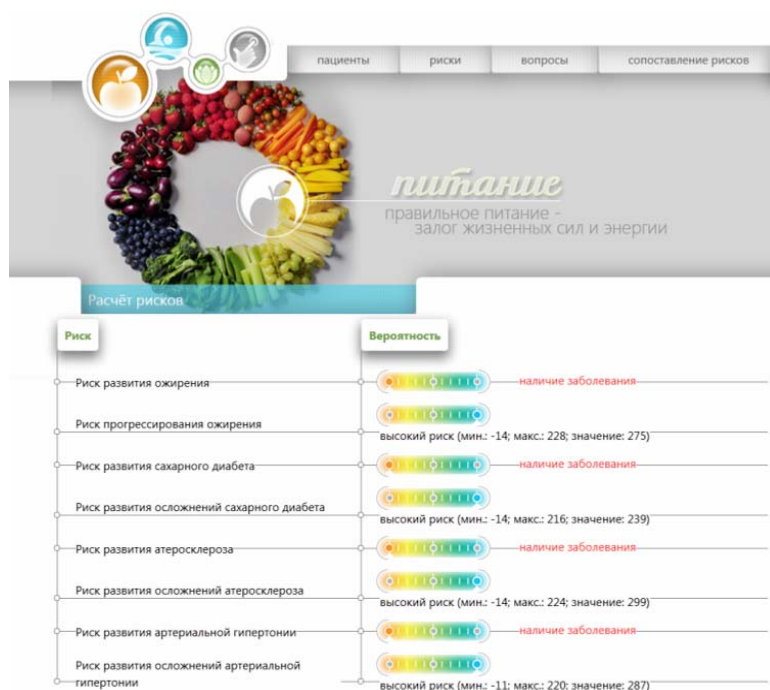


Рис. 3. Результаты обследования пациента

На рисунке 4 представлена форма степени влияния показателей пациентов на вероятность риска развития того или иного заболевания.

Таблица влияния параметров на риск заболеван.

Вопрос	Ответы	Риск развития ожирения	Риск прогрессирования ожирения	Риск развития сахарного диабета	Риск развития осложнений сахарного диабета	Риск развития атеросклероза	Риск развития осложнений атеросклероза	Риск развития артериальной гипертонии	Риск развития осложнений артериальной гипертонии
Возраст (муж)	<30	1	1	1	0	1	1	0	1
	30-50	4	4	2	2	2	2	2	2
	>50	6	6	3	4	3	4	4	6
Возраст (жен)	<30	1	1	1	0	1	1	0	1
	30-50	4	4	2	2	2	2	2	2
	>50	6	6	3	4	3	4	4	6
Уровень образования	высшее	0	0	0	0	0	0	0	0
	среднее	1	1	2	2	2	2	1	1
	начальное	2	2	4	4	4	4	2	2
	Тяжелый физический	-1	-1	0	0	-1	-1	1	1

Рис. 4. Таблица зависимости риска развития заболевания от показателей

Заключение

Возможность раннего прогнозирования диагноза позволяет осуществлять своевременное лечение, что оказывает прямое влияние на положительные результаты. В данном контексте можно говорить об управлении диагнозами, в основе которого лежат знания экспертов, задаваемых в виде онтологий причинно-следственных отношений. Возможность автоматического формирования паттернов, обобщающих опыт лечения других пациентов, позволяет осуществ-



лять прогнозирование более точно, принимать более взвешенные решения и в конечном итоге существенно повысить качество жизни населения.

Литература

1. Быченков К.В., Е.А.Гриценко, Д.М. Мартышкин, О.Л.Сурнин, Т.В.Тяпухина. Разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений для оказания персонифицированной медицинской помощи пациентам на основе онтологий и компьютерных средств представления знаний // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIII международной конференции. – Самара: Самарский НЦ РАН, 2011.
2. Быченков К.В., Е.А.Гриценко, С.С.Разбегаева, П.О.Скобелев, О.Л.Сурнин, Т.В.Тяпухина, П.В.Тяпухин. Результаты разработки системы информационной поддержки врача общей практики // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XI международной конференции. – Самара: Самарский НЦ РАН, 2009.
3. Витих В.А., Ситников П.В., Смирнов С.В. Онтологический подход к построению информационно-логических моделей в процессах управления социальными системами // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2009. – №5. – С. 45-53.
4. Cazzola M, Bergamaschi G, Dezza L, Arosio P. Manipulations of cellular iron metabolism for modulating normal and malignant cell proliferation. Blood, 1990;
5. Адашева Т.В., Демичева О.Ю. Метаболический синдром основы патогенетической терапии // Лечащий врач — 2003. - №10: 21-25.
6. Лапшин В. А. Онтологии в компьютерных системах. — М.: Научный мир, 2010.
7. Джексон Питер. Введение в экспертные системы. - СПб.: Издательский дом «Вильямс», 2001.
8. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. С. - П.: Питер», 2000.
9. Егоров Н.В., Карпов А.Г. Диагностические информационно-экспертные системы - М.: Вильямс, 2002 .

М.В. Андреев, Д.М. Мартышкин, П.В. Ситников

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СЕМАНТИЧЕСКИХ БАЗ ЗНАНИЙ В ПОПУЛЯЦИОННОМ СКРИНИНГЕ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

(ООО «Открытый код»)

Введение

Онкологические заболевания являются важной социальной проблемой здравоохранения, как Российской Федерации, так и других государств в связи с высоким уровнем инвалидизации и смертности. Несмотря на совершенствование методов лечения онкологических заболеваний, наибольших успехов в сни-



жении смертности удалось достичь за счёт внедрения программ скрининга онкологических заболеваний. Скрининг онкологических заболеваний на настоящий момент необходим при ряде значимых онкологических заболеваний: рак молочной железы, рак легкого, рак шейки матки, рак прямой кишки, рак предстательной железы и др. Изучается возможность применения скрининга при раке желудка, раке кожи, раке полости рта.

В Российской Федерации на текущий момент не существует программ популяционного скрининга, равно как и программно-технических решений, обеспечивающих интеллектуальную поддержку принятия решений в этой области.

При этом в настоящее время на мировом рынке медицинского скрининга все более возрастает потребность в автоматизации и контроле качества процессов в связи с ростом масштабов медицинских исследований.

Интеллектуальная распределённая система популяционного скрининга онкологических заболеваний на основе баз знаний, будучи одной из первых на рынке медицинского скрининга РФ, сможет обеспечить решение проблем за счет применения инструментов для автоматизации процессов отбора, формирования и контроля результатов исследований скрининговых групп, обработки больших массивов данных, включая интеллектуальные алгоритмы обработки изображений, поддержки принятия решений на этапах скрининга.

Область применения

В области диагностики и лечения онкологических заболеваний перед специалистами остро стоит проблема поддержки принятия решений при формировании персонального плана лечения, поскольку врачам приходится держать в голове большой объем информации о клиническом случае, своевременно отслеживать малейшие изменения в процессе заболевания и, при необходимости, вносить соответствующие изменения в план лечения. Именно для решения данных задач весьма полезным оказывается применение медицинских знаний, клинических рекомендаций и стандартов лечения заболеваний, представленных в компьютерной форме.

Основными местами применения полученных результатов будут являться специализированные учреждения здравоохранения, а именно: ЛПУ, медицинские институты и учреждения, занимающиеся популяционным скринингом и лечением онкологических заболеваний, онкоцентры, расположенные на территории Российской Федерации.

Подходы и методы создания интеллектуальной распределенной системы популяционного скрининга онкологических заболеваний

Основопологающим подходом к созданию системы является использование в её основе сервисно-ориентированной архитектуры (SOA, Service-Oriented Architecture), которая основана на использовании распределённых, слабо связанных (loose coupling) заменяемых компонентов, оснащённых стандартизированными интерфейсами для взаимодействия по стандартизированным протоколам, а также применения онтологического подхода при построении интеллектуальных информационных систем. Использование в основе системы SOA-



архитектуры позволяет обеспечить независимость от используемых платформ и инструментов разработки, способствуя масштабируемости и управляемости создаваемых систем.

Научная новизна заложенных в основу системы решений обуславливается применением передовых методов построения интеллектуальных программных систем (технологий семантической сети и онтологий) для формального представления медицинских знаний, клинических рекомендаций и обмена информацией. Базовым элементом системы является интеллектуальная программная платформа создания баз знаний. Данная платформа позволяет создавать онтологические базы знаний применительно к различным областям деятельности. Основная идея заключается в том, чтобы предоставить специалистам/руководителям возможность формулировать запрос на естественном языке и получать от Системы полный перечень адресной (соответствующей семантике запроса) информации, «знаний» о заболевании и методиках лечения в рамках предметной области запроса, пригодный для принятия решений.

В отличие от баз данных, рассчитанных на хранение больших по объему и иерархически структурированных массивов однородных данных (например, «заболевание – метод лечения»), онтологии позволяют работать с совершенно разнородными данными, не имеющими фиксированной структуры (данные о заболеваниях, способах диагностики, медицинских учреждениях и т.д.), структура которых является сетевой и часто дополняется или меняется, в частности, с принятием каждого нового закона или реформированием бизнес-процесса предоставления медицинских услуг, изменением методики лечения, появлением нового лекарственного препарата или метода диагностики и др. При этом онтология может играть роль метаданных, описывающих не только саму структуру данных (например, данных о заболевании или методике лечения), но и методов доступа к этим данным во внешних базах данных.

На рисунке 1 представлена схема составных модулей Системы.



Рис. 2. Состав системы



Модуль взаимодействия с пациентами. Предназначен для работы с различными целевыми группами пациентов, участвующих в процедуре скрининга клинической информации. Используется для анализа исходных медицинских данных о пациентах, классификации пациентов по группам риска, отбора пациентов из наиболее «рисковых» групп для прохождения процедур скрининга, приглашения пациентов принять участие в процедуре скрининга по различным каналам связи (телефон, СМС, почта, e-mail), а также для формирования статистической информации.

Модуль сбора и анализа данных. Оптимизирует процессы получения первичных медицинских данных за счет обеспечения унификации действий, выполняемых медицинским персоналом в процессе скрининга. Модуль также ориентирован на оптимизацию процесса обработки получаемых при скрининге или из электронной медицинской карты пациента (ЭМК) первичных медицинских данных (снимков КТ, МРТ, диагнозов и т. д.) за счет подготовки данных к анализу и автоматизации его выполнения медицинским персоналом. Используется для постановки диагноза на основе результатов анализа данных исследований пациентов или для определения вероятности риска развития онкологического заболевания. Тесно взаимосвязан с модулем поддержки принятия решений.

Модуль онтологии клинических рекомендаций. Модуль позволяет описывать в формализованном виде знания из клинических рекомендаций и стандартов оказания медицинской помощи. В модуле создается и модифицируется структура онтологии рисков возникновения заболеваний, методов диагностики и клинических рекомендаций с возможностью визуализации данных семантической сети. Клинические рекомендации должны использоваться не только врачами, но и пациентами для выбора оптимального образа жизни до, во время и после проведения лечения. Все рекомендации строятся на основе онтологии клинических рекомендаций и данных клинических случаев пациентов.

Модуль поддержки принятия решений. Осуществляет преобразование знаний, хранящихся в онтологиях, в рекомендации для клинических случаев, обрабатываемых в информационных системах. Информация о клиническом случае может поступать как в виде полноценного описания, так и в виде истории болезни, импортированной из внешней информационной системы. Модуль также формирует алгоритм лечения в виде пошаговой информации о способах лечения или о способах минимизации рисков развития онкологических заболеваний; детальную информацию о рекомендуемых пациенту медикаментах, способам их применения и дозировке.

