Министерство образования и науки Российской Федерации
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР)

ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

IX Международная научно-практическая конференция

30–31 октября 2013 г.

Материалы докладов

В двух частях
Часть 2

В-Спектр
Томск – 2013

УДК 621.37/39 + 681.3
ББК (Ж/О) 32.84.85.965
Э 45

Э 45 **Электронные средства и системы управления**: Материалы докладов IX Международной научно-практической конференции (30–31 октября 2013 г.): В 2 ч. – Ч. 2. – Томск: В-Спектр, 2013. – 186 с.
ISBN 978-5-91191-301-4
ISBN 978-5-91191-303-8 (Ч. 2)

Книга содержит материалы докладов, представленных на IX Международной научно-практической конференции «Электронные средства и системы управления» (Томск, 30–31 октября 2013 г.). Представлены доклады по следующим направлениям: радиотехнические и телекоммуникационные системы; наноэлектроника СВЧ; нанотехнологии в электронике; антенны и микроволновые устройства СВЧ; нелинейная оптика; интеллектуальная силовая электроника и преобразовательная техника; плазменная электроника; биомедицинская электроника; автоматизация и оптимизация систем управления и обработка информации; интеллектуальные системы проектирования, автоматизация проектирования электронных устройств и систем; информационная безопасность; информационные технологии в управлении и принятии решений; информационные технологии в обучении; инновации в сфере электроники и управления; оптоэлектроника и фотоника; видеоинформационные технологии и цифровое телевидение. Также представлены доклады участников Программы фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере «У.М.Н.И.К.».

Для студентов, преподавателей и специалистов, интересующихся проблемами систем управления.

УДК 621.37/39 + 681.3
ББК (Ж/О) 32.84.85.965

Ответственный редактор – **Н.Д. Малютин**, д.т.н., профессор

Часть статей секций 1–17 направлены для публикации в журнале «Доклады ТУСУРа»

ISBN 978-5-91191-301-4
ISBN 978-5-91191-303-8 (Ч. 2)

© ТУСУР, 2013
© Коллектив авторов, 2013

Секция 12

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Председатель секции – **Шелупанов А.А.**, д.т.н., профессор, зав. каф. КИБЭВС, проректор по научной работе*

УДК 004.82

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРИГИНАЛЬНОГО ЯЗЫКА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ

А.В. Ахаев, И.А. Ходашинский

Gредложен язык представления знаний продукционного типа для генерации рекомендаций на основе онтологии. Описывается синтаксис предлагаемого языка представления знаний, рассматривается процесс формирования правил на основе онтологии, приводятся примеры разработанных правил.

Ключевые слова: экспертные системы, база знаний, язык представления знаний, онтология.

Представление знаний в виде правил (продукций) является наиболее понятным и популярным способом формального представления знаний в экспертных системах (ЭС). Правила подходят в тех случаях, когда предметные знания возникают из эмпирических ассоциаций, накопленных за годы работы по решению задач в заданной предметной области. Ко всем общеизвестным достоинствам продукционной модели представления знаний относится возможность ее реализации не только на основе правил экспертов, но и на основе онтологии. Вопрос интеграции продукционных правил и онтологий в настоящее время является актуальным [1–3]. Онтология предметной области упрощает общение между экспертом и инженером знаний при проектировании базы знаний. На основе онтологии формируется набор правил вида: ЕСЛИ <антецедент>? ТО <консеквент>, где антецедент является описанием данных, а консеквент – одно или более действий, которые должны быть выполнены, если антецеденты соответствуют содержимому базы фактов.

Целью работы является упрощение разработки, эксплуатации и интеграции экспертных систем с различными информационными системами за счет формирования базы знаний ЭС на основе онтологии с использованием оригинального языка представления знаний 1С.

Описание языка представления знаний 1С. Продукционные правила формируются с использованием языка представления знаний 1С, разработанного специально для рассматриваемой предметной области – выбор программных продуктов (ПП) системы «1С:Предприятие 8» [4]. Язык разрешает программисту использовать символы и представлять отношения между символами, однако эти символы или отношения не имеют заранее определенных значений.

Рассматриваемый язык правил в форме Бэкуса – Наура представлен следующим образом [5]:

<правило> ::= **ЕСЛИ** <антецедент> **ТОГДА** <консеквент> **КОНЕЦ ЕСЛИ;**

<антецедент> ::= (**И** {<условие>}$^{+}$) | (**ИЛИ** {<условие>}$^{+}$)

<консеквент> ::= **И** {<действие>}$^{+}$

<условие> ::= (<переменная> <знак> <значение>)

<действие> ::= <переменная > = <значение>**;** | <переменная > = ф<имя_функции>(<значение>);

Под *условием* понимается некоторое предложение, по которому осуществляется поиск в базе знаний, а под *действием* – действия, выполняемые при успешном исходе поиска (или промежуточные, выступающих далее как условия, или целевые, завершающие работу системы). *Значениями* в консеквенте являются числа, символы (выделяются кавычками «, «) или переменные. *Знак* – это один из знаков сравнения: «больше» (<), «меньше» (>), «равно» (=) или «неравно» (<>).

Управление осуществляется циклом, в котором ищутся правила с удовлетворяющимися антецедентами, из них выбирается одно правило, затем выполняются действия.

Простейшее правило состоит из одного условия в антецеденте и консеквенте:

ЕСЛИ ВидДеятельности = «Жилищно-коммунальное хозяйство» **ТОГДА**

ПодвидДеятельности = «Квартплата»;

КОНЕЦ ЕСЛИ;

что интерпретируется следующим образом: «Подвидом деятельности является квартплата при условии, что вид деятельности – жилищно-коммунальное хозяйство».

Отличительными элементами языка являются встроенные функции (название начинается на букву «*ф»*), которые выполняют назначенное им задание и возвращают значение в переменную. Пример правила с использованием функции:

ЕСЛИ ВидДеятельности = «Жилищно-коммунальное хозяйство» **ТОГДА**

ПодвидДеятельности = *фУточнитьПВД*(«Квартплата», «Субсидии»);

КОНЕЦ ЕСЛИ;

Интерпретация этого правила такова: «Если видом деятельности является жилищно-коммунальное хозяйство, то уточнить у пользователя подвид деятельности, предложив, в качестве вариантов выбора, квартплата и субсидии».

Язык представления знаний 1С имеет следующие достоинства:

1) учитывает специфику предметной области (выбор ПП);
2) является выразительным (интуитивно понятным для человека);
3) легко интерпретируется на языки программирования.

Данный язык разработан с использованием синтаксиса языка программирования «1С» и является его подмножеством.

Построение базы знаний. Предлагается подход к формированию базы знаний на основе онтологии предметной области, представленной на языке описания *OWL* (*RDF*/*XML*).

Анализируя онтологию с точки зрения продукционной модели, необходимо отобрать объекты, отношения и атрибуты. Далее работа ведется уже с этими данными. На основе онтологии создаются продукционные правила, при необходимости они изменяются инженером по знаниям.

Создание правил на основе онтологии состоит из двух этапов:

1) формирование конструкции правила по онтологии предметной области;
2) формирование правила на основе онтологии приложения.

Формирование конструкции правила. Понятия и экземпляры онтологии переносятся в среду ЭС. Они отображаются на переменные и значения языка представления знаний. Вывод, построенный на этапе создания онтологии, отражается в правила ЭС. Выявление конструкций правила из онтологии предметной области формируется по схеме, представленной на рис. 1.

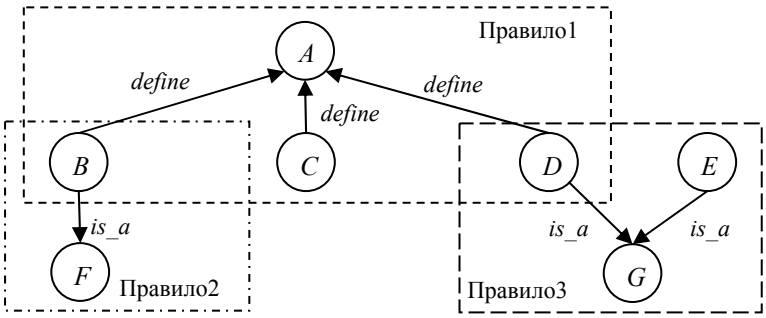


Рис. 1. Схема выявления конструкций правила

В представленной схеме имеется одна цель, расположенная в вершине (*A*) онтологии. Цель соединена связями с тремя понятиями, расположенными на втором уровне. То есть решение определенным образом (Правило1 на рис. 1) зависит от трех фактов. В свою очередь эти факты могут быть связаны с другими понятиями, что также обусловлено определенной зависимостью.

Правила формируются исходя из следующих положений:

1) Если два понятия связаны отношением «класс»–«подкласс» (*is_a*), то понятие «класс» является консеквентом, понятие «подкласс» – антецедентом. Если «класс» состоит из нескольких «подклассов», то понятия «подкласс» в консеквенте являются параметрами функции *фУточнить*.

2) Если два понятия («источник»–«приемник») связаны отношением «определяет» (*define*), то понятие «источник» является антецедентом, понятие «приемник» является консеквентом. Если «источников» несколько, то понятия в антецеденте соединяются оператором **И**.

В таблице представлены простейшие примеры формирования правил.

Примеры формирования правил

Онтологическое представление	Представление на ЯПЗ1С
B define A (*B* определяет *A*), *C define A*, *D define A*	**ЕСЛИ** *B* **И** *C* **И** *D* **ТОГДА** *A* **КОНЕЦ ЕСЛИ;**
B is_a F (*B* является подклассом класса *F*)	**ЕСЛИ** *F* **ТОГДА** *B* **КОНЕЦ ЕСЛИ;**
D is_a G, *E is_a G*	**ЕСЛИ** *G* **ТОГДА** *фУточнить*(*D*, *E*)**;** **КОНЕЦ ЕСЛИ;**

Таким образом, на основании онтологии предметной области строится конструкция правила. Далее, используя онтологию приложения, предлагается формировать реальные правила для базы знаний.

Формирование правил для базы знаний. На рис. 2 и 3 представлены примеры фрагментов онтологии приложения, по которым формируются правила на языке представления знаний.

Фрагмент, выделенный пунктиром, на языке правил выглядит следующим образом:

ЕСЛИ ВидУчета = «ОУиУУ» **ТОГДА**
ПодвидУчета = фУточнить(«ОУиУУ», «Управление проектами»,
«Документооборот», «*CRM*», «УПРЗ»)
КОНЕЦ ЕСЛИ;

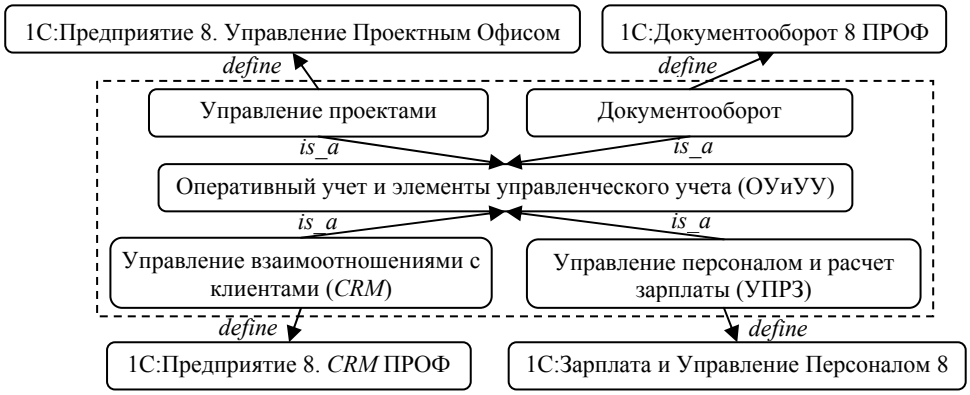


Рис. 2. Фрагмент 1 онтологии приложения

Интерпретация правила на естественном языке: «Если вид учета – оперативный учет с элементами управленческого учета, то необходимо уточнить подвид учета у пользователя, предложив варианты: управление проектами, документооборот, *CRM*, управление персоналом и расчет зарплаты».