Модуль интеграции. Предназначен для обеспечения интеграционных процессов системы с другими внешними информационными системами, в первую очередь с Единой государственной системой здравоохранения (ЕГИСЗ), а именно обеспечение обмена данными между информационными системами (экспорт и импорт). Кроме того, обеспечивает процедуру аутентификации пользователя для доступа к системе, позволяет пользователю посредством интегрированной поисковой системы осуществлять поиск нужной клинической



информации, а также предоставляет возможности по редактированию, наполнению и удалению информации из базы знаний, включая данные обо всех атрибутах, сущностях и связях.

Заключение

Интеллектуальная распределенная система популяционного скрининга онкологических заболеваний позволит реализовать качественно новый подход к проведению популяционного скрининга онкологических заболеваний, удовлетворяющий критериям современных скрининговых методов, обеспечивая интеллектуальную поддержку принятия врачебных решений на основе медицинских баз знаний.

За счёт применения инструментов для автоматизации процессов отбора, формирования и контроля результатов исследований скрининговых групп, обработки больших массивов данных, включая интеллектуальные алгоритмы обработки изображений, поддержки принятия решений на этапах скрининга система обеспечивает существенные преимущества перед ближайшими аналогами и обладает большим потенциалом на рынке программных решений для осуществления программ скрининга онкологических заболеваний среди населения различных стран.

Возможность раннего прогнозирования развития заболевания и диагностики на ранних стадиях позволяет осуществлять своевременное лечение, что оказывает прямое влияние на статистику онкологических заболеваний и существенно снижает смертность среди населения. Знания экспертов, задаваемых в виде онтологий причинно-следственных отношений, позволяют получать наиболее достоверную клиническую картину и подбирать наиболее оптимальную программу лечения, что в конечном итоге должно существенно повысить качество жизни населения.

Литература

1. De Koning, H. J. Benefits and harms of computed tomography lung cancer screening strategies: A comparative modeling study for the U.S. Preventive services task force / De Koning H. J., Meza R., Plevritis S. K. // *Annals of Internal Medicine* . – 2014 . – Vol. 160, № 5 . – P. 311-320.
2. Volk, R. J. Feasibility of a patient decision aid about lung cancer screening with low-dose computed tomography / Volk R. J., Linder S. K., Leal V. B. // *Preventive Medicine* . – 2014 . – Vol. 62 . – P. 60-63.
3. Takashima, S. Small solitary pulmonary nodules (≤ 1 cm) detected at population-based ct screening for lung cancer: reliable high-resolution ct features of benign lesions / Takashima S., Sone S., Li F. et al. // *A. J. of Roent* . – 2003 . – Vol. 180, №4 . – P. 955-964.
4. Douali, N. Decision support system based semantic web for personalized patient care / Douali N., De Roo J., Jaulent M.-C. // *Studies in Health Technology and Informatics* . – 2012 . – Vol. 180 . – P. 1203-1205.
5. Быченков К.В., Е.А.Гриценко, Д.М. Мартышкин, О.Л.Сурнин, Т.В.Тяпухина. Разработка интеллектуальной системы поддержки принятия ре-



шений для оказания персонифицированной медицинской помощи пациентам на основе онтологий и компьютерных средств представления знаний // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XIII международной конференции. – Самара: Самарский НЦ РАН, 2011.

6. Быченков К.В., Е.А.Гриценко, С.С.Разбегаева, П.О.Скобелев, О.Л.Сурнин, Т.В.Тяпухина, П.В.Тяпухин. Результаты разработки системы информационной поддержки врача общей практики // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XI международной конференции. – Самара: Самарский НЦ РАН, 2009.

7. Костицын, К. А. Современное состояние скрининга рака лёгкого // Medline.ru . – 2013 . – Т. 14, № 4 . – С. 900-916.

8. Wender, R. American Cancer Society lung cancer screening guidelines / Wender R., Fontham E. T., Barrera Jr. E. // CA Cancer Journal for Clinicians . – 2013 . – Vol. 63, № 2 . – P. 106-117.

9. Лапшин В. А. Онтологии в компьютерных системах. — М.: Научный мир, 2010.

А.С. Жарова

ПОРТАТИВНЫЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧСС ПЛОДА

(Рязанский государственный радиотехнический университет)

Сердцебиение плода является основным показателем жизнеспособности будущего ребенка. Данный показатель отражает состояние плода и при возникновении неблагоприятной ситуации сразу изменяется, поэтому важной и актуальной задачей перинатальной медицины является создание прибора для определения частоты сердечных сокращений.

В случае возникновения изменения сердцебиения плода, важно назначить своевременное лечение. Определение жизнеспособности будущего ребенка, выявление тех или иных отклонений возможно по значениям частоты сердечных сокращений.

Изменение частоты сердечных сокращений плода происходит в результате дифференциации анатомических структур сердца и формирования блуждающего нерва и проводящей системы сердца [1].

Вычислить норму частоты сердечных сокращений плода можно по формуле:

$$A = 0,593B^2 + 8,6B - 139, \quad (1)$$

где

A - частота пульса в минуту,

B - срок беременности в неделях.

К концу беременности наступает некоторое уменьшение частоты сердечных сокращений до 140 ударов в минуту, и при рождении остается на этих



цифрах [2].

Исследования, которые проводят в лечебных учреждениях для оценки сердцебиения и контроля над всей сердечной деятельностью плода, такие как эхокардиография, ультразвуковое исследование, аускультация плода кардиотокография, способен проводить только врач, но будущей маме всегда хочется услышать сердцебиение своего малыша дома, в спокойной обстановке и поделиться своей радостью с родными [3]. Поэтому важной задачей является разработка компактного прибора простого в эксплуатации.

Такой прибор позволит диагностировать сердцебиение плода не только врачу, но и поможет женщине самостоятельно следить за состоянием ребенка в комфортных домашних условиях. Будущая мама всегда переживает из-за предыдущей трудной беременности или, решаясь на первую беременность. Разрабатываемый прибор позволит снять беспокойство и от стресса в случае отсутствия признаков жизнедеятельности плода (например, толчки ребенка).

Единственным высокоинформативным, безопасным неинвазивным методом, позволяющим проводить динамическое наблюдение за состоянием плода с самых ранних этапов его развития, является метод ультразвуковой доплерографии. Применение эффекта Доплера позволило измерять количественные характеристики перемещения тканей, что дало возможность получать значительно больше информации о состоянии человека [4].

Для создания портативного прибора с возможностью его применения, начиная с 12 недели беременности, целесообразно в основе разработке использовать метод импульсной доплерографии, который позволяет проводить раннюю диагностику сердцебиения плода и может быть использован в «компактных» приборах. В данном методе используется датчик с одним пьезокристаллом, который генерирует ультразвуковые волны в виде серии импульсов и принимает отраженные сигналы. Благодаря малой интенсивности излучения (2 МГц) нет опасности повреждения эмбриона. Кроме того использование подобных датчиков позволяет проводить измерения в режиме «реального времени», исследовать вариабельность сердечного ритма и верно оценивать состояние плода.

Новизной разработки портативного ультразвукового устройства для определения ЧСС плода является возможность отображения ритмограммы сердца на мониторе при подключении прибора к ПК, что повысит информативность исследований и позволит проводить последующую обработку данных. Будущая мама всегда сможет самостоятельно снять показания с прибора, так как для этого не нужны специальные обучающие программы, что позволит снизить тревогу и даст возможность другим членам семьи прослушать сердцебиение ребенка. По желанию звуки можно записать и сохранить на память. LCD дисплей позволит увидеть цифровое значение ЧЧС. Помимо этого прибор оснащен USB разъемом, с помощью которого на монитор ПК можно вывести ритмограмму сердцебиения ребенка.



Литература

1. Акушерство. Курс лекций: учебное пособие. Под ред. А.Н. Стрижакова, А.И. Давыдова. 2009. – 456 с.
2. Затикян Е.П. Кардиология плода и новорожденного. Инфо – Медиа, 1996. – 184 с.
3. Айламазян Э.К. Акушерство: учебник для медицинских вузов. Спец-Лит, 2010. – 552 с.
4. Ультразвуковая доплеровская диагностика в клинике/ Под ред. Никитина Ю.М., Труханова А.И. – Иваново: Издательство МИК, 2004. – 496 с.

А.В. Колсанов¹, А.К. Назарян¹, А.С. Черепанов², А.В. Иващенко³

СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ СИМУЛЯЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

(¹ Самарский государственный медицинский университет, ² НПО «Лидер»,
³ Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Современное развитие информационных технологий, мехатроники и робототехники позволяет создать мощные средства дополненной виртуальной реальности, моделирующие реальные процессы и явления и позволяющие реализовать передовые методики обучения. Одним из актуальных направлений в этой области является разработка и внедрение в учебный процесс симуляционных технологий, например, тренажеров, для подготовки врачей-хирургов с различной специализацией [1]. Это направление известно, как симуляционное обучение в медицине.

Несмотря на то, что симуляционные технологии и технологии визуализации в медицине способны обеспечить качественный скачок при подготовке врачей, диагностике, лечении, их внедрению в медицинское образование и здравоохранение препятствует большое разнообразие авторских методик диагностики и лечения, недостаток стандартизированных методик образования студентов и слушателей последипломного образования, разнообразие применяемого оборудования, инструментов и медикаментов и их различие в разных странах.

Для решения этой актуальной научно-технической проблемы предлагается создать комплект средств разработки программного обеспечения (СРПО), который позволит специалистам по информационным технологиям в медицине, работающим в высших учебных заведениях, самостоятельно формировать, а также модифицировать существующее программное обеспечение в тренажерах по эндоваскулярной и эндоскопической хирургии входящих в состав АПК «Виртуальный хирург» и высокореалистичного 3D Атласа человеческого тела «Inbody Anatomy» [2].

Архитектура решения приведена на рис. 1.