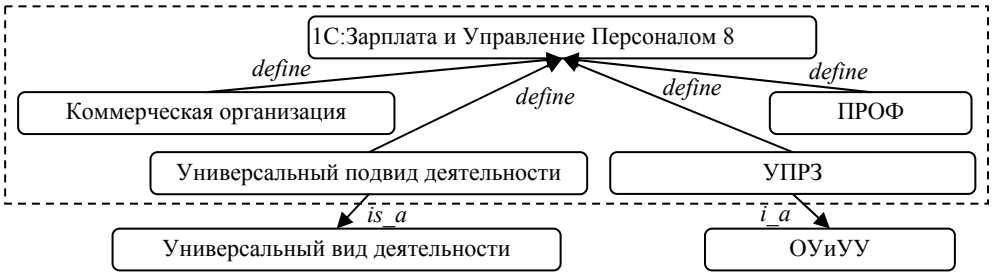


Рис. 3. Фрагмент 2 онтологии приложения

Фрагмент, выделенный пунктиром, на языке правил выглядит следующим образом:

ЕСЛИ ТипПредприятия = «Коммерческая организация»
И ПодвидДеятельности = «Универсальный подвид деятельности»
И ПодвидУчета = «УПРЗ»
И Версия = «ПРОФ» **ТОГДА**
ПрограммныйПродукт = «1С:Зарплата и Управление Персоналом 8»
КОНЕЦ ЕСЛИ;

Интерпретация правила на естественном языке: «Если тип предприятия – коммерческая организация, подвид деятельности – универсальный подвид деятельности, подвид учета – управление персоналом и расчет зарплаты, версия – ПРОФ, то следует рекомендовать программный продукт «1С:Зарплата и Управление Персоналом 8».

Результатом конвертации онтологии являются знания о программных продуктах в виде правил. Сформированные правила сохраняются в базе знаний веб-ориентированной экспертной системы выбора программных продуктов «1С:Предприятие 8» [6]. В процессе выполнения данных правил определяются дополнительные факты, определяется необходимость в уточнении информации, и в итоге принимается решение о том, какая цель является наиболее подходящей.

Заключение. Таким образом, в работе предложен подход к построению базы знаний экспертной системы на основе онтологии и с использованием оригинального языка представления знаний 1С. Добавление онтологии в качестве каркаса (основы) для формирования базы знаний придает ЭС такие преимущества, как:

- улучшение взаимодействия между экспертами и инженерами по знаниям на этапе формирования понятий онтологии;
- углубление знаний о предметной области до уровня понятий и их отношений;
- повышение контроля противоречий в понятиях предметной области;
- использование разработанного языка представления знаний позволит обеспечить взаимодействие *OWL* (*RDF*/*XML*) с другими информационными системами.

Литература

1. Horrocks I. A proposal for an OWL rules language / I. Horrocks, P.F. Patel-Schneider // In Proc. of the 13th international conference on World Wide Web (WWW 2004). 2004. P. 723–731.
2. Trausan-Matu. Framework for an Ontology-Based Information System for Competence Management / Trausan-Matu, A. Stefan // Economy Informatics. 2008. №1–4. 105 p.
3. Гладун А.Я. Онтологии в корпоративных системах. Ч. I / А.Я. Гладун, Ю.В. Рогушина // Корпоративные системы. 2006. № 1. С. 41–47.
4. Адуева Т.В. Продукционная система выбора программных продуктов системы «1С:Предприятие 8» / Т.В. Адуева, А.В. Ахаев, И.А. Ходашинский // Бизнес-информатика. 2012. №1. С. 55–61.
5. Ахаев А.В. Язык описания базы знаний продукционной системы выбора конфигураций программных продуктов «1С:Предприятие 8» // Молодежь и современные информационные технологии: Сб. тр. IX Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 11–13 мая 2011 г. Томск: СПБ Графикс, 2011. Ч. 1. С. 260–261.
6. Ахаев А.В. Web-ориентированная экспертная система для выбора программных продуктов системы «1С:Предприятие 8» / А.В. Ахаев, И.А. Ходашинский // Вычислительный интеллект (результаты, проблемы, перспективы): материалы 2-й Международной научно-технической конференции, Украина, Черкассы, 14–18 мая 2013 г. Черкассы: Маклаут, 2013. С. 144–145.

УДК 004.056[5+2]

ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ ERP СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ 1С

М.М. Антонов, И.И. Емельянов, А.С. Колтайс, Т.С. Лебедева

Проводятся изучение и анализ безопасности EPR-системы 1С. При обнаружении угроз безопасности в данной системе будут разработаны методы противодействия и устранения выявленных уязвимостей.

Ключевые слова: безопасность, EPR-система, 1С.

Задача – обеспечение информационной безопасности ERP-систем. Поскольку ERP-система в большинстве случаев выступает как главная информационная система компании, она содержит в себе огромный объем информации, необходимой для обеспечения повседневной работы всех подразделений организации. Информация эта содержит, помимо прочего, и целый ряд конфиденциальных

данных, утрата или искажение которых могут обернуться существенными убытками для компании, причем как финансовыми, так и убытками, понесенными вследствие ущерба репутации компании на рынке, потери лояльности контрагентов и прочих неприятных моментов.

Постановка задачи. Прежде чем определиться со средствами обеспечения информационной безопасности ERP-систем, необходимо понять, какие именно компоненты или взаимосвязи должны являться объектами подобной защиты. В целом выделяют три группы объектов:

1. Данные, передаваемые между отдельными компонентами системы.
2. Данные, которые хранятся непосредственно в БД системы.
3. Серверы ERP-систем.

Способы решения. При передаче информации между отдельными элементами ERP-системы может произойти нарушение ее конфиденциальности с помощью перехвата и последующего анализа трафика сети; для предотвращения подобных ситуаций используются средства шифрования передаваемой информации. Также в процессе передачи информации может произойти ее умышленное искажение и нарушение целостности передаваемых данных – во избежание подобных случаев применяются встроенные инструменты защиты от несанкционированного вмешательства в процессы передачи данных.

Несанкционированный доступ к данным в базе данных ERP-систем может осуществляться как непосредственно с консоли управления БД, так и удаленно. Целью его может быть ознакомление с содержимым базы данных или же несанкционированное изменение информации, хранящейся в БД.

Серверы БД оказываются под угрозой в случаях осуществления информационных атак с помощью использования аппаратно-программного оборудования, на основе которого выстроена система.

Основными объектами защиты и списком возможных угроз обусловлены средства защиты безопасности ERP-систем, которые можно подразделить на следующие группы:

1. Средства, обеспечивающие безопасность сетевой инфраструктуры. Основным подобным средством является шифрование трафика, необходимо только определиться с применением криптографических протоколов. Поскольку в современных ERP-системах при построении системы взаимодействия используются веб-стандарты, для защиты трафика внутри системы может применяться протокол HTTPS. ОС в большинстве своем содержат встроенные средства на основе западных криптографических алгоритмов для применения HTTPS, однако с юридической точки зрения необходимо применение российских сертифицированных криптоалгоритмов в соответствии с требованиями ГОСТа. Они не входят в базовый комплект большинства ERP-систем.

2. Средства для защиты БД, которые включают в себя физическое изолирование сервера с БД в отдельном помещении и настройка ОС, которая не дает пользователям прямого доступа к БД, доступ должен осуществляться через сервер приложений.

3. Средства защиты серверов ERP-систем. К ним относятся: система идентификации пользователей, разграничение прав доступа, аутентификация при помощи цифровых сертификатов и т.д.

Все это составляет основу информационной безопасности ERP-систем.

Заключение. В процессе изучения и анализа данной темы могут быть выявлены уязвимости в реализации описанных средств и методов защиты безопасно-

сти ERP-систем. При обнаружении таких уязвимостей будут приложены все силы для их устранения.

Литература

1. Зырянов Ю. Информационная безопасность ERP-систем [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://citforum.ru/gazeta/49/, свободный (дата обращения: 20.09.2013).

2. Телекоммуникационное право [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.telecomlaw.ru/catalog5/informacionnaja-bjezopasnost-erp-sistjem.html#.Ul-LFfnIat4, свободный (дата обращения: 24.09.2013).

УДК 681.325

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ СПОРТИВНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

С.А. Черепанов

Разработана система, позволяющая проводить проверку корректности исходных кодов программ, решающих поставленную задачу. Разработанная система характеризуется высокой производительностью, интерактивным взаимодействием с пользователем, доступностью результатов в реальном времени, совместимостью с форматом олимпиад по программированию ACM.

Ключевые слова: тестирование, исходный код, программа, web-сайт.

Термины. Для начала введем несколько определений.

Задача – любая вычислительная проблема, имеющая четко сформулированное условие, набор входных данных, набор соответствующих им выходных данных, формат входных и выходных данных, алгоритм проверки соответствия входных данных выходным и ограничения.

Решение – исходный код программы, написанный на одном из доступных пользователю языков программирования, получающий по заданным входным данным выходные.

Набор входных данных – набор данных, подающийся в поток стандартного ввода решения.

Набор выходных данных – набор данных, ожидаемых в потоке стандартного вывода решения.

Алгоритм проверки – последовательность действий, позволяющая по заданных входным данным, ожидаемым выходным данным и реальным выходным данным сформировать вердикт.

Ограничения – количество оперативной памяти и процессорного времени, которое может быть использовано решением.

Проблема автоматизированного тестирования программ. Суть проблемы автоматизированного тестирования программ заключается в отсутствии объективных методов оценки корректности решений.

Одним из методов оценки корректности является визуальный анализ программного кода. Анализ производится человеком и потому не может являться объективным. Еще одним методом является тестирование – подача на вход программе небольшого набора тестов и сравнение реальных выходных данных с ожидаемыми

выходными данными. Однако для достижения объективной оценки количество тестов должно быть достаточным для того, чтобы были покрыты все возможные ситуации. Очевидно, ручная проверка одной программы требует огромного количества времени и влечет за собой невозможность контроля ограничений.

Цель. Создание программного метода объективной оценки правильности написанных решений.

Задачи. Разработать программную систему, обладающую следующими характеристиками: высокая производительность, доступность результатов в реальном времени, интерактивное взаимодействие с пользователем, совместимость с правилами олимпиад по программированию ACM.

Инструментарий. Для решения поставленной задачи были использованы современные инструменты (табл. 1).

Таблица 1

Использованные инструменты

Тип	Название
Система контроля версий	Subversion
Технологии виртуализации	VM Ware
Языки программирования	Ruby, Java, Batch
Операционные системы	Ubuntu Linux, Windows XP
Среда разработки	RubyMine IDE
Фреймворк	Ruby On Rails
СУБД	PostgreSQL

Выбор данного инструментария позволяет разработать систему в соответствии со всеми предъявляемыми к ней требованиями. Кроме того, разработанная система обладает гибкой архитектурой, что позволяет вносить изменения по мере необходимости.

Архитектура. Разработанная система состоит из двух логически независимых блоков: интерфейс пользователя (сайт) и сервер тестирования. Пользователь взаимодействует с сайтом, сайт отправляет информацию на сервер, который впоследствии ее обрабатывает, сохраняя в базе данных, и возвращает результат обработки пользователю (рис. 1).

Рис. 1. Архитектура системы

Сервер является блоком, реализующим бизнес-логику тестирования: поступающий от сайта исходный код сохраняется в базе данных, после чего производится выборка всех непроверенных решений, каждое из которых впоследствии поступает в ядро для последующего тестирования.

Ядро представляет собой виртуальную машину с запущенным на ней скриптом тестирования. Данный скрипт выполняет компиляцию полученного от сервера решения, последующий его запуск на наборе тестов и отслеживание выполнения установленных ограничений [1].

Результат выполнения решения на каждом тесте сохраняется и впоследствии обрабатывается сервером, который в свою очередь генерирует один из возможных вердиктов (табл. 2).

Таблица 2

Вердикты тестирования

Сокращение	Расшифровка	Условие получения
SE	System error	Ошибка на стороне сервера
CE	Compilation error	Ошибка компиляции решения
TLn	Time limit exceeded on test *n*	Превышено допустимое время работы на тесте *n*
MLn	Memory limit exceeded on test *n*	Попытка использовать больше памяти, чем дозволено
REn	Runtime error on test *n*	Программа завершилась с ненулевым кодом возврата
PEn	Presentation error on test *n*	Ошибка в формате выходных данных на тесте *n*
WAn	Wrong answer on test *n*	Получен неверный ответ на тесте *n*
AC	Accepted	Успешно пройдены все тесты, решение правильное

Отметим, что одно решение получает один вердикт. При одновременном выполнении нескольких условий получения генерируется вердикт, находящийся в таблице выше [2].

Ядро автоматизированной системы. Как уже было сказано, задачей ядра является определение успешности прохождения решением каждого теста. Для описания математической модели введем следующие обозначения: S – множество решений, т.е. программ, написанных на каком-либо языке программирования; O – множество всех выводов решений; T – множество всех тестовых случаев.

Пусть $s \in S$, $t \in T$.

Введем отображение

$$f : S \times T \to O. \quad (1)$$

Смысл данного отображения заключается в том, что каждой паре <решение, тест> мы сопоставляем единственный вывод.

Также введем отображение

$$A : T \times O \to \{0, 1\}. \quad (2)$$

Смысл данного отображения заключается в следующем: паре <тест, ответ> мы сопоставляем «1» тогда и только тогда, когда ответ может являться верным для заданного теста. В противном случае данной паре мы сопоставляем «0».