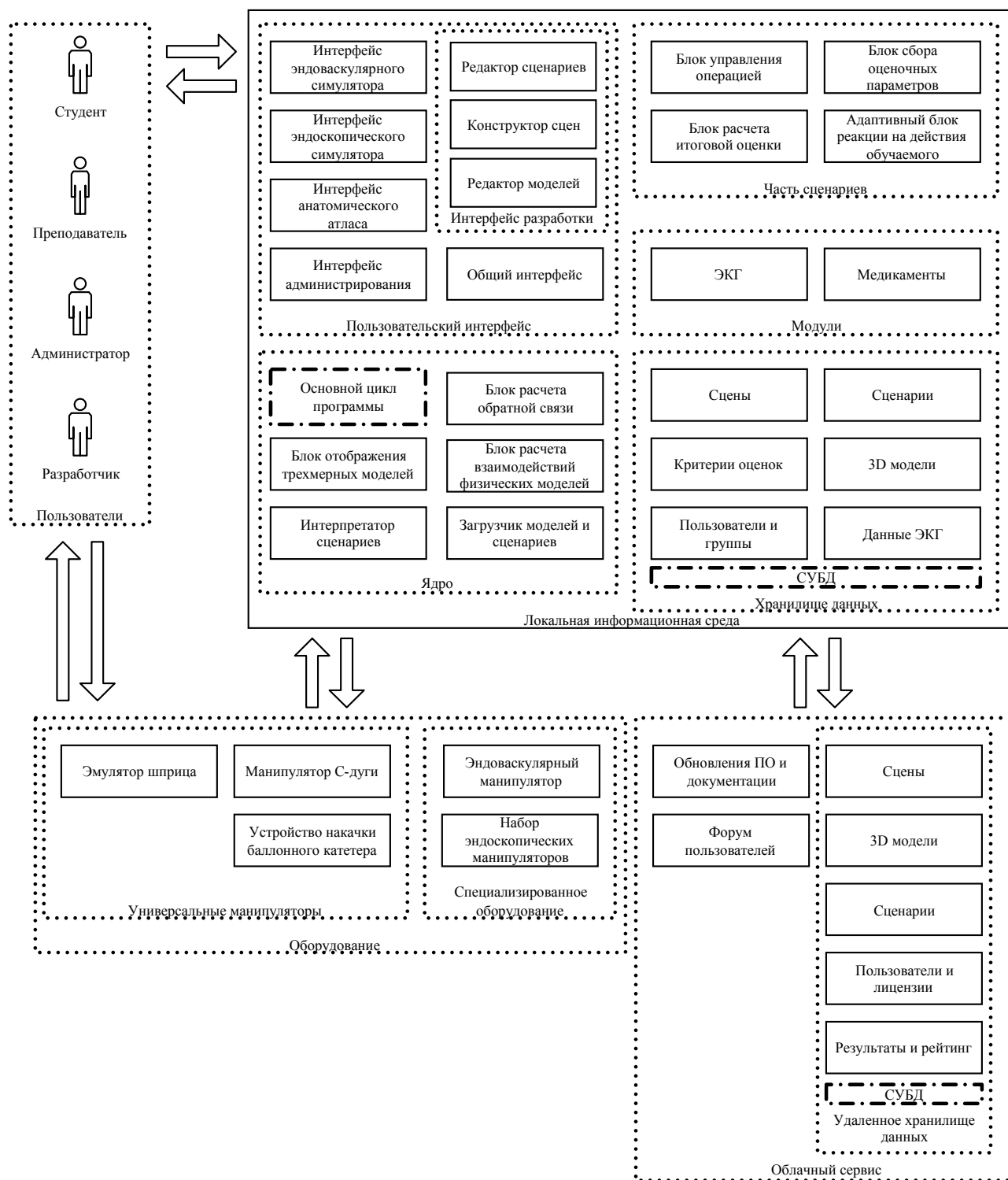


Рис. 1. Архитектура СРПО (SDK)

В рамках проекта создается комплект средств разработки программного обеспечения (далее SDK), который позволит специалистам по информационным технологиям в медицине, работающим в вузах, клиниках, исследовательских центрах, самостоятельно формировать, а также модифицировать существующее программное обеспечение в существующих тренажерах по эндоваскулярной и эндоскопической хирургии, в частности, входящих в состав АПК



«Виртуальный хирург» и высокореалистичного 3D Атласа человеческого. Данные возможности не представляются ни одним из разработчиков аппаратно-программных комплексов для обучения хирургии, программных продуктов в сфере визуализации анатомической информации и способны существенно повлиять на количество передовых российских научных результатов, глобально конкурентоспособных высокотехнологичных продуктов на одном из самых перспективных мировых рынков.

SDK создается с использованием принципов, применяющихся в современных трехмерных редакторах с предустановленным набором базовых объектов и их свойств. В перечень интегрированных объектов будут включены основные объекты человеческого тела, поддающиеся компьютерному моделированию. В их число будут входить органы, ткани и патологии. Помимо этого, объектами будут медицинские инструменты, оборудование, медикаменты и материалы. Также реализована возможность разработки собственных сценариев с возможностью глубокого ветвления различных ситуаций (например, осложнений во время операции) и реализации физиологических процессов человека (дыхание, сердцебиение и т.п.).

SDK позволяет редактировать метаданные, относящиеся непосредственно к каждому из перечисленных продуктов (например, дерево сосудов и триггерные точки для эндоваскулярного тренажера или свойства обратной связи для эндоскопического). Таким образом, при создании обучающих кейсов SDK будет предоставлять пользователю возможность моделировать сцены и ход операции с развитием по заранее определенному или псевдослучайному сценарию, а также давать возможность добавления или модификации предустановленных библиотек объектов.

Имея у себя данный SDK, потребитель, в случае необходимости, сможет достаточно быстро и без привлечения дополнительных специалистов, собственными силами создать адаптированные под свои нужды кейсы. Для этого разрабатываются поставляемые с продуктом методики работы с SDK и методики обучения сторонних специалистов работе с SDK.

Созданные средства разработки программного обеспечения будут использованы специалистами по информационным технологиям в медицине, работающими в вузах, клиниках и исследовательских центрах, для самостоятельно формирования, а также модификации существующего программного обеспечения в тренажерах по эндоваскулярной и эндоскопической хирургии, в частности, входящих в состав АПК «Виртуальный хирург» и высокореалистичного анатомического 3D Атласа человеческого тела «InBody Anatomy». Использование данного инструмента позволит пользователям указанных выше тренажеров и атласа самостоятельно адаптировать их для собственных обучающих программ, создавать и применять при подготовке врачей всё имеющееся разнообразие авторских методик диагностики и лечения, учитывать недостаточное количество стандартизированных методик образования студентов и слушателей последипломного образования, разнообразие применяемого оборудования, инструментов и медикаментов и их различие в разных странах. Распространению



и коммерциализации указанных пользовательских наработок будет способствовать специализированная система распространения и обмена в системе здравоохранения и медицинского образования, создаваемая за счет внебюджетных средств в рамках данного проекта;

Разработанная концепция, базовые принципы и алгоритмы создания решений и продуктов в сфере симуляционных технологий и технологий визуализации в медицине будут использоваться медицинским сообществом и IT-компаниями для создания новых аппаратно-программных и программных комплексов, способных занять существенную долю для нового и одного из самых перспективных мировых рынков высокотехнологичной продукции.

Литература

1. Симуляционное обучение в медицине [Текст] / научный редактор А.А. Свистунов, составитель М.Д. Горшков. – Москва.: Издательство Первого МГМУ им. И.М. Сеченова, 2013 – 288 с.

2. Колсанов, А.В., Комплекс «Виртуальный хирург» для симуляционного обучения хирургии [Текст] / А.В. Колсанов, А.В. Иващенко, А.В. Кузьмин, А.С. Черепанов. – Медицинская техника, 2013. – № 6. – с. 7 – 10

А.В. Кузьмин

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ РАБОТЫ СЕРДЦА

(Пензенский государственный университет)

Сердце человека представляет сложную систему, его рассмотрением с различных точек зрения занимаются различные науки. В настоящее время уровень развития информационных технологий позволяет строить развитые многоуровневые интерфейсы систем, решающих прикладные задачи. Задача отображения состояния сердца, его электрической и сократительной активности актуальна в следующих прикладных разработках:

- диагностические системы;
- медицинские системы учебного назначения (хирургические тренажеры, интерактивные атласы и др.);
- системы мониторинга;
- другие приложения (игры и др.)

В приведенных выше разработках важным аспектом повышения эффективности представления данных и расширения функциональных возможностей является визуализация сокращений сердца на основе электрокардиосигналов (ЭКС).

Набор задач, которые должна решать система моделирования и визуализации в составе комплекса, можно рассмотреть на примере хирургического тренажера [1].

Одним из развиваемых в настоящее время направлений медицинского



тренажеростроения является разработка комплексов для эндоваскулярной хирургии. Они представляют собой сложные аппаратно – программные системы, позволяющие пользователю отрабатывать технику проведения операций. При этом проведение операции моделируется с помощью компьютера, визуальная информация об информационном поле представляется на экране компьютера, а роль хирургических инструментов выполняют их точные копии, подключенные к датчикам, контролирующим перемещения и специальным приводам, имитирующим сопротивление тканей и органов, что позволяет отрабатывать технику владения инструментами в условиях, приближенных к реальным.

При проведении такой виртуальной операции важно с высокой степенью реалистичности имитировать работу сердца пациента. В архитектуре хирургического тренажера [2] предусмотрены блоки:

- ЭКС (воспроизводит монитор пациента во время операции, где в реальном масштабе времени отображаются ЭКС, частота сердечных сокращений и давление),
- Медикаменты (воспроизводит действие на сердечно - сосудистую систему пациента введенных лекарств),
- Сердцебиение (имитирует сердечные сокращения).

Но решаются поставленные задачи использованием заранее подготовленных образцов ЭКС и потенциальных реакций на медикаменты и анимированными фрагментами на основе видеозаписей реальных рентгенограмм.

Предложенная архитектура системы моделирования и визуализации работы сердца приведена на Рисунке 1.

На основе анализа хирургических тренажеров можно сформулировать следующую основную задачу системы моделирования и визуализации работы сердца: моделирование сокращений сердца на основе ЭКС и антропометрических данных пациента, а также с учетом возможности внешнего воздействия на параметры работы сердца.

На данный момент не существует законченного универсального программного средства, позволяющего выполнить эту задачу. Однако большинство математических моделей, описывающих электрические и сократительные процессы, протекающие в клетках миокарда, построено в семидесятых – восьмидесятых годах прошлого века, в том числе, и силами отечественных биофизиков [3, 4, 5]. Сдерживающим фактором здесь является сложность реализации имеющихся моделей, вычислительные затраты, возможные погрешности моделирования. В то же время, если в решаемых задачах допускается определенный уровень погрешностей, то возможно использование упрощенных моделей, воспроизводящих основные зависимости и позволяющих осуществить следующие действия: ЭКС – обратная задача электрокардиографии - параметры модели электрической активности сердца (ЭАС) – параметры модели сократительной активности миокарда – визуализация.



Рис. 1. Архитектура системы

Основные элементы предложенной архитектуры (см. Рисунок 1):

- модуль программного интерфейса (API) позволяет внешней программе взаимодействовать с системой, активировать требуемые функции;
- подсистема обработки входных данных позволяет получать и обрабатывать исходные данные из внешних источников (файлов, БД и др.);
- подсистема моделирования выполняет основную функцию системы – моделирование ЭАС с использованием геометрических параметров модели сердца [6] и расчет на основе параметров ЭАС параметров механических сокращений;
- модуль расчета характеристик гемодинамики позволяет косвенно оценить кровоток на основе данных сократительной активности;
- модуль цветового кодирования необходим визуализации механических и электрических параметров на поверхности модели сердца.



Литература

1. Колсанов, А.В. Комплекс «Виртуальный хирург» для симуляционного обучения хирургии [Текст] / А.В. Колсанов, А.В. Иващенко, А.В. Кузьмин, А.С. Черепанов // Медицинская техника. - 2013. – № 6. – С. 7–10.
2. Kolsanov, A. Architecture of Software development kit for Surgery training suites [Текст] / A. Kolsanov, A. Nazaryan, A. Ivaschenko, A. Kuzmin // International Journal of Applied Engineering Research. – 2014. – Volume 9. – Number 24 – P. 25645 - 25652.
3. Дещеревский В.И. Математические модели мышечного сокращения [Текст] / Дещеревский В.И.; под ред. акад. Г.М. Франка. - М.: Наука, 1977. – 160 с.
4. Баум, О.В. Моделирование электрической активности сердца [Текст] / О.В. Баум // Биофизика сложных систем и радиационных нарушений / О.В. Баум [и др.]; под ред. Г.М. Франка. - М.: Наука, 1977. – С. 119-129.
5. Типанс, И.О. Математическое моделирование процессов возбуждения и сокращения в клетках сердца [Текст] : дис. ... канд. физ-мат. наук : 03.00.02 : защищена 15.03.1984 / Типанс Игорь Ольгердович. – Рига, 1984. – 169 с.
6. Митрохина, Н.Ю. Анализ электрической активности сердца с использованием геометрических параметров [Текст] / Н.Ю. Митрохина, А.В. Кузьмин, Е.В. Петрунина // Медицинская техника. - 2013. – № 6. – С. 38–41.