Таким образом, программа является корректной тогда и только тогда, когда выполняется следующее соотношение:

$$A(t, f(s, t)) = 1. \quad (3)$$

В процессе применения данной модели к реальной системе возникают новые обстоятельства. В частности, для одной и той же задачи может существовать множество решений, различных по потребляемым ресурсам.

В качестве примера возьмем задачу коммивояжера. Сложность переборного решения составляет $O(n!)$, где n – количество вершин в графе [3]. Для 10 вершин такое решение выполнится за разумное время. Однако уже для 20 вершин такое решение будет работать около 700 лет. Используя алгоритм динамического программирования, можно сократить сложность до $O(2^n n^2)$. Тогда для 20 вершин решение выполнится за разумное время.

Для того чтобы отсечь неоптимальные решения, необходимо ввести дополнительные ограничения количества используемого времени и используемой памяти. Если программа превысила хотя бы одно из данных ограничений, то она считается недостаточно оптимальной и завершается.

Взаимодействие с системой. Задания должны иметь чётко сформулированные условия, описания формата входных и выходных данных, ограничения по времени работы и используемой памяти. Ознакомившись на сайте с условием задачи и написав исходный код программы для её решения, студент использует форму отправки. В форму помещается исходный код с указанием используемого компилятора.

В случае успешной компиляции полученный исполняемый файл запускается системой на наборе тестов, соответствующем задаче.

Результат тестирования доступен в очереди попыток пользователя на сайте. Он содержит данные об использованном времени и памяти, а также назначенный тестирующей системой вердикт.

Кроме того, результаты заносятся в сводную таблицу, содержащую сравнительную характеристику всех пользователей по результатам решений задач одного блока.

Сводная таблица результатов. Согласно правилам ACM на рейтинг участников влияет количество сданных задач, суммарное время сдачи задач, а также количество неудачных попыток.

Задача считается сданной участником, если его решение для неё получило AC. Решений на задачу можно послать как угодно много, причём их можно посылать и после получения AC, но на рейтинг это уже не влияет.

За каждую сданную задачу участник получает надбавку к суммарному времени сдачи. Эта надбавка складывается из времени сдачи задачи (считая от старта контеста) и штрафного времени – по 20 мин за каждую неудачную попытку сдачи.

Рейтинг участников контеста в каждый момент времени отражает таблица результатов. Команды в этой таблице представлены строками, а их места соответствуют номерам строк в ней. Строка таблицы содержит место участника, его логин (или название команды), суммарное число сданных задач, суммарное время сдачи и ячейки, соответствующие каждой задаче контеста. В этих ячейках может находиться один из знаков, представленных в табл. 3.

Таблица 3

Возможные знаки в полях таблицы результатов

.	Участник не посылал решений на задачу
+	Участник сдал задачу с первой попытки
+k	Участник сдал задачу после k неудачных попыток
–k	У участника k неудачных попыток сдачи

Кроме того, для сданных задач под этим знаком в ячейке указано время сдачи.

Таким образом, другим участникам известно число неудачных попыток, но не полученные при этом вердикты.

Участник, сдавший больше задач, находится в таблице выше. Для участников с равным числом сданных задач выше будет тот, у которого меньше суммарное время сдачи. В тех редких случаях, когда и суммарное время сдачи совпадает, выше будет участник, раньше сделавший последнюю отправку правильного решения.

Данные в таблице результатов обновляются всякий раз, как тестирующая система проверила очередное решение из очереди попыток.

Безопасность. Нетрудно заметить, что пользователь системы имеет возможность запустить на сервере тестирования любой код. Очевидно, что запуск абсолютно любого кода является недопустимым, т.к. пользователь может модифицировать файловую систему, произвести запуск стороннего приложения, изменить скрипт тестирования. Чтобы этого не произошло, все решения запускаются на виртуальной машине, которая не имеет доступа к скрипту тестирования. Кроме того, все решения запускаются под именем специально созданного пользователя, у которого нет никаких прав, кроме права на чтение и запись в папке с решением. После выполнения решения папка полностью очищается.

Такой подход позволяет обеспечить должную безопасность и скорость восстановления после возможного сбоя – в этом случае достаточно лишь восстановить файл виртуальной машины.

Заключение. Разработана автоматизированная система тестирования программ, обладающая следующими характеристиками:

1. Высокая скорость обработки поступающей информации. Один раз в секунду сервер забирает все непроверенные решения из базы данных и передает их на тестирование виртуальной машине.
2. Доступность результатов проверки в реальном времени. Сгенерированный сервером вердикт сразу же отображается на сайте.
3. Совместимость с форматом олимпиад по программированию ACM.
4. Возможность запуска решения на наборе тестов с заданными ограничениями.

Разработанная система может быть использована в учебном процессе. Для этого необходимо сформировать список задач и тестов к ним. Кроме того, данная система может быть использована для проведения студенческих олимпиад по спортивному программированию, правила которых совместимы с форматом олимпиад ACM.

В ближайшее время она будет применена для тестирования студентов 1-го курса кафедры КИБЭВС и для проведения олимпиады по программированию в ТУСУРе.

Литература

1. Ruby S. Agile Web Development with Rail / S. Ruby, D. Thomas, D. Hansson. Dallas: The Pragmatic Bookshelf, 2012. – 476 p.

2. ACM ICPC Regional Rules [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://icpc.baylor.edu/regionals/rules, свободный (дата обращения: 13.13.2013).

3. Cormen T. Introduction to algorithms / T. Cormen, C. Leiserson, R. Rivest, C. Stein. McGraw-Hill Science, 2003. 1056 p.

УДК 004.056.53

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА И АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПО КЛАВИАТУРНОМУ ПОЧЕРКУ

И.В. Горбунов

Представлена методика использования нечеткой системы типа Питтсбургский классификатор для аутентификации. Рассмотрены необходимые модификации классической схемы этого классификатора для задачи аутентифи-

кации. Представлена схема использования алгоритмов обучения на основе пчелиной колонии и эволюционной стратегии для постоянной адаптации и повышения точности аутентификации как задачи классификации.
Ключевые слова: защита от несанкционированного доступа, классификация, нечеткие системы, алгоритмы пчелиной колонии, эволюционная стратегия.

Задача аутентификации пользователя. Современным электронным информационным системам доверяется все больше информации. Стоимость информации, составляющей коммерческую и/или государственную тайну или персональные данные, растет. Классические средства аутентификации пользователей информационных систем по паре логин : пароль, все чаще дискредитируется, так как могут быть разглашены тем или иным образом. В случае инцидентов безопасности найти источник и место разглашения – задача нетривиальная. Среди множества альтернативных методов аутентификации одними из самых больших разделов являются биометрические методы идентификации личности. Эти методы делят на статические и динамические. Статические методы имеют ряд недостатков, основными из которых являются проработанные механизмы подделки (снятие и создание дубликатов отпечатков пальцев), или требуют дорогостоящее оборудования (сканер сетчатки глаза) [1]. Динамические методы лишены этих недостатков, но, как правило, их точность ниже. Характеристики, на которых они основаны, меняются из-за изменения состояния человека. Поэтому требуется постоянная адаптация под эти изменения. Одним из часто исследуемых методов динамической аутентификации является метод аутентификации по клавиатурному подчерку [2].

Клавиатурный подчерк может являться устойчивой динамической характеристикой только для людей, часто набирающих тексты на компьютере.

Постановка задачи. Задача повышения точности аутентификации по клавиатурному подчерку может быть сведена к задаче повышения точности классификации. В общем случае для каждого человека может быть построено от одного до трех шаблонов с целью минимизации ошибки классификации. Существуют два различных подхода к формированию шаблона клавиатурного подчерка: анализ набора текстов и анализ набора ключевой фразы (от 9 до 30 символов).

Основным недостатком первого подхода является длительная процедура обучения. Кроме того, если процедура аутентификации будет сопровождаться набором большого текста, не исключена возможность отвлечения и соответственно изменения проверяемых характеристик. В работе рассматривается задача аутентификации на основе клавиатурного подчерка по контрольной фразе. Однако стоит учесть, что для повышения точности формирования шаблона клавиатурного подчерка пользователя статистическими методами также требуется длительный процесс обучения. Несмотря на устойчивость клавиатурного подчерка, он все же колеблется из-за состояния человека.

При анализе клавиатурного подчерка производят разделение на утро, день и вечер [3]. Сложно составить четкие границы каждого из этих понятий в данной задаче, так как в современном обществе используются различные графики работы, в том числе гибкие. В общем случае следует рассматривать понятия: до работы, во время работы, после работы. При этом необходимо учесть, что не у всех людей требуется различать все три состояния. Одним из эффективных подходов классификации при небольшой входной выборке и большом количестве признаков с возможностью определения нескольких шаблонов (правил) для каждого

класса является Питтсбургский классификатор с алгоритмами обучения на основе пчелиной колонии [4] и алгоритмом эволюционной стратегии [5]. Стоит учесть особенность задачи аутентификации, в которой множество классов состоит из зарегистрированных пользователей и идентификатора неизвестных пользователей, которые могут попытаться пройти процедуру аутентификации. Далее будут представлены необходимые изменения в базе правил нечеткого Питтсбурского классификатора, затем параметры и особенности применения алгоритмов глобальной оптимизации.

Модификации нечеткого Питтсбургского классификатора. Нечеткий Питтсбургский классификатор [2] работает на основе правил вида:

R_{ij} : **ЕСЛИ** $x_1 = A_{1i}$ **И** $x_2 = A_{2i}$ **И** $x_3 = A_{3i}$ **И** … **И** $x_n = A_{ni}$ **ТО** class = c_j, $w = CF_i$, (1)

где **x** = (x_1, x_2, x_3, …, x_n) – вектор признаков классифицируемого объекта; A_{ki} – нечеткий терм, характеризующий k-й признак в i-ом правиле ($i \in [1, R]$), R – число правил; c_j – идентификатор j-го класса, $j \in [1, m]$; CF_i – вес правила или уровень доверия i-му правилу, $CF_i \in [0, 1]$.

При данной структуре сформировать правило для идентификатора класса, указывающего на неизвестного пользователя, весьма затруднительно, поэтому предлагается переход к базе правил следующего вида:

R_{ij} : **ЕСЛИ** $x_1 = A_{1i}$ **И** $x_2 = A_{2i}$ **И** $x_3 = A_{3i}$ **И** … **И** $x_n = A_{ni}$ **ТО** class=c_j, $w=CF_i$, **ИНАЧЕ**

$R_{(i+s)j}$: **ЕСЛИ** $x_1 = A_{1(i+s)}$ **И** $x_2 = A_{2(i+s)}$ **И** $x_3 = A_{3(i+s)}$ **И** … **И** $x_n = A_{n(i+s)}$
ТО class = c_l, $w = CF_{(i+1)}$, **ИНАЧЕ** class = c_z, (2)

где c_z – идентификатор класса незарегистрированных пользователей. Также стоит учесть, что такое изменение правил снимает с нечеткого Питтсбургского классификатора необходимость покрытия всей области определения каждого входного признака термами, в данном случае ситуация неопределённости не возникает.

Используемые методы обучения и схема их применения. В работе используются следующие алгоритмы: базовый алгоритм пчелиной колонии для генерации правил нечеткого классификатора (БАПКГП), модифицированный алгоритм пчелиной колонии для настройки весов (МАПКНВ), алгоритм параметрической идентификации базы правил нечеткого классификатора на основе эволюционной стратегии (АПИБПОЭС). Диаграмма деятельности использования алгоритмов при построении правил проверки для нового зарегистрированного пользователя, прошедшего семидневный процесс сбора данных, представлена на рис. 1.

Программная реализация. Программная система для аутентификации по логину, паролю и клавиатурному подчерку реализована в виде трех модулей – Classifier, pGina.HandWriting, Bee &ES Learn на языке C# dotNet 4.0 для прохождения процедуры аутентификации в ОС Windows XP SP3 – Windows server 2012. Ниже представлено назначение и краткое описание каждого из модулей.

- Classifier – модуль, выполняющий проверку по клавиатурному подчерку, реализует модифицированный нечеткий Питтсбургский классификатор. Он на вход получает относительные времена зажатия каждой клавиши, из которых состоит ключевая фраза, и относительные времена пауз между каждыми сочетаниями клавиш. На выходе используется идентификатор пользователя в виде значения хеш-функции SHA-1 от логина, пароля пользователя и соли, затрудняющей подбор логина и пароля по значению хеша.
- pGina.HandWriting – плагин для системы аутентификации pGina 3.2.0.0. Присоединяется к ядру системы аутентификации, считывает абсолютное время зажатия клавиш и паузы между ними, при наборе указанной администратором

ключевой фразы. Отдельно преобразует абсолютное время в относительное путем деления абсолютного времени на минимальную паузу или минимальное время зажатия клавиши соответственно. Вызывает работу модуля Classifier и сверяет возвращённый им результат с хешем от введённой пары логин : пароль. Кроме того, содержит форму настройки для pGina.Configuration, где можно получить одноразовый пароль отмены, указать допустимое количество попыток входа в систему, перевести режим работы ПО в обучение или проверку с адаптацией, указать период обучения в днях и количество последних дней, учитываемых в адаптации (дообучение).

- Bee &ES Learn – модуль, проводящий изначальное обучение для каждого пользователя и последующую адаптацию алгоритмами, указанными ранее. При адаптации генерация новых правил БАПКГП не происходит. Он запускается из планировщика задач Windows при простое компьютера через указанное администратором количество дней в pGina.HandWriting.

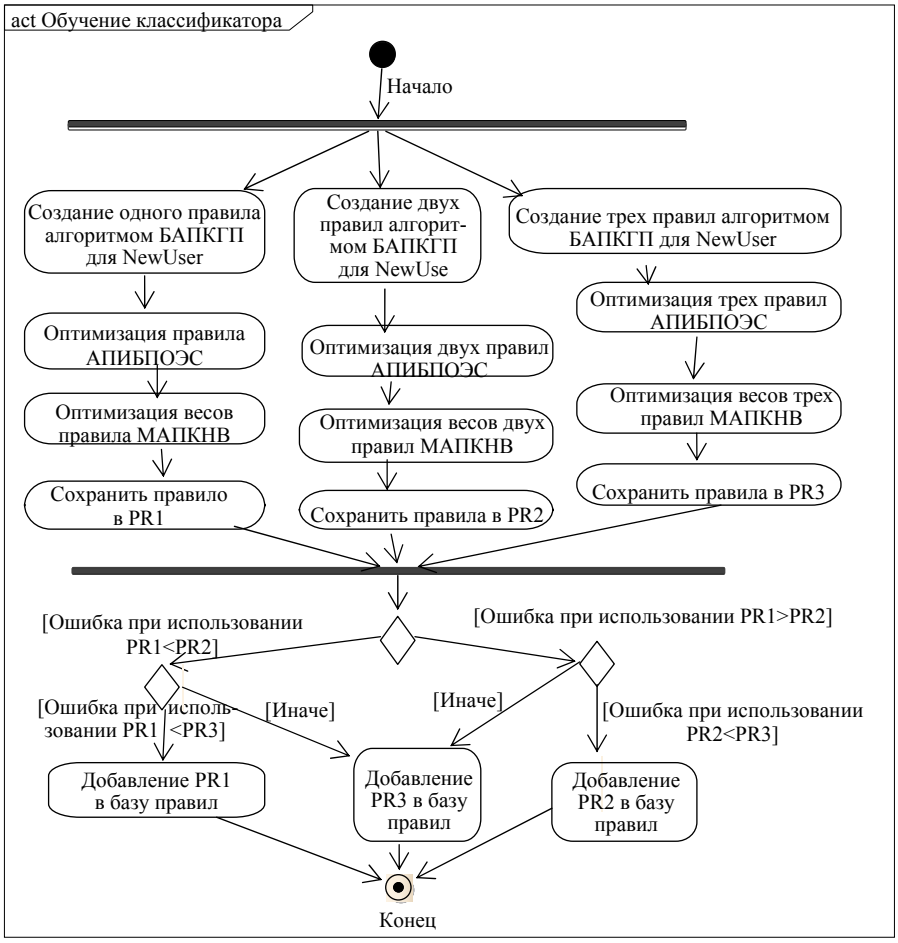


Рис. 1. Процесс обучения системы распознаванию нового пользователя

Анализ результатов. Было проведено два эксперимента, в которых проверялись точность классификации и расчет ошибки первого рода (отказ в доступе зарегистрированному пользователю, указавшему правильный логин и пароль) и

ошибки второго рода (предоставление доступа пользователю, указавшему чужой логин и пароль).

Первый эксперимент проводился в режиме проверки через неделю после начала использования программы в режиме обучения. В эксперименте участвовало 10 программистов, клавиатурный подчерк у которых устойчивее на английском языке, поэтому для всех была установлена ключевая фраза «AstalaVista Password». В процессе обучения в качестве входной выборки использовались варианты набора всех участников эксперимента. Эксперимент проводился по схеме кросс-валидации в соотношении 80:20%. Усредненные результаты представлены в табл. 1.

После этого эксперимент продолжался в режиме адаптации. Процесс адаптации проводился месяц. При каждой адаптации использовались варианты набора пользователя за последние 14 дней. Усредненные ошибки первого и второго рода после месяца адаптации представлены в табл. 2.

Таблица 1

Результаты авторизации после недели обучения

Выборка	Ошибка в процентах	
	1-й род	2-й род
Обучающая	9,72	4,36
Тестовая	14,41	7,64

Таблица **2**

Результаты авторизации после месяца использования в режиме адаптации

Выборка	Ошибка в процентах	
	1-й род	2-й род
Обучающая	2,79	0,69
Тестовая	4,58	1,73

Заключение. В ходе работы были проведены следующие этапы:

1. Проанализированы аналоги, в качестве подхода выбрана схема аутентификации по клавиатурному подчерку при вводе ключевой фразы длиной от 9 до 30 знаков.

2. Модифицирована структура базы правил нечеткого Питтсбургского классификатора с целью применения к данной задаче.

3. Разработана последовательность обучения, учитывающая множество (до трех) различимых правил для каждого пользователя.

4. Реализована программная система и проведен эксперимент, подтверждающий эффективность использованных алгоритмов.

В качестве рекомендации, предлагается использовать разработанную систему для аутентификации в малых группах по 8–15 человек, использующих одну ключевую фразу. В таком случае происходит более точное определение допусков для каждого пользователя.

Возможность ошибки через неделю обучения на тестовой выборке указывает на необходимость использования данной методики только в совокупности с защитой на основе логина и пароля в качестве дополнительного механизма.

Литература

1. Hickey K. DARPA: Dump passwords for always-on biometrics [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://gcn.com/articles/2012/03/21/darpa-dump-passwords-continuous-biometrics.aspx, свободный (дата обращения: 30.10.2013).

2. Иванов А.И. Биометрическая идентификация личности по динамике подсознательных движений. Пенза: ПГУ, 2000. 188 с.

3. Кобиелус Дж. Информационная безопасность: идентификация и аутентификация. М.: Связь, 1997. 252 с.

4. Горбунов И.В. Построение нечетких классификаторов на основе алгоритма пчелиной колонии / И.В. Горбунов, И.А. Ходашинский // Матер. Всерос. конф. с международным участием «Знания – Онтологии – Теории» (ЗОНТ–2011). Новосибирск, 3–5 октября 2011 г. М.: Институт математики им. С.Л. Соболева, 2011. Т. 2. С. 117–126.

5. Горбунов И.В. Алгоритм параметрической идентификации базы правил нечеткого классификатора на основе эволюционной стратегии / И.В. Горбунов, А.Ц. Гунгаев // Сб. тр. Всерос. конф. с международным участием «Современные системы искусственного интеллекта и их приложения в науке». Казань, 2013. С. 111–118.

УДК 004.056

СТРУКТУРА ИНФРАСТРУКТУРЫ ОТКРЫТЫХ КЛЮЧЕЙ

А.В. Котенко, Д.Р. Нурдавлетова, М.А. Сопов

Рассмотрена структура инфраструктуры открытых ключей (ИОК), выделены основные элементы как ИОК в общем, так и удостоверяющих центров (УЦ) в частности. Также рассмотрены и классифицированы модели доверия, возникающие при формировании ИОК больших размеров, в которой взаимодействует очень большое количество клиентов.

Ключевые слова: инфраструктура открытых ключей, модели доверия, удостоверяющие центры, электронная подпись.

Верификация открытого ключа. Непосредственное использование открытых ключей требует дополнительной их защиты и идентификации для определения связи ключа и его владельца, чтобы злоумышленник не мог выдать себя ни за отправителя, ни за получателя информации. Все это приводит к необходимости верификации открытого ключа. Для этих целей используется электронный сертификат.

Электронный сертификат представляет собой цифровой документ, который связывает между собой открытый ключ и определенного пользователя или приложение. Для заверения электронного сертификата используется электронная подпись удостоверяющего центра (УЦ). Используя открытый ключ УЦ, каждый пользователь может проверить достоверность электронного сертификата, выпущенного данным удостоверяющим центром, и воспользоваться его содержимым.

Исходя из функций, выполняемых УЦ, очевидно, что он является основной компонентой всей инфраструктуры открытых ключей (ИОК) [1].

Термин «инфраструктура открытых ключей» (ИОК, Public Key Infrastructure, PKI) представляет собой достаточно обширное понятие, так как им описывается полный комплекс программно-аппаратных средств и организационно-технических мероприятий, необходимых для использования криптографии с открытым ключом.

Идея защиты информации на основе инфраструктуры открытых ключей, использующей отечественные криптографические стандарты, относительно нова [1]. Однако за последнее время, с выходом нового Федерального закона «Об ЭП» и множества дополнительных рекомендательных указов ФСБ РФ, криптография с открытым ключом получила широкое распространение.

Далее будут рассмотрены основные элементы ИОК и структуры УЦ.

Компоненты ИОК

Центр сертификации (ЦС). Центр сертификации представляет собой основную управляющую компоненту ИОК, предназначенную для формирования электронных сертификатов. Кроме сертификатов, ЦС формирует список отозванных сертификатов (СОС, X.509 – CRL (Certificate Revocation List)) с регулярностью, определенной регламентом УЦ.

Основной функцией серверной части центра сертификации являются прием и проверка подлинности запросов на электронный сертификат от клиентов системы. Обязательно ведутся детализированные протоколы работы с указанием даты, времени, операции и результатов выполнения. Кроме того, ЦС генерирует свой закрытый ключ и формирует соответствующий собственный сертификат, содержащий его открытый ключ. Важно, чтобы сертификат был актуальным, потому что он играет главную роль в верификации выданных сертификатов.

Старые сертификаты заносятся в СОС. Периодически формирующиеся списки отозванных и действующих сертификатов доступны для всех пользователей системы. Глобальное хранилище сертификатов должно быть защищено от несанкционированного доступа, а также предоставлять нескольким клиентам возможность одновременного доступа к хранилищу. Немаловажным является обеспечение целостности хранимых данных в репозитории [2].

Центр регистрации (ЦР). Центр регистрации – серверный компонент, который осуществляет ведение баз данных учетных записей пользователей, изготовленных сертификатов ключей подписей, запросов на сертификаты и т.д. [6]. Основная задача ЦР – регистрация пользователей и обеспечение их взаимодействия с ЦС. В задачи центра регистрации может также входить публикация сертификатов и СОС.

ЦР является единственной точкой входа и регистрации пользователей. Только зарегистрированный пользователь может получить сертификат на свой открытый ключ в центре сертификации [1].

Сетевой справочник. Справочник сертификатов – субъект инфраструктуры ИОК, обеспечивающий хранение сертификатов открытых ключей и списков отозванных сертификатов (СОС), формируемых в УЦ. Выданные сертификаты публикуются в специализированный сетевой справочник, доступ к которому имеют все пользователи. Информация, публикуемая в справочнике, пополняется из реестра УЦ. Внесение изменений в сетевой справочник с целью публикации новых сертификатов и СОС выполняется в УЦ автоматически при их формировании.

Web-интерфейс УЦ. Web-интерфейс УЦ обеспечивает защищенное взаимодействие удаленных пользователей с удостоверяющим центром в процессе генерации ключей и передачи в УЦ запросов на создание сертификата с последующей доставкой изготовленных сертификатов на рабочие места пользователей [7].

АРМ администратора центра регистрации. Автоматизированное рабочее место (АРМ) администратора центра регистрации – компонент, который предназначен для выполнения операций, связанных с регистрацией пользователей, формированием закрытых ключей и запросов на сертификаты открытых ключей, обработкой запросов на сертификаты открытых ключей, получением изданных центром сертификации сертификатов, управлением (аннулированием, приостановлением и возобновлением действия) сертификатов и выполнением иных действий по выполнению целевых функций удостоверяющего центра.

АРМов администраторов для одного центра регистрации может быть несколько [6].

АРМ пользователя (модуль клиента). Модуль клиента системы управления сертификатами должен состоять из следующих компонентов:

– ПО работы с ключевой информацией;

– ключевой информации (контейнера) пользователя;

– локального хранилища сертификатов.

АРМ пользователя имеет возможность создания новых ключей пользователя и формирования запросов в центр сертификации для регистрации и получения сертификата для нового открытого ключа. Также АРМ может самостоятельно обращаться в реестр сертификатов для проверки подлинности того или иного сертификата и получения по нему необходимой информации [2].

В случае необходимости может быть подан запрос на отзыв того или иного сертификата.