А.В. Кумакшев¹, Л.С. Зеленко¹, А.В. Кругомов², О.В. Пищулина¹

РАЗРАБОТКА НАСТОЛЬНОЙ И МОБИЛЬНОЙ ВЕРСИЙ МЕДИЦИНСКОГО КАЛЬКУЛЯТОРА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПЕРИОПЕРАЦИОННЫХ РИСКОВ

(¹ Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет),
² Самарский государственный медицинский университет)

На сегодняшний день современная хирургия стремительно развивается. С каждым годом в России увеличивается количество плановых операций, повышается эффективность и безопасность хирургических вмешательств, при их проведении используются новые медицинские и информационные технологии.

Одним из важнейших разделов современной хирургии является сосудистая хирургия, которая специализируется на лечении заболеваний сосудистой системы (артерий и вен) при помощи медикаментозной терапии, открытых реконструкций и малоинвазивных эндоваскулярных вмешательств (вмешательств через прокол в сосуде под контролем рентгеновского излучения). В России сердечнососудистые заболевания выходят на первое место среди причин смертности, а 2015 год объявлен годом борьбы с



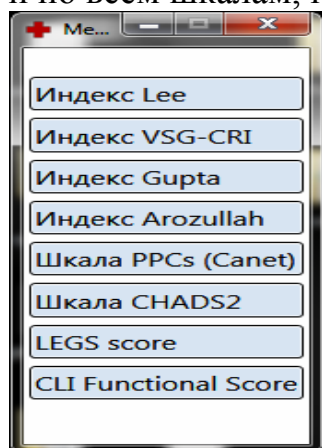
заболеваниями сердечно-сосудистой системы, в связи с этим актуальной является задача разработки новых методов лечения пациентов, которые позволили бы повысить эффективность лечения и снизить риск осложнений.

Любое оперативное вмешательство вызывает стрессовую реакцию организма, которая инициируется повреждением тканей при участии нейроэндокринных факторов. Поэтому очень важно при выборе тактики лечения оценивать вероятность возникновения осложнений в периоперационном периоде у пациента.

Разработанный авторами медицинский калькулятор – автоматизированная система, позволяющая рассчитать числовые показатели рисков возникновения различных осложнений, которые могут проявиться на этапе подготовки операции, во время ее проведения и после ее окончания, то есть в периоперационном периоде.

Калькулятор реализован в двух версиях: как настольное приложение и как мобильное приложение, он предоставляет пользователю следующие возможности:

1. выбор необходимой медицинской шкалы для текущего расчета (на рис. 1 представлены экранные формы для первоначального выбора теста);
2. ввод данных о пациенте, необходимых для осуществления вычислений по выбранной шкале (на рис. 2 представлены экранные формы с перечнем вопросов, соответствующих выбранной шкале, и полученным результатом расчета);
3. свободное переключение между шкалами в процессе ввода данных с сохранением ранее введенных значений;
4. передачу общих данных о пациенте между всеми шкалами, это позволяет ввести их один раз и автоматически учитывать во всех расчетах;
5. выдачу справочной информации о каждой медицинской шкале;
6. вывод результатов расчета и введенных данных как по отдельной шкале, так и по всем шкалам, где был произведен расчет.



а) настольная версия



б) мобильная версия

Рис. 1. Экранная форма «Первоначальный выбор теста»



MedCalculator

Сохранение результатов О тесте Справка

Индекс Lee

Индекс VSG-CRI

Индекс Gupta

Индекс Arozullah

Шкала PPCs (Canet)

Шкала CHADS2

LEGS score

CLI Functional Score

Планируется операция с высоким риском кардиальных осложнений? (открытые операции на периферических артериях, на аорте) ☒

В анамнезе присутствуют указания на ИБС? (перенесённый инфаркт миокарда, наличие зубца Q на ЭКГ, приём нитроглицерина) ☐

В анамнезе присутствуют указания на сердечную недостаточность? (указания на кардиогенный отек легких, клиника H2A, ФВ менее 40%) ☒

В анамнезе присутствуют указания на ИБМ? (инсульт или ТИА в анамнезе) ☐

Присутствует необходимость периоперационного введения инсулина? ☒

Уровень креатинина в периоперационном периоде более 2мг/дл (177 мкмоль/л) или СКФ менее 64 мл/мин? ☐

Рассчитать Вероятность развития кардиальных осложнений в послеоперационном периоде **11%**

а) настольная версия

Индекс VSG-CRI ?

Возраст пациента 69

В анамнезе присутствуют указания на ИБС? (перенесённый инфаркт миокарда, ССН, АКШ или ЧКВ в анамнезе) **Да**

В анамнезе присутствуют указания на ХСН? (указания на кардиогенный отек легких, клиника H2A, ФВ менее 40%) **Да**

В анамнезе присутствуют указания на ХОБЛ? (предшествующие госпитализации для лечения ХОБЛ/необходимость приема бронходилататоров по **Нет**

Рассчитать

Результат расчета

Вероятность развития инфаркта миокарда, аритмии или признаков отека легких в периоперационном периоде **2.6 %**

Заккрыть

Рассчитать

б) мобильная версия

Рис. 2. Экранная форма с вопросами текущего теста и полученным результатом расчета

В состав калькулятора включены следующие шкалы и индексы:

1. Индекс Lee – оценивает риск развития периоперационных кардиальных осложнений и сердечно-сосудистой летальности[1];
2. Индекс VSG-CRI – оценивает риск развития в периоперационном периоде наиболее опасных сердечно-сосудистых осложнений: инфаркта миокарда, аритмии или признаков отёка лёгких (смертность не входит в оцениваемые конечные точки, в отличие от индекса Lee) [2];
3. Индекс Gupta – оценивает риск развития в периоперационном периоде только инфаркта миокарда и остановки сердца [3];
4. Индекс Arozullah – оценивает риск развития дыхательной недостаточности в послеоперационном периоде [4];
5. Шкала PPCs (Canet) – оценивает риск развития послеоперационных легочных осложнений — как дыхательной недостаточности, так и инфекционных осложнений [5];
6. Шкала CHADS2 – оценивает риск развития инсульта у пациентов с фибрилляцией предсердий [6];



7. Шкала LEGS – создана с целью определения оптимального способа оперативного лечения пациентов с облитерирующим атеросклерозом нижних конечностей [7, 8];

8. Шкала CLI Functional – создана для прогнозирования потери функционального статуса пациента в течение года после оперативного лечения хронической критической ишемией нижних конечностей [9];

9. Шкалы расчета СКФ – обеспечивает расчет скорости клубочковой фильтрации – медицинского показателя, с помощью которого можно судить о текущем состоянии фильтрационной функции почек. СКФ рассчитывается по трем шкалам, причем данные для расчета вводятся один раз [10, 11, 12].

Настольная версия системы разработана на языке программирования C# с использованием технологии WPF для создания интерфейса пользователя и функционирует под управлением операционной системы Windows. В качестве форматов файлов, хранящих результаты расчетов, выбраны .doc, .docx и .rtf, что позволяет просматривать результаты в различных текстовых редакторах.

Мобильная версия системы разработана на языке программирования Java в среде разработки Android Studio и может быть установлена на любое устройство под управлением операционной системы Android версии 3.0 и выше. В мобильном приложении реализованы все функции настольного приложения, за исключением сохранения результатов расчета и введенных данных в файл.

Применение калькулятора сократит время расчета вероятности возникновения осложнений и позволит врачам в повседневной практике использовать разработанные методы для стратификации тяжести состояния пациентов и выбора показаний при используемых методах лечения. Кроме того, точная стратификация состояния пациентов позволит дифференцировать статистические данные и, следовательно, судить о качестве оказания медицинской помощи сходным группам пациентов в различных медицинских учреждениях.

Литература

1. Lee T.H. et al. Derivation and prospective validation of a simple index for prediction of cardiac risk of major noncardiac surgery [Текст] // Circulation. – Vol. 100, № 10, 1999. – P. 1043-1049.
2. Bertges DJ et al. The Vascular Study Group of New England Cardiac Risk Index (VSG-CRI) predicts cardiac complications more accurately than the Revised Cardiac Risk Index in vascular surgery patients [Текст] // Vascular Study Group of New England – J Vasc Surg., 2010. – P. 5-12.
3. Gupta P.K. et al. Development and validation of a risk calculator for prediction of cardiac risk after surgery [Текст] // Circulation. – Vol. 124, № 4, 2011. – P. 381-387.
4. Arozullah A.M. et al. Multifactorial risk index for predicting postoperative respiratory failure in men after major noncardiac surgery. The National Veterans Administration Surgical Quality Improvement Program [Текст] // Ann. Surg. – Vol. 232, № 2, 2000. – P. 242-253.



5. Canet J. et al. Prediction of postoperative pulmonary complications in a population-based surgical cohort [Текст] // Anesthesiology. – Vol. 113, № 6, 2010. – P. 1338-1350.
6. European Heart Rhythm Association et al. Guidelines for the management of atrial fibrillation: the Task Force for the Management of Atrial Fibrillation of the European Society of Cardiology (ESC) [Текст] // Europace. – Vol. 12, No 10, 2010. – P. 1360-1420.
7. Taylor S.M. et al. The LEGS score: a proposed grading system to direct treatment of chronic lower extremity ischemia [Текст] // Ann. Surg. Vol. 237, 2003. – P. 812-818.
8. Davies M.G. Critical limb ischemia: reporting outcomes and quality [Текст] // Methodist Debaque Cardiovasc J. – Vol. 8, № 4, 2012. – P. 15-19.
9. Chisci E. et al. Benefit of revascularisation to critical limb ischaemia patients evaluated by a patient-oriented scoring system [Текст] // Eur J Vasc Endovasc Surg. – Vol. 43, № 5, 2012. – P. 540-547.
10. Cockcroft D.W., Gault M.H. Prediction of creatinine clearance from serum creatinine [Текст] // Nephron. – Vol. 16, № 1, 1976. – P. 31-41.
11. Levey, A.S. et al. A more accurate method to estimate glomerular filtration rate from serum creatinine: a new prediction equation. Modification of Diet in Renal Disease Study Group [Текст] // Ann. Intern. Med. – Vol. 130, № 6, 1999. – P. 461-470.
12. Levey A.S. et al. A new equation to estimate glomerular filtration rate [Текст] // Ann. Intern. Med. – Vol. 150, № 9, 2009. – P. 604-612.

А.В. Костюнин, И.В. Куприянов, М.С. Ревунов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ЗРЕНИЯ НА ОСНОВЕ СПЕКЛОВОЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ

(Пензенский государственный университет)

Актуальной проблемой в оптометрии является определение параметров астигматизма глаза [1,2,3]. Астигматизм проявляется при любом нарушении осевой симметрии геометрических и оптических сред глаза. Статистика показывает, что около 40% людей во всем мире нуждаются в оптической коррекции зрения [2].

Для определения параметров миопии или гиперметропии (близорукости или дальнозоркости) и астигматизма специалисты-офтальмологи используют авторефрактометры с последующим уточнением полученных параметров коррекции с помощью субъективного метода - подбора линз [3]. Более того, специалисты также отмечают, что авторефрактометрия «страдает миопией»; приборы разных фирм дают статистически различающиеся параметры коррекции [1,3].



В результате последних исследований в области офтальмологии обоснована идея применения лазерных спеклов при диагностике аномалий рефракции глаза [4, 5]. При использовании спекловой интерферометрии на сетчатке отображается картина, представляющая собой динамическую «зернистую» структуру (рисунок 1). При наблюдении движущейся шероховатой поверхности, освещаемой монохроматическим излучением, пациент видит зернистую структуру (спекл). При гиперметропии спекл движется в направлении, совпадающим с направлением движения поверхности, при миопии спекл движется в противоположном направлении. В состоянии, соответствующем наилучшей способности глаза к фокусировке, спекл представляется «кипящим», в котором отсутствует явно выраженная направленность его перемещения.