АРМ разбора конфликтных ситуаций. АРМ разбора конфликтных ситуаций – компонент, обеспечивающий выполнение процедур по подтверждению подлинности электронной подписи в электронных документах и установлению статуса сертификата открытого ключа на определенный момент времени.

Итогом работы АРМ разбора конфликтных ситуаций является протокол, содержащий результаты выполненных проверок [6].

Криптопровайдер. Криптопровайдер (система криптографической защиты) обеспечивает:

– конфиденциальность, так как информация должна быть защищена от несанкционированного прочтения как при хранении, так и при передаче;

– контроль доступа, так как информация должна быть доступна только тому субъекту доступа, для которого она предназначена;

– аутентификацию, иначе говоря, возможность однозначно идентифицировать отправителя;

– целостность, так как информация должна быть защищена от несанкционированной модификации как при хранении, так и при передаче;

– неотрекаемость, т.е. обеспечение того, что отправитель не сможет отказаться от совершенного действия [1].

Проверка цепочки сертификатов. Процедура верификации цепочки сертификатов проверяет наличие связи между именем владельца сертификата и его открытым ключом, она подразумевает, что все «правильные» цепочки начинаются с сертификатов, изданных одним доверенным центром сертификации. Под доверенным центром понимается главный УЦ, открытый ключ которого содержится в самоподписанном сертификате. Такое ограничение упрощает процедуру верификации, хотя наличие самоподписанного сертификата и его криптографическая проверка не обеспечивают безопасности. Для обеспечения доверия к открытому ключу такого сертификата должны быть применены специальные способы его распространения и хранения, так как на данном открытом ключе проверяются все остальные сертификаты.

Модели доверия. Одним из наиболее важных вопросов, относящихся к инфраструктуре открытых ключей, является вопрос о том, каким открытым ключам можно доверять. В стандарте X.509 данный термин трактуется следующим образом: «В целом, можно говорить, что один объект является «доверенным» по отношению к другому объекту, если первый объект может предположить, что второй объект будет вести себя исключительно в рамках предположения первого объекта».

Таким образом, домен доверия можно определить как совокупность четко сформулированных политик и правил в пределах организации, позволяющих реализовать доверительные отношения [7]. Кроме того, домены доверия могут частично перекрываться или быть включенными друг в друга [6].

При проектировании ИОК определение доменов доверия и границ доверия играет очень важную роль. Например, в рамках одной организации может существовать несколько различных доменов доверия, что может соответствовать, например, структурному делению организации на подразделения и департаменты.

Для всех пользователей ИОК в домене доверия удостоверяющий центр рассматривается как центр доверия, которому пользователь ИОК может доверять при любых обстоятельствах. Отсюда и появляется понятие якоря доверия. Якорь доверия определяет точку отсчета системы доверия, это некоторая сущность, которой можно доверять беспрекословно. Для ИОК характерно то, что якорь доверия является исходной точкой для построения всех отношений доверия и от его правильного определения, в конечном счете, зависит безопасность всей системы.

Модель доверия определяет механизм распространения доверия среди компонент системы путем установления отношений доверия между каждой парой компонент [6]. В процессе проверки подлинности сертификата программное обеспечение ИОК пытается выстроить путь доверия до уровня УЦ, который является якорем доверия [5]. Таким образом, появляется понятие цепочки доверия, или цепочки сертификатов.

Все вышесказанные понятия, объекты, правила объединяются в одну систему – модель доверия.

Отношения доверия в ИОК устанавливаются между двумя ЦС, когда один или оба из них выпускают сертификат открытого ключа другого ЦС. Отношения доверия могут быть односторонними или двусторонними.

Примером односторонних доверительных отношений может служить переход из домена доверия с более высоким уровнем безопасности в домен с более низким уровнем. Например, отношения федерального УЦ и УЦ в регионах, когда федеральный центр стоит выше по иерархии региональных и его сертификат является более доверительным.

Двусторонние доверительные отношения имеют место при связывании доменов с эквивалентным уровнем безопасности. К примеру, несколько УЦ, находящихся в одном регионе, и оба стоящие ниже федерального УЦ.

Из такого рода отношений проистекает первая модель доверия – иерархическая.

Иерархическая модель. Одной из наиболее распространенных моделей доверия является иерархическая модель. В данной модели единственным якорем доверия является корневой ЦС.

Модель строится путем установления отношений подчинения между корневым УЦ и теми УЦ, что располагаются ниже его по иерархии. Подчиненные УЦ, в свою очередь, устанавливают подобные отношения с подчиненными УЦ следующего уровня и т.д., вплоть до конечных удостоверяющих центров.

Полученная иерархическая структура имеет вид дерева, в которой ЦС, являющийся якорем доверия, играет роль корня.

Данная модель применяется, когда необходимо снизить нагрузку на корневой удостоверяющий центр при управлении большим объемом сертификатов.

Построение пути сертификации в иерархической модели производится «снизу вверх», от листьев к корню.

Сетевая модель (децентрализованная, распределенная модель). Сетевая модель реализует альтернативный подход к формированию отношений доверия.

Модель строится путем установления доверительных отношений между равноправными УЦ. При этом отношения могут быть односторонними или двусторонними.

Якорем доверия в данном случае является локальный УЦ. Таких якорей доверия может быть много, в зависимости от числа участвующих УЦ.

Особенностью данной модели является тот факт, что отношения доверия строятся, как правило, посредством перехода через границы доменов доверия. Поэтому, сертификаты, выпущенные для этих целей, называются кросс-сертификатами и имеют специальный вид.

В составе кросс-сертификата, по сравнению с обычным сертификатом, присутствует информация преобразования политик безопасности.

Удобство сетевой модели заключается в том, что в результате кросс-сертификации на уровне корневых УЦ исчезает необходимость распространения корневого самоподписанного сертификата одной организации среди пользователей другой.

Существуют разные вариации сетевой модели – например, двусторонняя, ее замкнутая вариация и многие другие, в зависимости от необходимости.

Иногда выделяют «гибридную», или мостовую, модель доверия, как смешение иерархической и сетевой моделей. Однако по своей сути эта модель является все же лишь видом сетевой модели (так как основная ее структура основана на кросс-сертификации) с последующим расслоением дочерних УЦ по иерархиям.

Литература

1. Инфраструктура открытых ключей // Валидата, информационная безопасность. М., 2013. Режим доступа: http://www.x509.ru/pki.shtml, свободный. Заглав. с экрана.

2. Петренко С.А. Практика построения PUBLIC KEY INFRASTRUCTURE, PKI // Защита информации. Конфидент. №6. М., 2002.

3. Использование КриптоПро УЦ // КРИПТО-ПРО. Ключевое слово в защите информации. М., 2013. Режим доступа: http://www.cryptopro.ru/products/ca/usage, свободный. Заглав. с экрана.

4. Удостоверяющий центр e-Notary. Регламент // e-Notary, удостоверяющий центр. М., 2013. Режим доступа: https://www.e-notary.ru/articles/view/id/3#2, свободный. Заглав. с экрана.

5. Жан де Клерк. Принципы доверия PKI // Windows IT Pro, № 07. М., 2006. Режим доступа: http://www.osp.ru/win2000/2006/07/3546159/, свободный. Заглав. с экрана.

6. Модели доверия PKI // Учебный центр безопасности информационных технологий Microsoft Московского инженерно-физического института. М., 2006.

7. PKI: Implementing & Managing E-Security // A. Nash, B. Duane, D. Brink, C. Joseph. McGraw-Hill Osborne Media, 2001.

УДК 004.67

ПОКАЗАТЕЛЬ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ КАК ИНТЕГРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПЕЦИАЛИСТА ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА СОВРЕМЕННОМ РЫНКЕ ТРУДА

А.Б. Крохалева*, *В.М. Белов

Предложена модель формирования и функционирования показателя подготовленности как мультисоциометрической характеристики специалиста на современном рынке труда.

Ключевые слова: показатель подготовленности, качество образования.

Современный этап развития общества характеризуется высоким уровнем развития информационных и телекоммуникационных технологий, что влечет за собой большую изменчивость программных продуктов, высокий уровень конкуренции между предприятиями, усложнение бизнес-процессов и т.п. Результатом комплексного воздействия вышеперечисленных характеристик является, во-первых, возрастание чувствительности информационной сферы организации к внешним факторам, во-вторых, общедоступность ИТ для каждого сотрудника современной организации как элемент вспомогательной и управленческой деятельности, что непосредственно сохраняет за собой риск неправомерного применения.

Риски ИБ от персонала составляют отдельную группу рисков ИБ организации со специфическим набором причин и условий их реализации. Совокупность факторов риска представляет единую сеть с причинно-следственными связями. Отметим, что эффективное решение задач информационной безопасности требует высокоорганизованного кадрового обеспечения, то есть необходимого числа специалистов, обладающих соответствующей квалификацией [2].

Согласно 273-ФЗ «Об образовании» от 29.12.2012 г. под квалификацией понимают совокупность знаний, умений, навыков и компетенций, характеризующих подготовленность лица к выполнению определенного вида и уровня профессиональной деятельности или конкретных трудовых функций, их объем и уровень знаний, навыков и компетенций. Тогда как компетенция есть не что иное, как способность применять знания, умения и личностные качества для успешной деятельности в определенной области (ИП Минобрнауки РФ №03-956, 13.05.2010 г.).

Таким образом, подготовка кадров в соответствии с реальными запросами рынка труда в сфере ИБ, обеспечение их перспективного роста, удовлетворение потребностей в них государственных, промышленных и коммерческих структур выступают главной задачей образовательного учреждения.

В настоящее время выделяют суммарно порядка 15 направлений подготовки (специальностей) «Информационная безопасность» (ВПО и СПО), в то время как примерная линейка должностей и профессий в области информационной безопасности насчитывает 27 видов, начиная от аналитика в области ИБ и заканчивая техником по организации защиты информации [1].

Причем сегодня работодатели формулируют требования не только и не столько в формате «знаний» выпускников, сколько в терминах способов деятельности («умения», «способности», «компетенции») и комплекса личностных и психологических характеристик (стрессоустойчивость, внимательность, аккурат-

ность, дисциплинированность), что в целом определяет уровень квалификации специалиста по ИБ.

Эффективным инструментом, позволяющим создать конструктивное взаимодействие сферы труда и сферы образования, является механизм профессиональных стандартов. Профессиональный стандарт представляет собой квалификационный уровень работника, позволяющий ему выполнять свои должностные (профессиональные) обязанности в соответствии с предъявляемыми требованиями к конкретной должности (профессии).

Основными целями создания профессиональных стандартов явились упорядочение рынка труда, что позволило бы работникам, работодателям, образовательным учреждениям, государству более точно планировать развитие своей карьеры, бизнес-стратегии или социальной и экономической политики.

Основными преимуществами использования профессиональных стандартов является, во-первых, их структурированность, достигаемая посредством группировки требований внутри каждого стандарта по уровням квалификации, позволяя, например, специалистам оценивать путь собственного профессионального развития, а вузам – сконцентрироваться на формировании необходимых на рынке труда знаний и навыков у студентов. Во-вторых, введение линейки «должностная обязанность» – «необходимые знания» – «необходимые умения» значительно облегчает понимание, какими именно знаниями и навыками требуется обладать, чтобы быть допущенным работодателем к выполнению конкретной функции.

Однако профессиональный стандарт не может отразить квалификацию специалиста в полном объеме, т.к. они, с одной стороны, не учитывают комплекс психофизиологических характеристик. С другой стороны, разработанные профстандарты специалистов по ИБ опираются на современную практику и не претендуют на прогнозирование перспектив рынка труда и сферы образования (в плане создания новых специальностей, должностей). Стандарты дают довольно сжатую, немобильную характеристику специалиста по уровню квалификации.

В контексте такого развития в области профессиональной структуры особую актуальность приобретает создание показателя подготовленности специалистов как мультисоциометрической характеристики, включающей уровень квалификации специалиста (включая оценку теоретических и практических знаний, формируемых по результатам обучения, а также классификационный уровень профстандарта), а также комплекс психофизиологических характеристик.

Классификации мультисоциометрических характеристик как специальный метод исследования позволяют проводить сопоставление структурированных определенным образом профессиональных данных вне зависимости от времени и территории их существования.

Основными целями показателя подготовленности назовем:

– снижение временных и финансовых затрат специалистов и организаций на получение комплексной оценки;

– организацию удобного обращения к информации, содержащейся в единой системе информационно-справочной поддержки граждан и организаций по вопросам взаимодействия с кадровыми службами в отношении информации о состоянии на рынке труда.

Ввод показателя подготовленности направлен на реализацию Стратегии развития информационного общества РФ, которой намечено более широкое использование информационных технологий в социальной сфере.

При проектировании сложных систем и разработке методов структурирования информации был использован иерархический подход как методологический прием разделения формально описанной системы на уровни. В рамках этого подхода математическую модель формирования показателя подготовленности выпускника можно представить в виде многоуровневой структуры (рис. 1). Модель предполагает последовательное решение на всех этапах, из которых она состоит.

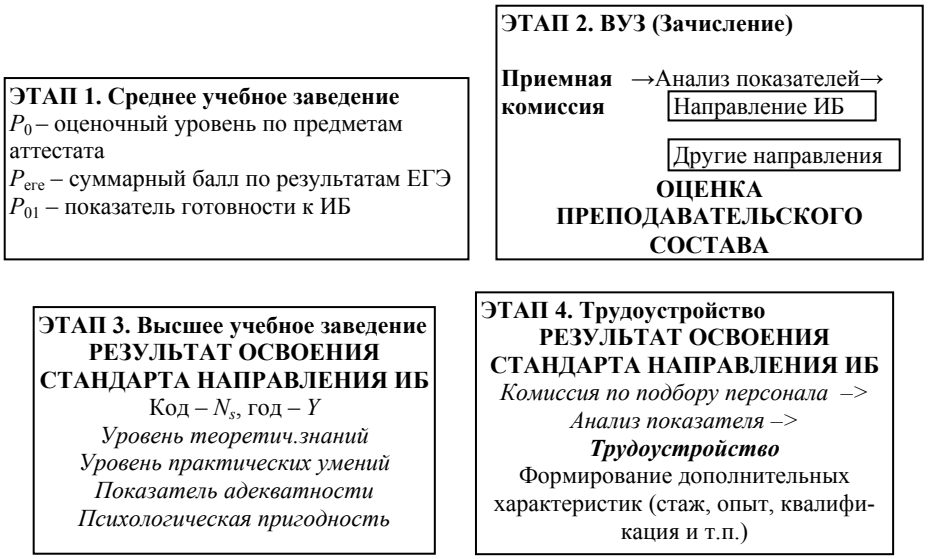


Рис. 1. Модель формирования и функционирования «показателя подготовленности»

На этапе 1 формируют набор комплексных показателей вида $<P_0, P_{01}, P_{егэ}>$. Элемент P_0 представляет собой набор элементов $<X_1, \ldots, X_N>$, где $<X_1, \ldots, X_t>$ отражает оценочный уровень школьника по t предметам аттестата; $<X_{t+1}, \ldots, X_N>$ содержит сведения о $(N–t–1)$ результатах ЕГЭ по дисциплинам. Элемент P_{01} представляет M-компонентный набор элементов, формирующий итоговый показатель готовности выпускника к обучению по направлению ИБ.

Элемент $P_{егэ}$ представляет S-компонентный набор элементов, отражающих итоговые баллы по результатам ЕГЭ по S дисциплинам.

Этап 1 является трудоемким, поскольку требует произвести сбор, обработку информации.

Под показателем подготовленности выпускника на данном этапе понимают:

- уровень учебных достижений выпускника учебного заведения;
- показатель психологической пригодности, который определяют как совокупность личностных характеристик (внимательность, аккуратность, порядочность), являющихся критичными для будущего специалиста в области ИБ;
- уровень заинтересованности выпускника профессией в области ИБ как главный мотивационный фактор, определяющий последующую динамику учебы в вузе при поступлении на направление ИБ.

На этапе 2 происходит профессиональный отбор абитуриентов на основании комплекса полученных показателей $<P_0, P_{01}, P_{егэ}>$, оценка суммарных баллов по дисциплинам, установленным вузом, в качестве проходных; сопоставление компонента P_{01}и $P_{егэ}$ с объективно необходимыми уровнями, а в случае несоответст-

вия P_{01} – разработка индивидуальной программы обучения студента (в случае поступления).

На данном этапе также производят оценку качества преподавания в области ИБ как основополагающий фактор, влияющий на становление студента как компетентного специалиста.

Этап 3 является самым сложным и трудоемким по объему и характеру работы, поскольку предполагает формирование показателя подготовленности на базе всего периода обучения. Показатель учитывает следующие элементы:

– наименование специальности с указанием года обучения;

– уровень теоретических знаний выпускников на базе цикла профессиональных дисциплин учебного плана направления ИБ;

– уровень практических умений выпускников на базе цикла профессиональных дисциплин, данных учебной и производственной практикой учебного плана направления ИБ;

– показатель адекватности своих сил, определяемый в процессе итогового государственного экзамена;

– уровень дисциплинированности, отражающий показатель исполнительности студента в период обучения;

– показатель психологической пригодности, который определяют как совокупность личностных характеристик (стрессоустойчивость, внимательность, аккуратность с данными, порядочность), являющихся критичными для специалиста в области ИБ. Элементы данного показателя определяют с помощью психологических тестов.

Таким образом, показатель подготовленности выпускника вуза как специалиста в области ИБ представляет 5-компонентный символьный набор элементов.

Последним этапом является этап 4 «трудоустройство». На основании рассчитанных показателей подготовленности работодатель делает соответствующие выводы и принимает решения по трудоустройству или отказу в трудоустройстве выпускника вуза. В случае поступления на службу формируют дополнительные характеристики (стаж, опыт, степень, оценка руководителем и т.п.).

В качестве диагностических методов используются аппарат нечеткой логики, а также статистическая обработка информации.

Таким образом, построенная модель позволяет не только качественно и количественно оценить уровень подготовленности выпускников вузов и упростить задачу по отбору персонала для работодателя, а также оптимизировать процесс хранения и передачи персональной информации. С этих позиций актуальным направлением можно считать внедрение показателя на электронные карты жителя.

Литература

1. Белов Е.Б. Концепция подготовки кадров в области обеспечения информационной безопасности (проблемы, анализ, подходы) / Е.Б. Белов, А.П. Коваленко // Научные и методологические проблемы информационной безопасности. М.: МЦНМО, 2004.

2. Курило А.П. Обеспечение информационной безопасности бизнеса / А.П. Курило. М.: Альпина Паблишер, 2011. 392 с.

УДК 004.422.[81+833]

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ЖЕСТКОГО ДИСКА КОМПЬЮТЕРА

А.В. Моргуненко*, *Д.С. Никифоров*, *И.Ю. Поляков*, *А.К. Пономарев

Представляемый комплекс предназначен для автоматизации процесса поиска, сбора и подготовки к анализу информации для получения как можно более полной информации об исследуемом компьютере. Данный комплекс упрощает работу экспертам, связанную с поиском информации и переводом её на понятный человеку язык. Основными функциями комплекса является:
– сбор и анализ событий системных журналов операционной системы;
– сбор и анализ информации из журналов истории браузеров;
– сбор и анализ истории переписки программ мгновенного обмена сообщениями;
– сбор и анализ событий журнальных файлов приложений;
– обнаружение сетевых параметров системы;
– поиск файлов по имени;
– поиск по содержимому файлов;
– составление списка установленных программ.

Ключевые слова: компьютерная экспертиза, форензика, автоматизированный сбор информации, поиск информации, операционная система, windows, linux, xml.

Задача автоматизации сбора информации с исследуемого источника. В современном мире компьютерные преступления совершаются всё чаще и для их расследования привлекаются специалисты в области информационной безопасности, которые исследуют компьютерную технику с целью выявить возможную вредоносную активность (как атакующие злоумышленные действия, так и следы проникновения из вне). Данная работа осложняется тем, что нет свободно распространяемого специализированного программного обеспечения, которое помогло бы эксперту в сборе информации. Приходится использовать целый набор программного обеспечения, имеющего функции, полезные для поиска, сбора и переработки информации. Основная работа производится вручную.

Постановка задачи. Для ускорения процесса и повышения качества работы необходимо автоматизировать часть задач: определение операционной системы на исследуемом диске, составление списка установленного программного обеспечения, поиск и, как следствие, сбор журнальных файлов операционной системы, также поиск истории переписки из каких-либо программ для общения по сети. Кроме того, данную информацию необходимо извлечь (например, очистить текст от HTML тегов), систематизировать, а затем перевести на язык, понятный человеку.

Решение задачи. Для решения вышеизложенных задач предпринята попытка по созданию автоматизированного комплекса, работающего на операционных системах типа Linux. Данный комплекс работает с образом жесткого диска системы. Первым этапом работы является определение операционной системы на диске. Затем на основе полученной информации делается выбор подходящих модулей для этой ОС. После получения данной информации она предоставляется пользователю, который указывает, какие из доступных возможностей необходимо использовать. При каждая возможной операции по окончании работы состав-

ляется краткий отчет о работе, выдается список найденных файлов и представляется найденная в них информация в формате XML.

В дальнейшем планируется создание приложения, которое бы смогло проводить анализ по запросу от пользователя. Для этого все данные будут помещены в базу данных и написано Web- или Desktop-приложение, которое бы позволяло управлять алгоритмами обработки данных (простейший поиск, группировка данных по тематикам и прочее). Это необходимо для накопления шаблонов, по которым будет выявляться возможная вредоносная активность, и для упрощения работы с накопленной информацией. Для работы с базой данных будет реализовано отдельное приложение.

Заключение. На данный момент уже реализована основа программного комплекса, которая позволяет проанализировать образ диска и выдать информацию об операционной системе, находящейся на нем, и набор программ, который устанавливается на данную операционную систему. Реализованы возможности по поиску журнальных файлов операционной системы, журналов событий операционной системы и поиску переписок из программ мгновенного обмена сообщениями.

Литература

1. Шлее М. Qt 4.8. Профессиональное программирование на C++: справочное руководство. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 896 с.

2. Скотт Шакон Pro Git: метод. пособие. N.Y. Apress, 2012. 276 с.

3. Крёнке Д. Теория и практика построения баз данных, 8-е изд. СПб.: Питер, 2003. 800 с.

4. Руссинович М., Соломон Д. Внутреннее устройство Microsoft Windows. 6-е изд. СПб.: Питер, 2003. 800 с.

5. Рэй Э. Изучаем XML. М.: Символ-Плюс, 2001. 408 с.

УДК 004.087.5

НОСИТЕЛИ С НЕИЗВЛЕКАЕМЫМ ЗАКРЫТЫМ КЛЮЧОМ

Д.С. Ризванов

Представлена классификация устройств с неизвлекаемым закрытым ключом, область их применения, приведены технические и программные характеристики носителей. Обоснована проблема аутентификации при электронном документообороте.

Ключевые слова: закрытый ключ, электронно-цифровая подпись, средства криптографической защиты информации.

Замки, как гласит известная поговорка, предназначены для защиты собственности от честных людей. Ибо человек способен взломать любой код, придуманный человеком, – весь вопрос в том, сколько времени и усилий для этого потребуется. Именно из такого принципа исходят разработчики всех алгоритмов и устройств шифрования.

Уже несколько лет на рынке средств защиты информации присутствуют так называемые аппаратные ключи защиты – токены, которые бывают двух видов: с извлекаемым и неизвлекаемым закрытым ключом. Они являются ярким примером двухфакторной аутентификации: pin-код и токен. Не зная пароля, никто не воспользуется ключом. Pin-код же становится простым набором цифр, если нет

токена, к которому он принадлежит. В наше время наиболее широкое распространение получили ключи, выполненные в виде USB-брелоков и смарт-карт. Эти защищенные аппаратно-программные устройства предназначены для использования в инфраструктуре открытых ключей, платежных системах, системах доступа, в сетевой безопасности, в качестве электронного идентификатора, носителя ключевой информации, а также средства формирования электронной цифровой подписи. Их разработкой и продвижением в России занимаются такие компании, «Мультисофт», «Актив», «Аладдин».

Решение eToken ГОСТ компании «Аладдин» представляет собой персональное средство формирования электронно-цифровой подписи с неизвлекаемым закрытым ключом. Он предназначен для использования в качестве интеллектуального ключевого носителя в защищенных системах, поддерживающих российские криптографические стандарты, в системах юридически значимого электронного документооборота и в других информационных системах, использующих технологии электронной цифровой подписи.

Большинство токенов выполнены на базе нового поколения электронных ключей с использованием языка Java, они имеют открытую архитектуру и возможность добавления требуемой функциональности путем загрузки в ключ Java-апплета (например, реализующего функции «электронного кошелька» и пр.).

Взаимодействие компьютера с USB-брелоком производится с помощью штатного CCID-драйвера, входящего в состав современных ОС. Благодаря этому обеспечивается возможность работы без установки дополнительных драйверов и ПО на разных платформах (Windows, Mac OS X, Linux).

Для использования носителей с извлекаемым закрытым ключом требуется персональный компьютер (ПК) с установленным средством криптографической защиты информации (СКЗИ) например: КриптоПро CSP, ЛИССИ-CSP, ViPNet CSP. СКЗИ, получив закрытый ключ, реализует формирование и проверку электронно-цифровой подписи согласно ГОСТ Р 34.10–2001, вычисление хэш-функции в соответствии с ГОСТ Р 34.11–94, выработку ключа парной связи по алгоритму Диффи–Хеллмана в соответствии с RFC 4357 и генерацию последовательности случайных чисел, используя вычислительные мощности компьютера [2]. При этом электронный документооборот подвержен некоторой опасности со стороны злоумышленников, в частности, есть риск кражи закрытого ключа на стадии его передачи из токена в операционную память ПК (рис. 1).