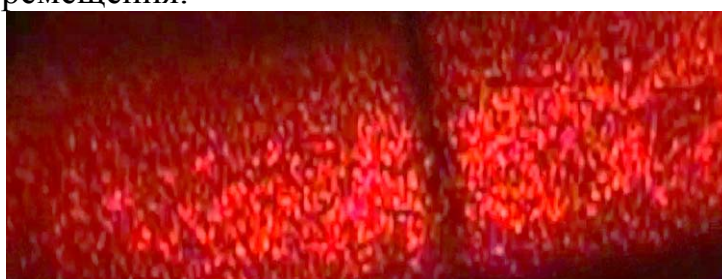


Рис. 1. Фрагмент динамического спекла, формируемый на сетчатке глаза

Таким образом, критерием настройки оптической системы коррекции зрения может быть такое состояние изображения, в котором отсутствует заметное однонаправленное перемещение «зерен» спекла. Структура прибора для оптической коррекции зрения приведена на рисунке 2.

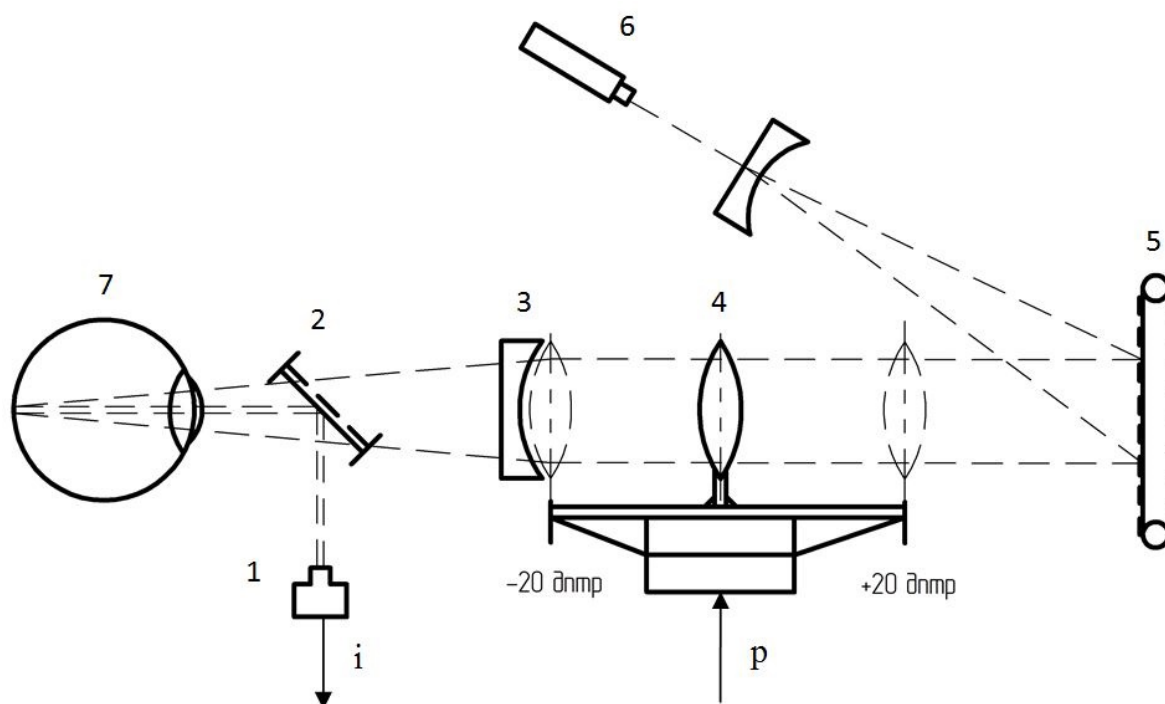


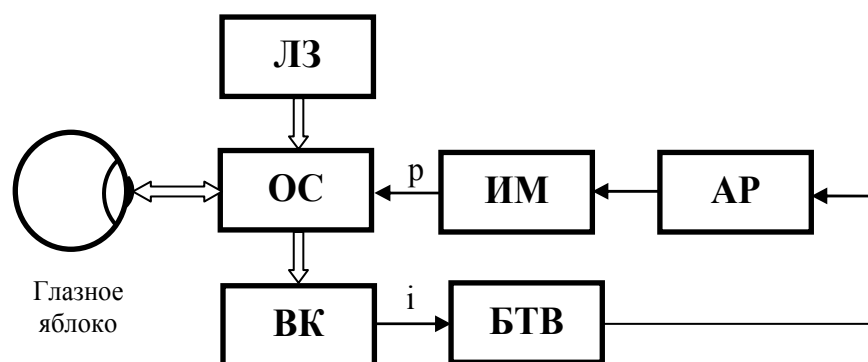
Рис. 2. Структура оптической системы прибора



В состав оптической системы прибора входит лазер (6), создающий когерентное излучение в инфракрасном диапазоне, диффузная (шероховатая) поверхность (5), являющаяся зрительным стимулом, рассматриваемым пациентом в качестве «предмета» через оптическую систему из линз (3) с перестраиваемой оптической силой (4). Полупрозрачное зеркало (2) пропускает излучение на дно глазного яблока (7), формируя на нем спекловую картину, которая записывается видеокамерой (1). Оптическая система, выполняя корректирующую роль очковой линзы, совместно с оптикой глаза должна обеспечить сфокусированное изображение предмета на сетчатке, а именно, получение «кипящего» спекла за счет передвижения линзы (4).

Коррекция зрения, осуществляемая пациентом вручную, не гарантирует точной настройки оптической системы. Особенно это относится к случаям, когда пациентами являются дети или недееспособные люди. Целью работы является замена ручного управления положением линзы (4) автоматической фокусировкой. Система автоматической фокусировки меняет положение линзы (4), добиваясь за счет контроля изображения видеокамерой состояния «кипящего» спекла.

На рисунке 3 изображена структурная схема автоматической системы оптической коррекции зрения на основе спекловой интерферометрии.



*ЛЗ – лазер;
ОС – оптическая система;
ВК – видеокамера;
БТВ – блок трассерной визуализации;
АР – автоматический регулятор;
ИМ – исполнительный механизм.*

Рис. 3. Структурная схема автоматической системы коррекции зрения

На выходе оптической системы (ОС) формируется спекловая картина, видимая пациентом и характеризующая состояние исследуемого глаза. Она регистрируется при помощи цифровой видеокамеры (ВК) и поступает в блок трассерной визуализации (БТВ). В БТВ происходит оценка статичности спекловой картины и определяется направление движения спекла для случая, если картина не статична. Направление движения спекловой картины определяется по значениям измеренной скорости и угла относительно гори-



зонти. Измерение скорости и угла движения спекла осуществляется при помощи кросскорреляционного алгоритма. Полученные результаты поступают в АР, который в зависимости от направления движения спекловой картины воздействует на исполнительный механизм.

Литература

1. Яхницкая, Л. К. Современные методы диагностики и коррекции астигматизма / Л. К. Яхницкая, В. Л. Гончарова, Ю. Г. Федоров, Н. Ф. Змачинская. – Белорусский государственный университет / Офтальмология
2. Розенблум, Ю. З. Оптометрия (подбор средств коррекции зрения) / Ю. З. Розенблум – Изд. 2-е, испр. и доп. – СПб.: Гиппократ, 1996. – 320 с.
3. Орлова, Н. С. Коррекция зрения. Учебное пособие для вузов России / Н. С. Орлова, Г. И. Осипов. – 2-е изд., доп. – Новосибирск : Сибмедииздат НГМУ, 2007. – 226 с.
4. Применение методов Фурье-оптики / Под ред. Старка. - М.: Радио и связь, 1988. – 536 с.
5. Шаповалов, С. Л. Лазерная оптометрия: Монография / С. Л. Шаповалов, Т. И. Милявская, С. А. Игнатъев – М.: МИК, 2012. – 192 с.

К.П. Нагаев

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ БИОМЕДИЦИНСКИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В последнее время все более эффективными себя показывают сверточные нейронные сети в задачах распознавания цифровых изображений. И на это есть несколько причин. У них есть возможность самостоятельно выделять признаки у различных изображений одного класса, которые позволяют с очень высокой точностью распознать подобные изображения в дальнейшем. Также не оказывает сильного влияния на правильное распознавание размещение и положение объекта на изображении благодаря операциями сверточного слоя. И также подобную архитектуру нейронной сети можно использовать для самых различных видов изображений и задач классификации. Здесь играет роль слой субдискретизации, на котором выбирается из соседних значений признаков в точке на изображении наибольший, что более существенно для обучения распознаванию. Объединяя эти свойства мы получим очень мощный и многофункциональный метод.

Отметим также и их недостатки. Их применение заключается в анализе целого изображения определенного размера, равного размеру входного двумерного слоя нейронов. Поэтому вся выборка должна быть приведена к одному размеру. Процесс обучения сверточной нейронной сети с числом слоев свертки



больше двух может занимать продолжительное время, достигая нескольких дней. На это влияет также и потребность в большом количестве изображений для обучения, так как веса в сети должны быть изменены под большой диапазон входных данных, чтобы достичь настоящего распознавания, а не запоминания.

Цель настоящей работы – показать, как можно применить сверточную нейронную сеть для задачи сегментации изображений. Для это нужно обучить сеть для попиксельной классификации всего изображения и тогда можно будет точно выделить различные объекты на нем и отнести их к определенному классу. Это так называемая «семантическая» сегментация.

1. Алгоритм обучения

Для сегментации был взят набор из 40 изображений глазного дна человека, в которых требуется выделить кровеносные сосуды (база изображений DRIVE – Digital Retinal Images for Vessel Extraction). Соответственно будет рассматриваться два класса объектов на изображении – это сосуды и все остальное, что ими не является.

Для прохождения алгоритма обучения на изображении выбираются области с центральным пикселем, который относится к сосуду. Используются все точки выделенных заранее сосудов на обучающих изображениях. К ним добавляются области где центр не относится к сосуду. Количество изображений в обоих выборках должно быть примерно равным чтобы не возник эффект переобучения и сеть не стала более восприимчивой к одному из классов.

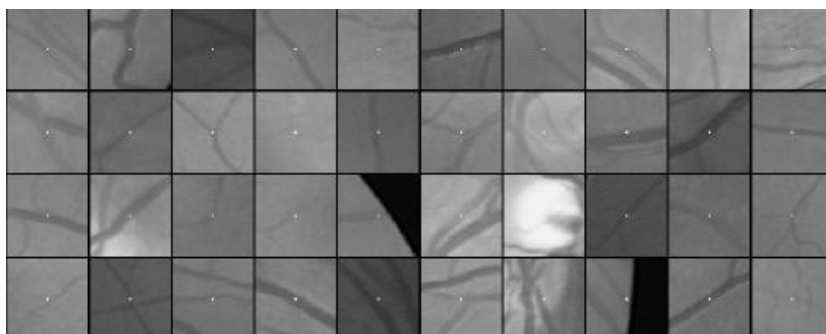


Рис. 1. Пример изображений для обучения

Чтобы определить, что сеть стала переобучаться на раннем этапе при обучении используется еще один набор изображений, примерно 1/10 от обучающего. На этом тестовом наборе сеть не обучается, а применяется непосредственно и определяется тестовая ошибка. Если ошибка на обучающем наборе практически всегда уменьшается, то тестовая ошибка может при этом возрастать. Сеть стала более восприимчивой именно к своему набору обучения и остальные изображения не будут правильно распознаны. Нужно поменять параметры обучения, структуру сети или набор для обучения.

2. Структура сверточной сети

В таблице 1 представлена структура нейронной сети. На вход подается изображение размерами 65 на 65 пикселей. Далее идет чередование сверточных



слоев и слоев подвыборки (max pooling). Выход представляет собой два значения двух последних нейронов, определяющих класс изображения.

Таблица 1 Структура сверточной нейронной сети

Слой	Тип	Количество и размер карт признаков	Размер ядра
0	Входной	1 x 65 x 65	
1	Сверточный	48 x 60 x 60	6x6
2	Подвыборки	48 x 30 x 30	2x2
3	Сверточный	48 x 26 x 26	5x5
4	Подвыборки	48 x 13 x 13	2x2
5	Сверточный	48 x 10 x 10	4x4
6	Подвыборки	48 x 5 x 5	2x2
7	Сверточный	48 x 4 x 4	2x2
8	Подвыборки	48 x 2 x 2	2x2
9	Полносвязанный	100 нейронов	
10	Полносвязанный	2 нейрона	

Сверточный слой имеет набор матричных фильтров, которые применяются к изображениям и выделяют собой какой-либо признак. Комбинация из нескольких таких слоев будет выстраивать новые признаки по предыдущим признакам более низкого порядка. На практике это означает, что сеть обучается видеть сложные признаки, представляющей собой композицию из более простых.

Слой подвыборки представляет слой без обучения, где происходит фильтрация изображений с выделением в окне наибольшего значения пикселя и игнорирования остальных. Таким образом изображение уменьшается в размерах и остаются только самые значащие признаки, независимо от их расположения.

Последние два слоя представляют собой полносвязанную сеть, где каждый нейрон принимает на вход все выходы нейронов предыдущего слоя.

Обучение происходит методом обратного распространения ошибки. При прохождении всех слоев полученное значение сравнивается с заданным при обучении и разность используется для изменения весов сети в обратном порядке.

3. Результаты

На рисунке 2 представлен результат сегментации. Левое изображение – исходное. В середине представлен результат сегментации экспертом. Справа – сегментация по описанному методу.

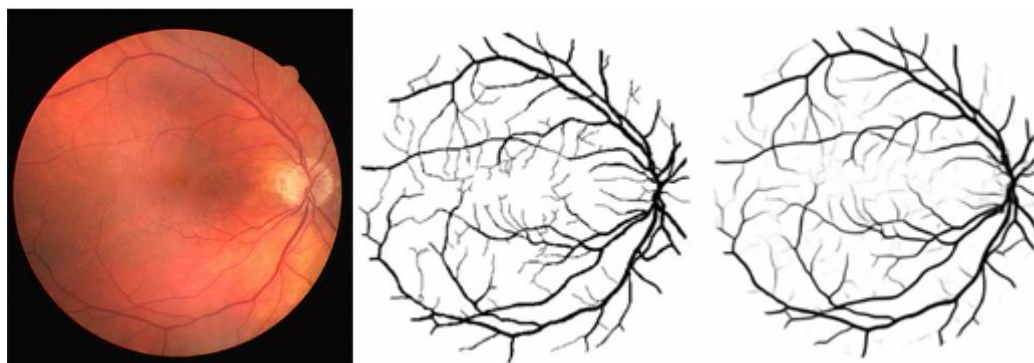


Рис. 2. Результат сегментации

Для оценки качества сегментации по двум классам используются метрики бинарного классификатора:

Чувствительность: $SN = TPR$

Специфичность: $SP = 1 - FPR$

Точность: $ACC = \frac{TP + TN}{FOV}$

TPR (True Positive Rate) – доля верных положительных классификаций. Здесь это – количество верно распознанных пикселей сосудов (TP) по отношению к их общему количеству.

FPR (False Positive Rate) – количество неверно распознанных пикселей сосудов (TN) по отношению к количеству пикселей, где нет сосудов.

FOV – общее количество пикселей внутри окружности глаза.

Среднее значения для 20 тестовых изображений:

SN	SP	ACC
0.8173	0.9733	0.9767

Результат показал, что сверточные нейронные сети могут быть успешно применены для задач сегментации, показывая высокий результат, сравнимый с человеком-экспертом. Плюсом является также возможность (в отличие от простой сегментации) определения классов у различных сегментов. Подобные результаты достижимы и в других областях машинного зрения благодаря гибкости сверточных нейронных сетей. Применение их ограничено только наличием достаточно большого набора изображений и временем обучения.

Литература

1. Y. LeCun, Y. Bengio, Convolutional networks for images, speech, and time series, the Handbook of Brain Theory and Neural Networks 3361 (1995).
2. Cosmin Cernazanu-Glavan, Stefan Holban. Segmentation of bone structure in X-ray images using convolutional neural network. Advances in Electrical and Computer Engineering, vol 1, 2013, pp 87-94.



3. Dan Ciresan, Alessandro Giusti, Luca M. Gambardella and Jürgen Schmidhuber. Deep Neural Networks Segment Neuronal Membranes in Electron Microscopy Images. Advances in Neural Information Processing Systems, vol 25, 2013, pp 2852-2860.

4. Fawcett, Tom (2006). "An Introduction to ROC Analysis". Pattern Recognition Letters 27 (8): 861–874

М.А. Петровский

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ СЕРДЦА

(Пензенский государственный университет)

Во всем мире идут поиски технологий эффективной диагностики заболеваний сердечнососудистой системы, которые приводят к высоким социальным потерям и являются одной из наиболее распространенных причин заболеваемости, нетрудоспособности, инвалидности и смертности населения. Прогресс в диагностике этих заболеваний может быть достигнут за счет применения информационно-коммуникационных технологий. Повсеместное распространение мобильной связи дает принципиальную возможность создания нового поколения систем медицинского мониторинга. Структура современных смартфонов уже имеет большинство узлов, необходимых для создания беспроводных медицинских мониторинговых систем, их вычислительная мощность избыточна и вполне достаточна для реализации новых медицинских функций.

Для решения этих задач на кафедре «Информационно-измерительная техника и метрология» Пензенского государственного университета разрабатывается беспроводная система электрокардиомониторинга. Ее состав входит персональный миниатюрный ЭКГ-датчик и смартфон. ЭКГ-датчик осуществляет регистрацию электрокардиосигнала (ЭКС) и передачу его по радиоканалу на смартфон. Интернет-сервер выполняет функцию базы данных и веб-интерфейса. Пациент и врач, используя специализированные программы или стандартный браузер, могут подключиться к системе, оформленной в виде веб-сайта, который позволяет пользователям обмениваться информацией, необходимой для анализа ЭКС[1].

Серьезной проблемой является интеграция всех технических средств регистрации, предварительной обработки и передачи измерительной информации в ЭКГ-датчике. Электроды, аналоговые усилители, фильтры, АЦП, микроконтроллер, оперативная и флэш-память, источник питания, приемопередатчик и антенна должны находиться на теле пациента. Чтобы беспроводной датчик не стал слишком громоздким все его компоненты должны быть миниатюрны и иметь низкое энергопотребление, а интеграция компонентов в датчик должна быть выполнена на высоком техническом уровне. Только в этом случае беспро-



водной датчик будет удобен для пациента, что будет его главным преимуществом перед классическими проводными системами мониторинга.

Виртуальная информационная среда и распределенная обработка информации изменили парадигму функционирования систем кардиомониторинга. Преимуществами применения виртуальной обработки информации в разрабатываемой системе являются: возможность использования ресурсов всех компьютеров; гибкость и наращиваемость структуры; повышение быстродействия и улучшение доступа к информации.

Так как беспроводная система обеспечивает регистрацию и анализ ЭКС в условиях свободной двигательной активности пациентов, особую актуальность приобретает разработка способов и алгоритмов подавления помех, направленных на сохранение их первоначальной формы. В рамках создания системы были разработаны специальные адаптивные алгоритмы подавления помех в ЭКС на основе нелинейных процедур.

Для улучшения энергоэффективности и времени автономной работы ЭКГ-датчика были разработаны и применены методы для интеллектуальной самодиагностики и выбора наилучших параметров настройки, таких как: коэффициент усиления, режим работы детектора обрыва электродов, частота дискретизации и разрешающая способность.

Отличительной особенностью системы является способность распознавать на раннем уровне опасные для жизни состояния сердца, включая такой случай, как травматический шок. Это достигается применением косвенной оценки основных параметров гемодинамики по данным ЭКГ. Кроме того, предусмотрено расширение возможностей диагностики и повышение точности за счет применения дополнительных датчиков, таких как монитор артериального давления или регистратор реограммы.

Разработанная система обеспечивает дистанционный мониторинг ЭКС и выявление опасных и жизнеугрожающих состояний сердца в режиме реального времени и в условиях свободной двигательной активности. Система позволит повысить доступность и качество медицинской помощи для широких слоев населения, снизить стоимость медицинского обслуживания при повышении его эффективности.

Литература

1. Петровский, М. А. Беспроводная система электрокардиомониторинга как альтернатива холтеровским мониторам [Текст]: материалы 14-го конгресса Российского общества холтеровского мониторирования и неинвазивной электрофизиологии (РОХМиНЭ), 6-го Всероссийского Конгресса "Клиническая электрокардиология"/ Л.Ю. Кривоногов, А. Г. Иванчуков, Е. А. Бальзанникова; г. Иркутск -М: 000 Печатный дом "КАСКОН", 2013,—104с.



А.С. Преображенский, Н.Ю. Ильясова

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСУДИСТОЙ ПАТАЛОГИИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

Стремительное развитие вычислительной техники достигло очень высокого уровня, в результате чего, компьютерные системы почти перестали выполнять функции обработки информации. На сегодняшний день, одним из основных требований к программным системам является интеллектуальность, что подразумевает самостоятельность в принятии решений, способность обучаться и развиваться после внедрения. Одной из областей в медицине, в которой применяется диагностика по изображениям, является офтальмология. Существует подход диагностики различных заболеваний по состоянию сосудистой системы глазного дна на основе измерения различных параметров сосудов. Примерами таких заболеваний являются: сахарный диабет, гипертоническая болезнь, атрофия зрительного нерва, перифлебит сетчатки. На рисунке 1 приведены примеры изображений глазного дна при наличии патологий.

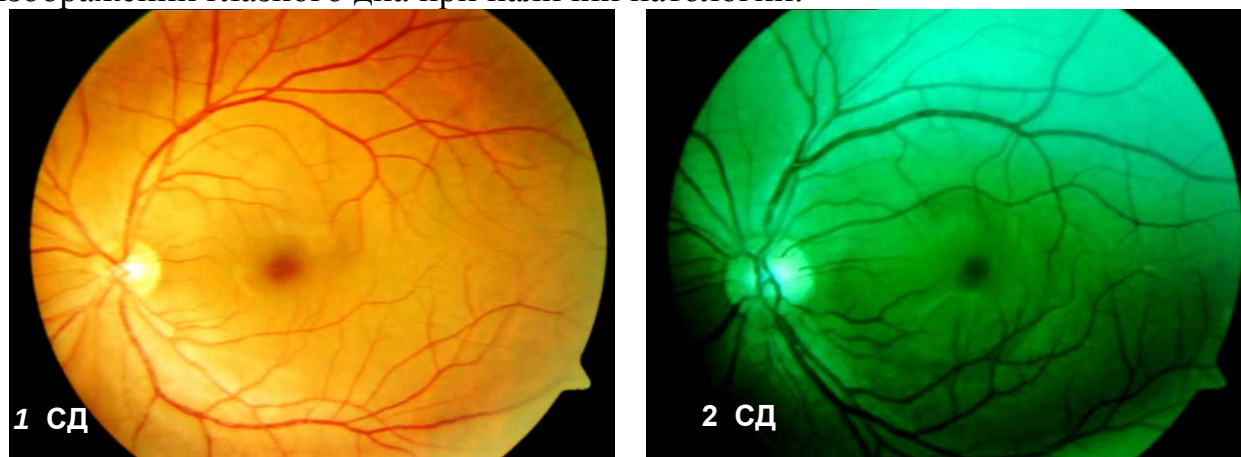


Рис. 1. Примеры диагностических изображений глазного дна

Целью работы является исследование эффективности признаков на основе дискриминантного анализа.