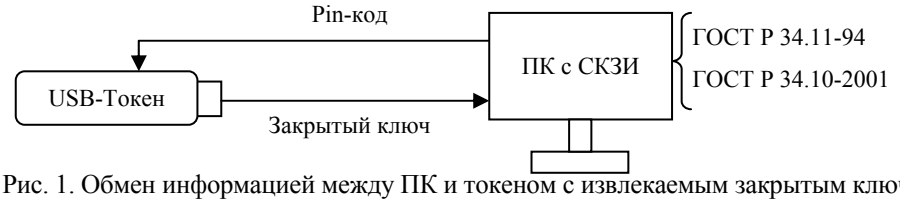


Рис. 1. Обмен информацией между ПК и токеном с извлекаемым закрытым ключом

Риск кражи отсутствует в носителях с неизвлекаемым закрытым ключом. Например eToken ГОСТ реализует формирование и проверку электронно-цифровой подписи, вычисление хэш-функции, выработку ключа парной связи и генерацию последовательности случайных чисел, используя вычислительные мощности самого носителя, а не ПК, как в первом случае (рис. 2), что повышает сохранность закрытого ключа.

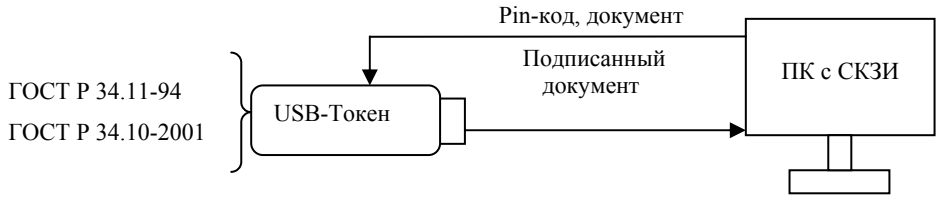


Рис. 2. Обмен информацией между ПК и токеном с неизвлекаемым закрытым ключом

Уже сейчас USB-ключи и смарт-карты являются неотъемлемой частью инфраструктуры информационной безопасности. Они поддерживаются всеми ведущими производителями информационных систем и бизнес-приложений, соответствуют требованиям российских регулирующих органов. В дальнейшем доля носителей с неизвлекаемым закрытым ключом будет только расти.

Литература

1. Скляров Д.В. Искусство защиты и взлома информации. М.: Изд. дом «Питер», 2004. 288 с.

2. Сигнал-КОМ – криптографическая защита информации. USB-ключи eToken компании «Аладдин» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.signal-com.ru (дата посещения: 10. 09. 2013).

УДК 519.25 ; 004.8

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА НАКОПИТЕЛЬНЫХ СУММ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОДНОРОДНОСТИ ТЕКСТА И ВЫЯВЛЕНИЯ ПЛАГИАТА

А.С. Романов

Проведен анализ существующих средств и подходов поиска плагиата в тексте, обоснована необходимость дополнительной проверки текста на однородность. Приводится описание и результаты работы модифицированного метода накопительных сумм для целей определения плагиата в тексте.

Ключевые слова: плагиат, метод накопительных сумм, характеристики текста, однородность текста, методы статистического анализа.

Бурное развитие сети Интернет привело к тому, что человеку стали доступны огромные массивы текстовой информации. Использование современных технологий облегчило задачу поиска и копирования текста и сделало плагиат распространенным явлением в сфере науки и образования, литературе, журналистике и других областях. Существуют факты публикации текстов, частично заимствованных из других источников, полного плагиата [1] и даже полностью искусственно сгенерированных текстов [2]. Выявление и пресечение подобных случаев является актуальной задачей и требует разработки эффективных практических методик.

Типичная система для выявления плагиата представляет собой программу, сравнивающую два текста на наличие общих подстрок. Программы для выявления плагиата можно разделить на три группы:

1. «Онлайновые» системы. Позволяют производить поиск оригинальных источников в сети Интернет благодаря интеграции с поисковыми системами. К их числу относятся «Plagiarism-Detector Personal» (Skyline Studios) [3], «АУРА-

Текст» [4], Автор.NET (Шарапов Р.В., ГОУ ВПО ВлГУ) [5], сервис www.miratools.ru [6] и др.

2. «Оффлайновые» системы. Позволяют проводить поиск дубликатов в пределах локальной коллекции. Примерами являются «AntiPlagiarist», «AntiCutAndPaste» (ACNP Software) [7], «WCopyFind 2.1» (Louis A. Bloomfield) [8] и др.

3. Универсальные. Позволяют формировать собственные коллекции текстов, проводить поиск в этих коллекциях, а также использовать сеть Интернет для поиска источников заимствований. К программам, сочетающим возможности обеих групп, относятся «Детектор плагиата» (DIRECTMEDIA Publishing GmbH) [9], «Плагиат Информ» («СофтИнформ») [10], «Антиплагиат» (ЗАО «Анти-Плагиат», «Форексис») [11], а также иностранные аналоги «Turnitin» (iParadigms) [12], «EVE2» (CaNexus) [13], «CopyCatch» (CFL Software Developments) [14] и др.

В основу большинства программ для выявления плагиата [15] положены эффективные алгоритмы поиска нечетких дубликатов текста [16]. В работе [17] показано, что при использовании метода шинглов и скользящего окна достаточно случайным образом сформировать поисковые запросы в размере 5% от общего объема документа, чтобы источник заимствования оказался в числе наиболее популярных результатов поиска.

Перестройка предложений, замена ключевых фраз и слов синонимами с большой вероятностью позволяют обойти данные системы. Идеи, базирующиеся на подсчете текстовых атрибутов, синтаксическом и семантическом анализе используются не так широко ввиду того, что они менее надежны в контексте решаемой задачи. К недостаткам подхода можно отнести и то, что искомый документ должен обязательно находиться в базе данных системы или быть доступным в сети Интернет. В случае если источник заимствования не найден (а причиной этому может служить недостаточный объем базы данных, банальное отсутствие текстового слоя в документе «доноре» и др.), система однозначно расценивает текст как оригинальный.

Поэтому необходимы дополнительные проверки текста на однородность: в случае если какой-либо из фрагментов явно отличается от общего авторского стиля текста, то велика вероятность того, что этот фрагмент заимствован из другого источника. Для проведения таких проверок можно адаптировать уже известные методы идентификации автора текста [18]:

– использовать методы статистического анализа и теории информации: методы сжатия информации, проверку статистических гипотез о равенстве средних на основе критерия Стьюдента, критерий Колмогорова–Смирнова, меру Кульбака и хи-квадарт (на использовании последней меры основан алгоритм определения плагиата в работе [19]);

– использовать методы машинного обучения. При этом нужно интерпретировать задачу поиска неоднородностей как задачу одноклассовой классификации [20], а возможное заимствование определять путем обучения и тестирования на фрагментах текста методом кросс-валидации [21]. Другой вариант – заранее обучить несколько разных классификаторов, способных определять пол автора, возраст, образование, собственно стиль конкретного автора и т.д. Подавая на вход обученных моделей вектор признаков для отдельных фрагментов и анализируя результаты классификации в целом, можно, например, выявить в тексте с явно мужским стилем отдельные фрагменты, написанные женщиной; в тексте, соответствующем возрастной группе 18–25 лет, – группы предложений, характерные для пожилых людей, и т.д., как это делалось в работе [22];

– использовать специализированные методы, такие как, например, метод накопительных сумм [23].

В данной статье для целей определения неоднородностей будет рассмотрен метод накопительных сумм.

Метод накопительных сумм. Изначально метод кумулятивных сумм (QSUM) применялся для отслеживания изменения во времени качества продукции в обрабатывающей промышленности. Для целей определения авторства текстов метод QSUM впервые был использован А. Мортоном [23], адаптировавшим его для измерения отклонений стилометрических характеристик текста:

1. Выбирается пара характеристик, являющихся функциями предложения.

2. Для каждой характеристики производится её подсчет в предложении.

3. Для каждой характеристики вычисляются средние значения признаков для всего текста.

4. Для каждого предложения считаются отклонения значений характеристик от средних значений и строится накопительная сумма отклонений, начиная с нуля и затем последовательно прибавляя отклонения остальных предложений.

5. Строится масштабированный график (рис. 1). Значения кумулятивных сумм для каждой характеристики откладывают на оси ординат в зависимости от текущего номера предложения. Масштаб устанавливают в зависимости от рассчитанного стандартного отклонения наносимых значений и заданного коэффициента масштаба.

6. По виду графиков делается вывод об однородности текста. Графики для однородного стиля должны практически совпадать. Неоднородный текст покажет их несовпадение.

Преимущество метода QSUM заключается в том, что он дает отклонения хронологически, отображая их накопленную сумму, а не просто одиночное число, а также тот факт, что его можно использовать в задачах криминалистики, где тексты зачастую имеют не очень большой объем – достоверные результаты получаются на 50 предложениях.

Рис. 1. Графическая иллюстрация работы метода QSUM

Ключевую роль в методе играет выбор признаков. Характеристика должна слабо контролироваться автором на сознательном уровне, быть устойчивой к из-

менению стиля внутри произведений одного и того же автора и быть способной статистически разделить двух и более авторов с заданной точностью. Сложность заключается как в выборе этих характеристик, так и в методике их сравнения.

Эксперименты Мортона показали, что наилучших результатов для английского языка удается достичь, используя длину предложений (в словах) и комбинацию слов, начинающихся с гласной буквы, и коротких слов из двух-четырех букв.

Методу QSUM посвящена книга Джилл Фарингдон и др. [24]. Эта книга представляет собой полный отчет о работе метода, подробные инструкции по построению графиков и их анализу. В ней приводятся примеры применения метода для атрибуции литературных произведений, чтобы показать, что авторские «привычки» развиваются в детстве и далее остаются постоянными в процессе взросления, в том числе и при использовании автором различных диалектов, а также выдуманных слов и языков. Авторы приходят к выводу о высокой эффективности метода при решении частных прикладных задач автороведческой экспертизы для английского и нестандартного английского языка, но подчеркивают сложность интерпретации результатов работы метода.

Метод QSUM можно использовать для решения наиболее часто возникающей классической задачи автороведческой экспертизы «сравнение по образцу», когда имеются примеры текстов некоторого автора и необходимо установить, является ли он и автором некоторого другого текста. Для этого тексты соединяют в один и строят графики QSUM. Если авторы тестов разные, то вид результатов метода будет существенно отличаться до и после точки соединения. Существует также модификация метода – техника взвешенных кумулятивных сумм, предназначенная для решения подобных задач [25, 26].

Ряд зарубежных исследователей приходят к выводу о том, что метод QSUM не всегда эффективен [27, 28], а некоторые подвергали его жесткой критике [29].

По результатам анализа основных работ, в которых использовался метод QSUM, можно выделить следующие основные проблемы:

1. Интерпретация полученных значений накопительных сумм. Сопоставление графиков между собой в оригинальном методе выполняет человек. Следовательно, этот процесс носит субъективный характер. Кроме того, операция масштабирования сама по себе вносит некоторую ошибку [27], что может существенно повлиять на вид графиков. Для устранения данного недостатка необходимо ввести объективную оценку близости графиков.

2. Выбор характеристик текста. Стоит отметить, что работ, в которых метод QSUM применяется для текстов на русском языке, автору найти не удалось. Многие из обсуждавшихся в данной статье результатов получены при исследовании текстов английского и ряда других индоевропейских языков. В связи с этим актуализируется вопрос о релевантности данных признаков для русскоязычных текстов, особенно остро этот вопрос стоит при обращении к признакам грамматического уровня. В частности, особенностью русского языка в сравнении с английским, на материале которого получена большая часть результатов, является его флективность, а следовательно, и более сложное словообразование, меньшая роль служебных слов в выражении синтаксических связей, высокая степень морфологической и синтаксической омонимии, что в совокупности обусловливает необходимость дополнительной проверки функционирования данных признаков в качестве диагностирующих.

3. Ограниченный объем текста, с которым может работать метод, – не более 50 предложений. Кроме того, использование такой единицы текста, как предложение, также накладывает свои ограничения и вызывает ряд проблем. Поиск конца предложения не всегда прост и однозначен. С высокой долей вероятности восклицательный или вопросительный знак означает конец предложения, в отличие от точки, которая может использоваться в качестве разделителя в середине десятичной дроби, после сокращений и т.д. Кроме того, знаки конца предложений могут вовсе отсутствовать в тексте. Эти факты существенно осложняют процедуру автоматического анализа текста: для точного ответа на вопрос, является ли символ концом предложения, потребуется выполнить синтаксический и, возможно, семантический анализ всего фрагмента текста.