В работе рассматриваются геометрические признаки, предложенные в работах [1-3]. Такими признаками являются:

1. Средний диаметр ветви;
2. Прямолинейность. Характеризует отклонение трассы от прямолинейного направления;
3. Чёткообразность. Характеризует неравномерность толщины объекта;
4. Амплитуда колебаний толщины. Характеризует отклонение продольных границ объекта от прямой линии;



5. Частота колебаний толщины. Характеризует изменение направления продольных границ объекта на единицу его длины;
6. Извилистость толщины. Характеризует скорость изменения функции толщины вдоль трассы;
7. Частота колебаний трассы. Характеризует число изменений направления трассы на единицу длины трассы;
8. Амплитуда колебаний трассы. Характеризует степень отклонения хода трассы от прямолинейного;
9. Извилистость трассы. Характеризует скорость изменения функции трассы на выделенном участке.

При анализе признаков основной задачей является определение некоторого критерия, отображающий эффективность данного признака при возможности формировании нового [4]. Дискриминантный анализ является разделом многомерного статистического анализа, позволяющий изучать различия между двумя и более группами - объектов по нескольким переменным одновременно.

Основной целью дискриминации является нахождение такой линейной комбинации признаков, которая бы оптимально разделила рассматриваемые классы. Линейная функция

$$d_{km} = \beta_0 + \beta_1 x_{1m} + \dots + \beta_p x_{pkm}, \quad m = \overline{1, n}, k = \overline{1, g}$$

называется *канонической дискриминантной функцией* с неизвестными коэффициентами. Здесь - значение дискриминантной функции для -го объекта в -ом классе. С геометрической точки зрения данная функция описывает гиперплоскость в -мерном пространстве признаков. Нахождение наилучшей дискриминантной функции сводится к подбору коэффициентов дискриминантной функции из условия максимизации отношения межгрупповой матрицы рассеяния к внутригрупповой матрице рассеяния при условии ортогональности дискриминантных плоскостей [5].

Критерии разделимости и формируются с использованием матриц рассеяния:

$$J_1 = \text{tr}((W + B)^{-1}B); J_2 = \ln|W^{-1}(W$$

Экспериментальные исследования. Был проведён ряд исследований на основе цифрового анализа изображений глазного дна, предназначенного для изучения особенностей формирования сосудистых нарушений при диабетической ретинопатии (ДР) 151 пациента с сахарным диабетом (СД).

Объём выборки составил 8180 измерений, включающий 4 класса сосудов, диагностируемые офтальмологами отдельно: артериолы первого порядка, артериолы второго порядка, венулы первого порядка, венулы второго порядка. Врачи рассматривают венулы и артерии отдельно, так как в этих классах наблюдаются различные тенденции изменения сосудов при различных стадиях патологии.



Для формирования новых признаков был произведён полный перебор всех возможных комбинаций старых.

Результаты, полученные в серии проведенных экспериментов, показали, что при формировании новых признаков всегда происходило улучшение общего критерия разделимости (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты дискриминантного анализа признаков пространства

		I_1	I_2	Повышение критерия разделимости
Артериолы 1 порядка	до	0,8896	1,2689	39%
	после	1,2386	1,8568	
Артериолы 2 порядка	до	0,9622	1,4236	42%
	после	1,3682	1,8956	
Венулы 1 порядка	до	1,1256	1,5362	24%
	после	1,4023	1,8892	
Венулы 2 порядка	до	1,1058	1,6387	18%
	после	1,3066	2,0325	

В ряде случаев при исследовании изображений сосудов улучшение составляло более 20%. Также была получена дополнительная информация по используемым признакам, такая как их информативность для проведения классификации, выделены связи между некоторыми признаками. Экспериментальные исследования показали возможность использования примененного подхода для анализа признаков по критерию разделимости и формирования новых признаков, которые повышают данный критерий.

Литература

1. Ильясова Н.Ю., Куприянов А.В., Храмов А.Г. Информационные технологии анализа изображений в задачах медицинской диагностики. – М.: Радио и связь, 2012. – 424 с.
2. Ильясова, Н.Ю. Информационные технологии анализа изображений в задачах медицинской диагностики / Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, А.Г. Храмов. – М.: Радио и связь, 2012. – 424 с.
3. Ильясова, Н.Ю. Оценивание геометрических признаков пространственной структуры кровеносных сосудов // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 3. – С. 529- 538
4. Ilyasova, N. Computer Systems for Geometrical Analysis of Blood Vessels Diagnostic Images // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). – 2014. – Vol.23, Issue 4. – P. 278-286.
5. Фукунага, К. Введение в статистическую теорию распознавания образов / К. Фукунага. – М.: Наука, 1979. – 270 с.



А.Ю. Тычков, П.П. Чураков, А.К. Алимурдов

КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ МЕТОДЫ АДАПТИВНОЙ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ОРГАНИЗМА

(Пензенский государственный университет)

Разработка новых методов обработки и анализа медицинских сигналов, ориентированных на совершенствование и создание новых технических средств функциональной диагностики организма, очень важно в современной медицинской промышленности. Это обусловлено целым рядом причин, включающим в себя: необходимость обработки специальных видов интенсивно используемых в настоящее время медицинских сигналов в новых диагностических приборах; резко возросшие возможности автоматического совместного анализа медицинских данных, полученных с различных приборов (например, кардиографа и энцефалографа); необходимость создания персональных приборов и устройств медицинского назначения для комплексной оценки состояния здоровья пациента и др. Разработка новых методов и алгоритмов обработки медицинских сигналов позволит создать новые технические средства для массовой функциональной диагностики организма с минимальным участием врачей, сокращая время анализа медицинских сигналов, прогнозируя состояние здоровья на определенном промежутке времени и обеспечивая положительный эффект оздоровления населения.

Современная наука рассматривает процесс оздоровления населения как сохранение и развитие физиологических, биологических и психических функций человека. В России в настоящее время сложилась крайне тревожная ситуация: ежегодно умирают свыше двух миллионов человек, из которых 600 тысяч – трудоспособные люди до 60 лет. В структуре заболеваемости и смертности населения прогрессируют социально-значимые заболевания человека, в которых доминирующими являются сердечно-сосудистые и нервно-психические.

Ежедневно, на каждого человека оказывает воздействие целая сумма факторов, имеющих стрессовый характер, что приводит к появлению нервно-психических заболеваний, которые являются главным проводником к развитию кардиальных болезней. [5—8]. В свою очередь, среди больных с сердечнососудистыми заболеваниями частота сопутствующей депрессии составляет 22–33% [1—4]. Поэтому целесообразно исследовать связь сердечнососудистой системы с центральной нервной на ранних стадиях проявления отклонений. Это позволит предупредить и спрогнозировать заболевание, эффективней назначить лечение и сформировать индивидуальные рекомендации о здоровом образе жизни.

Концепция разработки направлена на создание новых оригинальных методов обработки медицинских сигналов для решения задач предварительной



обработки, обнаружения и распознавания информативных участков и параметров сигналов. Сформулированную задачу предполагается рассматривать через призму теории сигналов и систем, основанную на синтезе идей частотно-временных методов и методов адаптивной декомпозиции энергетических составляющих спектра сигнала.

При практической реализации технических средств функциональной диагностики организма предполагается создание уникальных баз данных медицинских сигналов, программ и виртуальных приборов регистрации и обработки медицинских сигналов, аппаратно-программных комплексов регистрации важнейших показателей здоровья. Разработанные методы и технические средства будут адаптированы для обработки кардиографических сигналов и сигналов пульсовой волны, энцефалографических и речевых сигналов, флюорографических изображений.

Для реализации эффективных методов и средства обработки медицинских сигналов и устройств функциональной диагностики, необходимо:

а) обобщить накопленный автором (начиная с 2006 г.) уникальный опыт оценки известных методов и алгоритмов предобработки медицинских сигналов (на примере кардиографических – с 2006 г., флюорографических – с 2009 г. и речевых – с 2013 г.), который показал значительную степень расхождения получаемых результатов в зависимости от выбираемого метода обработки, информативности исходных данных, наличия или отсутствия помех различного вида и патологических отклонений в работе сердечно-сосудистой системы;

б) создать уникальные верифицированные базы медицинских сигналов, зарегистрированные со специально отобранной группы здоровых пациентов и пациентов с патологическими отклонениями в работе сердечно-сосудистой, вегетативно-нервной и дыхательной систем, позволяющих объективно оценить эффективность использования и внедрения предлагаемых методов адаптивной обработки медицинских сигналов; создание базы сигналов реализуется при непосредственном участии ГБУЗ «Пензенская областная клиническая больница им. Н.Н. Бурденко», ГБУЗ ОПБ им. К.Р. Евграфова и Медицинского института ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет»;

в) разработать эффективный метод адаптивной обработки медицинских сигналов, реализованный на основе нового методологического подхода - адаптивной декомпозиции энергетических и частотно-временных составляющих медицинских сигналов и предназначенный для синтеза алгоритмов адаптивной обработки кардиографических сигналов и сигналов пульсовой волны, энцефалографических и речевых сигналов, флюорографических изображений;

г) применить разработанные теоретические основы обработки медицинских сигналов к анализируемым кардиографическим сигналам и сигналам пульсовой волны, энцефалографическим и речевым сигналам, флюорографическим изображениям при разработке технических средств функциональной диагностики организма, повышая оперативность и достоверность регистрации важнейших показателей здоровья в условиях продолжительного обследования при свободной двигательной активности пациента.



СОДЕРЖАНИЕ

Автоматизированные информационные системы

Борисова Е.А. АРМ обеспечения деятельности диссертационных советов университета	3
Бугаков А.И. Еленев Д.В. Создание мобильного приложения для портала СГАУ	4
Еленев Д.В. Линник А.О. Система личных кабинетов научно-педагогических работников	6
Дерябкин В.П. Козлов В.В. Кулакова Н.О. Об автоматизации сбора рабочих программ	10
Диязитдинова А.Р. Кольцова В.А. Организация мониторинга проектных работ для системного интегратора	14
Чигарина Е.И. Наширванов Д.М. Автоматизированная система управления проектами	19
Никашина И.В. Филатов А.Н. Комаров В.А. Автоматизированное управление конструкторскими данными в едином информационном пространстве предприятия	21
Попов К.С. Ляшева С.А. Информационная система учета рабочего времени	29
Соколова М.С. Автоматизированный комплекс с оценкой альтернатив по критериям лпр для обоснования выбора (на примере приема на работу)	32
Сорокин С.В. Строганов М.П. Щербаков М.А. Рейтинговая оценка научно-инновационной деятельности университета	34
Уваров Е.А. Козлов В.В. Информационная система оптимального управления структурой научной деятельности студентов в семестре	36
Хвостов А.И. Трешников А.А. Зеленко Л.С. Разработка подсистемы формирования и документирования водно-энергетических показателей ГЭС	38

Автоматизированные системы научных исследований

Акимова А.Е. Трешников А.А. Зеленко Л.С. Разработка подсистемы отображения состояния оборудования ГЭС	41
Вилоп Л.Э. Уменьшение предельного значения погрешности средства измерения	44
Волков И.И. Золин А.Г. Регуляризационный подход при решении задач восстановления смазанных изображений с линейным смазом	46
Грудинин С.Н. Фроловский В.Д. Исследование информативности характеристик формы и определение метрик в задаче построения виртуальной измерительной системы компьютерных манекенов	50
Заико А.И. Нагаев О.Н. Измерение плотности вероятности эргодического случайного процесса	54



Заякин О.А. Трехмерная модель поверхности, контролируемой экспериментальным лазерным кругломером	60
Зиновьев И.Д. Обнаружение критических ситуаций в работе компьютерной системы по данным мониторинга на основе многомерного статистического анализа	64
Камальдинова З.Ф. Сырчикова К.В. Компетентностный анализ выпускных квалификационных работ по направлению «Информационные системы»	68
Климентьев К.Е. Чугунов В.В. Программный комплекс для моделирования физических процессов в реальном времени	72
Кравцова Н.С. Парингер Р.А. Куприянов А.В. Разработка методов классификации изображений дендритных кристаллограмм на основе оценивания факторов формы пространственного спектра	74
Лёзин И.А. Авдиенко А.О. Решение задачи классификации и многокритериального поиска при импорте больших массивов данных	78
Лёзин И.А. Кирьяков С.А. Использование алгоритма имитации отжига при обучении сети ТСК	80
Лёзин И.А. Болотов М.А. Вычисление закона распределения угла между центрами двух отверстий	82
Лёзина И.В. Дубинин Б.Н. Автоматизированная система генерации капчи	84
Лёзина И.В. Мазаев А.В. Распознавание печатных символов нейронной сетью Хемминга	85
Лёзина И.В. Новиков А.О. Колоризация изображений с помощью нейронных сетей	88
Ляшева С.А. Автоматизированная система исследования параметров быстропротекающих процессов	91
Мелентьев В.С. Иванов Ю.М. Муратова В.В. Исследование метода оперативного измерения параметров сигналов для автоматизированных систем научных исследований	94
Митюков В.В. Автоматизация вычислений в задачах аппроксимации	98
Мясникова Н.В. Берестень М.П. Разложение на эмпирические моды на основе дифференцирования и интегрирования	101
Печенин В.А. Рузанов Н.В. Болотов М.А. Метод повышения точности работы алгоритма наилучшего совмещения измеренных и эталонных поверхностей	105
Прохоров С.А. Столбова А.А. Паттерны проектирования при создании комплекса программ для проведения вейвлет-анализа	109
Ризаев И.С. Шарнин Л.М. Яхина З.Т. Выделение объектов на основе Байесовской классификации	112
Сердобинцева Д.А. Расчет спектральных фильтров на основе массивов фотонно-кристаллических резонаторов	115
Смирнов А.А. Классификация текстурных изображений с использованием нейронных сетей	118



Соловьева Я.В. Борисова О.В. Автоматизированная система управления многопользовательскими реляционными базами данных	122
Хрисанов Н.Н. Определение параметров многоэлементных двухполюсных цепей при синусоидальном воздействии	126
Цаплин С.В. Болычев С.А. Мишагин Б.С. Шеманаев Д.В. Информационно-измерительная система исследования охлаждающей способности закалочных сред	129
Цыганов А.А. Grgри оптимизация вычислений метрики схожести кадров трехмерного векторного видео	133
Цыганова Ю.В. Алгоритмическое вычисление производных в матричных ортогональных преобразованиях	137

Интеллектуальные информационные системы

Акинин М.В. Акинина Н.В. Соколова А.В. Понижение размерности пространства текстурных признаков в задачах распознавания образов	141
Беляев М.А. Ярыгин О.Н. Преодоление проблемы выхода за пределы шкалы предпочтений в методе парных сравнений	144
Бикмуллина И.И. Интеллектуальная информационная система синтеза диаграмм классов UML на основе семантических моделей	148
Бураков М.В. Конструирование нечеткого регулятора ПИД-типа	152
Гришин А.С. Решение задачи коммивояжёра методом окрестностей	156
Иванова Г.А. Воробьев А.В. Шакирова Г.Р. Геоинформационная система поддержки принятия решений для инклинометрических систем	158
Козлов Д.В. Алексеев М.Н. Сурнин О.Л. Федотов С.В. Андреев М.В. Ситников П.В. Ситников К.В. Некоторые аспекты реализации комплексной услуги на портале рпгу: предпосылки, разработка, развитие	163
Козырев А.В. Информационная система управления проектами	169
Колесникова Т.В. Штейнберг А.М. Интерактивная информационная система поддержки принятия многокритериальных решений	171
Кузенная А.М. Распознавание рукописных цифр при помощи многослойного персептрона	173
Кузьмин В.В. Косов Д.С. Новиков А.Л. Иващенко А.В. Построение планов обслуживания оборудования промышленных предприятий на основе диагностики отказов в реальном времени	176
Маркелов Д.Е. Лёзин И.А. Генерация баз знаний технологических характеристик оборудования	180
Марухнова О.А. Сурнин О.Л. Ситников П.В. Андреев М.В. Использование интеллектуальных информационных систем при предоставлении услуг населению. База знаний законодательства самарской области.	183
Оплачко С.А. Гошин Е.В. Исследование алгоритмов оценки фундаментальной матрицы в задаче сопоставления изображений	187
Орлов С.П. Интеллектуальная система поддержки принятия решений при реконструкции крупных производственных систем	191



Пейсахович Д.Г. Иващенко А.В. Адаптация метода интерактивной диспетчеризации с учётом совместимости заказов и исполнителей для транспортных операторов 5PL.....	194
Разлацкий С.А. Якимов П.Ю. Исследование методов распознавания объектов в трехмерной сцене	197
Саттарова К.Т. Мультиагентный подход к организации работы производственного подразделения.....	201
Симонова Е.В. Новиков Д.А. Проценко Д.А. Разработка интеллектуального корпоративного интернет-портала управления проектами «Smart project» министерства экономического развития, инноваций и торговли Самарской губернии.....	206
Солдатова О.П. Иваев Д.З. Решение задачи классификации при помощи многослойного персептрона.....	209
Солдатова О.П. Панкратова Д.А. Литвинов В.Г. Анализ результатов прогнозирования котировок акций с использованием корреляционной зависимости обучающих выборок	214
Солдатова О.П. Чайка П.Д. Использование нечеткой гибридной сети Кохонена для решения задачи классификации.....	218
Солдатова О.П. Шепелев Ю.М. Сжатие визуальных данных с использованием многослойного персептрона	221
Степанов А.А. Хаймович А.И. Разработка системы автоматизированного проектирования протяжек для производства деталей газотурбинных двигателей	225
Сурнин О.Л. Ситников П.В. Ситников К.В. Интеллектуальная система управления электронными архивами больших массивов данных как составляющий элемент инжиниринговых центров электронных архивов в инновационной экономике региона	227
Цициашвили Г.Ш. Осипова М.А. "Раскрашивание" карты по конечному набору точек разных цветов с помощью нечетких прямоугольников.....	231
Чуманкин Ю.Е. Овчинников П.Е. Выбор признаков при распознавании символов в формулах	237
Шаталин Р.А. Овчинников П.Е. Алгоритм обнаружения нештатных ситуаций в задачах видеонаблюдения на основе метода главных компонент	240
Шлеймович М.П. Медведев М.В. Контроль литья изделий из пластмассы на основе машинного зрения.....	244

Информационная безопасность

Алейнов Ю.В. Защита локальных информационных сетей от атак направленного типа путем имитации сетевых ресурсов.....	249
Бурлаков М.Е. О некоторых моделях оптимизации искусственной нейронной сети генетическими алгоритмами	255
Зиангирова Л.Ф. Саттаров Т.И. Стеганоаналитические методы для пересылаемых контейнеров	261



Кириллов Д.В. Некоторые аспекты автоматизации управления контролем доступа на основе ролей.....	263
Климентьев К.Е. Генерация случайных графов с требуемыми свойствами....	267
Козачок А.В. Туан Л.М. Обоснование возможности применения неразличимой обфускации для защиты исполняемых файлов.....	269
Линьков А.В. Гордеева М.Е. Анализ проблемы анонимности в интернете: пользователь, государство, злоумышленник.....	272
Новиков С.Я. Восстановление нормы сигнала по нормам проекций.....	279
Новиков С.Я. Федина М.Е. Полные системы в задачах восстановления сигнала.....	280
Осипов М.Н. Шарафутдинов Н.А. Щеглов Ю.Д. Фалилеев И.Н. Федина М.Е. Автоматизированный комплекс определения форм и частотных характеристик собственных колебаний.....	284
Полежаев П.Н. Адрова Л.С. Разработка архитектуры системы защиты информации в корпоративных программно-конфигурируемых сетях.....	289
Рыбаков Д.А. Защита документов по принципу “запрещено всё, что не разрешено”.....	293
Цветов В.П. Об одном синтаксическом алгоритме на графах.....	296
Цветов В.П. Леонович Г.И. Новиков С.Я. Осипов М.Н. Клепнев Д.Э. Савинов Е.А. Об одной модели динамического управления потоком данных в радиоканале.....	299
Цибуля А.Н. Хо М.Н. Моделирование мандатной политики целостности информации с использованием аппарата раскрашенных сетей Петри.....	303
Шиверов П.К. Источники доверия в контексте стойкости протоколов аутентификации.....	305
А.М. Шуваева А.В. Яковлев Формальное описание системы обнаружения троянских программ на основе сети Петри.....	309
Щетинин Н.В. Изучение пользовательской аудитории для задач сетевой безопасности.....	313

Информационные технологии в медицине

Afanasova A.I. Petrova E.S. Computing environment for human body temperature data analysis.....	316
Андреев М.В. Мартышкин Д.М. Ситников П.В. Практика создания экспертной системы на основе баз знаний для прогноза и коррекции риска развития заболеваний, вызванных метаболическими нарушениями.....	320
Андреев М.В. Мартышкин Д.М. Ситников П.В. Применение технологий семантических баз знаний в популяционном скрининге онкологических заболеваний.....	324
Жарова А.С. Портативный ультразвуковой прибор для определения ЧСС плода.....	329
Колсанов А.В. Назарян А.К. Черепанов А.С. Иващенко А.В. Средства разработки программного обеспечения хирургических тренажеров для симуляционного обучения.....	331



Кузьмин А.В. Архитектура системы моделирования и визуализации работы сердца	334
Кумакшев А.В. Зеленко Л.С. Кругомов А.В. Пищулина О.В. Разработка настольной и мобильной версий медицинского калькулятора для прогнозирования периоперационных рисков.....	337
Костюнин А.В. Куприянов И.В. Ревунов М.С. Проектирование автоматической системы определения параметров оптической коррекции зрения на основе спекловой интерферометрии	341
Нагаев К.П. Применение свёрточных нейронных сетей для сегментации биомедицинских диагностических изображений	344
Петровский М.А. Ителлектуальная система мониторинга и контроля состояния сердца	348
Преображенский А.С. Ильясова Н.Ю. Исследование эффективности признаков для диагностики сосудистой патологии	350
Тычков А.Ю. Чураков П.П. Алимурдов А.К. Концепция разработки новых методы адаптивной обработки медицинских сигналов и совершенствования технических средства функциональной диагностики организма.....	353



Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015), Том 1:
труды Международной научно-технической конференции

Advanced Information Technologies and Scientific Computing
(PIT 2015), Volume 1: Proceedings of the International Scientific Conference

Редакционная коллегия

Прохоров С.А. – главный редактор;
Иващенко А.В. – технический редактор;
Востокин С.В., Дерябкин В.П., Еленев Д.В., Заболотнов Ю.М.,
Куликовских И.М., Михеева Т.И., Нестеров А.Ю.,
Новиков С.Я., Солдатова О.П.

Подписано в печать 07.04.2015
Формат 60x84 1/8 Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 22,5
Тираж 500 экз.
Отпечатано в типографии Инсома-пресс
Самара, ул. Санфировой, 110а
Заказ 56