Модифицированный метод накопительных сумм. Опишем шаги модифицированного метода.

1. Деление текста на фрагменты $S = \{S_1,...,S_N\}$. В случае если в тексте присутствует явное членение на предложения, предпочтительно использовать их, при этом границы определяются в автоматическом режиме благодаря набору определенных эвристических правил. Если границы предложения явно не обозначены, используется набор слов между двумя знаками препинания либо фрагменты фиксированной длины.

2. Выбор характеристик. Для целей определения характеристик текста, описывающих авторский стиль, предлагается предварительно попарно сравнивать все доступные для анализа признаки текста и их комбинации $H = \{H_1,...,H_K\}$.

3. Расчет матрицы накопительных сумм $Q = (Q_{1,1},...,Q_{N,K})$:

$$Q_{i,j} = \sum_{i=1}^{N} (h_{i,j} - \overline{h}_j),$$

где $Q_{i,j}$ – значение накопительной суммы для *i*-го фрагмента S_i для *j*-й характеристики H_j, $h_{i,j}$ – численное значение характеристики в анализируемом фрагменте S_i, $\overline{h}_j$ – среднее значение *j*-й характеристики H_j во всем тексте, N – количество фрагментов в тексте.

4. Регрессионный анализ. Для каждой пары строк (без повторений) матрицы Q находится уравнение регрессии, которое описывает зависимость между двумя характеристиками текста, и стандартная ошибка регрессии. При этом значения накопительных сумм, рассчитанных для первой характеристики, берется как независимая переменная, а значения накопительных сумм для второй – как зависимая. Таким образом получаем уравнения регрессии общим количеством $M = K!/(2(K-2)!)$.

5. Выделение потенциально неоднородных фрагментов. Формируется матрица $G = (G_{1,1},...,G_{N,M})$, где $G_{i,j}$ может принимать значения 0 и 1. Значениям 1 соответствуют потенциально неоднородные фрагменты текста S_i, для которых величина остаточной ошибки $(Q_{i,j} - Q'_{i,j})$ превышает в T_1 раз стандартную ошибку регрессии:

$$Se_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (Q_{i,j} - Q'_{i,j})^2}{N-2}},$$

где $Q_{i,j}$ – фактическое значение накопительной суммы для *i*-го фрагмента S_i для *j*-й характеристики H_j, а $Q'_{i,j}$ – рассчитанное по уравнению регрессии значение накопительной суммы.

6. Голосование. Векторы, полученные на шаге 5, подаются на вход классификатора, который принимает итоговое решение, отличается ли тот или иной фрагмент по стилю от всего текста.

В простейшем случае суммируется итоговое количество позитивных классификаций по всем парам признаков, получая вектор оценок $V=(V_1,...,V_N)$. Если значение итоговой оценки V_i для некоторого фрагмента превышает пороговое значение T_2, то фрагмент классифицируется как неоднородный. На практике решение принимается простым большинством голосов.

В более сложном варианте для каждого классификатора учитывается также его вес в формировании итогового решения. Веса $W=(W_1,...,W_M)$ могут задаваться как самим экспертом, так и формироваться в процессе обучения на тестовом корпусе текстов с помощью методов машинного обучения.

7. Удаление неоднородных фрагментов из текста. Повторение шагов, пока текст не станет однородным.

Результаты экспериментов. В исследовании использовались фрагменты прозаических текстов русских писателей XVIII–XX вв. (всего 215 текстов 50 авторов) размером 25 и 50 предложений. Ограничение 50 предложений взято из оригинального метода. Все тексты были предварительно размечены: определены границы предложений и проведен морфологический анализ. Для имитации плагиата в каждый из фрагментов было добавлено единым блоком от 1 до 10 предложений, взятых из текстов другого автора. Всего было получено 10000 таких фрагментов с заранее известными позициями и объемами вставок.

В качестве сравниваемых характеристик использовались единицы символьного уровня текста, элементы грамматики и идиосинкразические признаки текста (всего 56 признаков), а также их комбинации (в том числе предложенные Мортоном).

На этапе голосования для определения весов используется классификатор на основе машины опорных векторов (SVM), показавший отличные результаты при решении смежных задач [30–32].

Для оценки качества работы классификатора использовалась *F*-мера (мера Ван Ризбергена):

$$F=2\frac{P\cdot R}{P+R},$$

где *P* – точность, а *R* – полнота классификации.

Полученные значения *F*-меры приведены в таблице.

Результаты экспериментов

Объем «вставки» / Объем текста	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	18%	42%	65%	74%	69%	63%	41%	35%	26%	19%
50	12%	39%	50%	63%	71%	68%	70%	64%	58%	63%

Из результатов видно, что предложенный метод чувствителен к количеству вставленных предложений. Максимального значения *F*-меры для текстов объемом 25 предложений удалось достичь при объеме вставки, равной четырем предложениям (74%), для текстов объемом 50 предложений наибольшая эффективность достигнута при добавлении в изначальный текст пяти предложений (71%). Особо стоит отметить, что первое предложение из вставленного блока определяется как неоднородное по стилю в 83% всех экспериментов. Таким образом, существует возможность повысить общее качество работы метода за счет более тщательной настройки его параметров.

Заключение. В данной статье рассмотрена важная междисциплинарная практическая задача – выявление плагиата в тексте, затрагивающая области лингвистики, криминалистики, информационной безопасности, интеллектуального анализа данных и др. Описаны основные подходы к обнаружению текстового плагиата и их недостатки, обоснована необходимость использования методов проверки текста на однородность авторского стиля наряду с классическими алгоритмами текстового поиска. Предложен метод поиска неоднородных фрагментов в тексте, основанный на методе накопительных сумм. Полученные экспериментальные результаты позволяют сделать вывод о достаточно высокой точности работы метода и перспективности предложенного подхода для решения поставленной задачи.

Литература

1. Экспертизы. Вольное сетевое сообщество «Диссернет» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.dissernet.org/expertise, свободный.

2. Шумская А.О. Выбор параметров для идентификации искусственно созданных текстов // Доклады Том. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2013. № 2 (28). С. 126–128.

3. What is Plagiarism Detector? [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.plagiarism-detector.com/what-is-plagiarism-detector.php, свободный.

4. О системе «АУРа–Текст» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://aura.econ.pu.ru/ antiplagiat/about.php, свободный.

5. Шарапова Е.В., Шарапов Р.В. Универсальная система проверки текстов на плагиат «Автор.net» // Информатика и её примененение. 2012. Т. 6, вып. 3. С. 52–58.

6. www.miratools.ru – Сервис проверки уникальности контента [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.miratools.ru/Promo.aspx, свободный.

7. ACNP Software. Plagiarism search tools [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www. anticutandpaste.com/antiplagiarist, свободный.

8. Bloomfield L. WCopyfind 2.1 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.plagiarism.phys. virginia.edu/ WCopyfind%202.1.html, свободный.

9. О проекте «Детектор плагиата» [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.detector-plagiata.ru, свободный.

10. Плагиат-Информ – система для определения плагиата в документах [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.searchinform.ru/main/full-text-search-plagiarism-search-plagiatinform.html, свободный.

11. Интернет-сервис AntiPlagiat.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.antiplagiat.ru, свободный.

12. Turnitin [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.turnitin.com, свободный.

13. EVE Plagiarism Detection System [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.canexus.com, свободный.

14. CFL Software Limited for advanced document search and analisys [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.cflsoftware.com, свободный.

15. Дягилев В.В., Цхай А.А., Бутаков С.В. Архитектура сервиса определения плагиата, исключающая возможность нарушения авторских прав // Вестник НГУ. Сер. Информационные технологии. 2011. Т. 9, вып. 3. С. 23–29.

16. Зеленков Ю.Г., Сегалович И.В. Сравнительный анализ методов определения нечетких дубликатов для Web-документов // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции (RCDL'2007): Тр. IX Всеросс. научн. конф. Переславль-Залесский. 2007. Т. 1. С. 166–174.

17. Butakov S., Shcherbinin V. On the Number of Search Queries Required for Internet Plagiarism Detection // Proc. of the 9th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (July 15–17, 2009). Washington, DC: ICALT. IEEE Computer Society. 2009. Vol. 00. P. 482–483.

18. Романов А.С. Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В. Разработка и исследование математических моделей, методик и программных средств информационных процессов при идентификации автора текста. Томск: В-Спектр, 2011. 188 с.

19. Седов А.В., Рогов А.А. Анализ неоднородностей в тексте на основе последовательностей частей речи [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. Режим доступа: www.science-education.ru/107-8339, свободный.

20. Benno Stein, Sven Meyer zu Eissen Intrinsic Plagiarism Analysis with Meta Learning / In Benno Stein, Moshe Koppel, and Efstathios Stamatatos, editors // SIGIR Workshop on Plagiarism Analysis, Authorship Identification, and Near-Duplicate Detection (PAN 07). 2007. P. 45–50.

21. Воронцов К.В. Комбинаторный подход к оценке качества обучаемых алгоритмов // Математические вопросы кибернетики. М.: Физматлит, 2004. Т. 13. С. 5–36.

22. Mechti S., Jaoua M., Hadrich Belghith A Framework for Plagiarism Detection Based on Author Profiling. Notebook for PAN at CLEF 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.clef-initiative.eu/documents/71612/c7a0e432-dd82-46b1-ab9e-5d0dd98c3a8d, свободный.

23. Morton A.Q. Literary Detection: How to Prove Authorship and Fraud In Literature and Documents / A.Q. Morton. N.Y.: Scribner's, 1978. 221 p.

24. Farringdon J.M. Analyzing for Authorship / J.M. Farringdon with contributions by Morton A.Q., Farringdon M.G., Baker M.D. Cardiff: University of Wales Press, 1996. 324 p.

25. Biessel A., Williamson R.J. Successive difference tests – theory and Interpretation // Journal of Applied Statistics. 1988. Vol. 5, issue 3. P. 305–323.

26. Somers H. An Attempt to Use Weighted QSUMs to Identify Sublanguages // Proceedings of the Joint Conference on New Methods in Language Processing and Computational Natural Language Learning, NeMLaP3/CoNLL98. 1998. P. 131–139.

27. Hersee M. Automatic Detection of Plagiarism: An Approach Using the Qsum Method. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.dcs.shef.ac.uk/intranet/ teaching/public/projects/archive/ug2001/ pdf/u8msh.pdf, свободный.

28. Bonsall B. The Automatic Detection of Plagiarism [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.dcs.shef.ac.uk/intranet/teaching/ public/projects/archive/ug2004/ pdf/u7bb.pdf, свободный.

29. Holmes D., Tweedie F.J. Forensic Stylometry: A Review of the QSUM Controversy // Revue Informatique et Statistique dans les Sciences humanies. 1995. № 31. P. 19–47.

30. Романов А.С., Мещеряков Р.В. Идентификация автора текста с помощью аппарата опорных векторов // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные техноло-

гии: матер. ежегод. междунар. конф. «Диалог–2009» (Бекасово, 27–31 мая 2009 г.). М.: РГГУ, 2009. Вып. 8 (15). С. 432–437.

31. Романов А.С., Мещеряков Р.В. Идентификация авторства коротких текстов методами машинного обучения // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: матер. ежегод. междунар. конф. «Диалог» (Бекасово, 26–30 мая 2010 г.). М.: Изд-во РГГУ, 2010. Вып. 9 (16). С. 407–413.

32. Романов А.С., Мещеряков Р.В Определение пола автора короткого электронного сообщения // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: матер.ежегод. междунар. конф. «Диалог» (Бекасово, 25–29 мая 2011 г.). М.: Изд-во РГГУ, 2011. Вып. 10 (17). С. 620–626.

УДК 511-519.1

КРИТЕРИИ ПРОСТОТЫ ЧИСЛА НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДЯЩИХ ФУНКЦИЙ

Ю.В. Шабля, Д.В. Кручинин

Показана роль простых чисел в защите информации. Проведены исследования в области построения критериев простоты натурального числа на основе теории производящих функций. Получены коэффициенты композиции двух производящих функций $\ln(1+F(x))$ и $\operatorname{arctg}(F(x))$, где $F(x)$ – обыкновенная производящая функция с целочисленными коэффициентами, и изучены свойства данных коэффициентов, которые могут быть применены для построения новых тестов на простоту натурального числа.

Ключевые слова: простые числа, тесты на простоту, производящие функции, композиция.

В последние годы все больше и больше уделяется внимания информатизации общества, а сама информация теперь воспринимается как достаточно ценный ресурс. Как следствие, защита информации становится неотъемлемой частью информационных процессов. Решением данной проблемы занимается такая наука, как криптография.

В качестве математической основы современной криптографии рассматривается теория чисел, а основным понятием теории чисел, применяющимся в области защиты информации, является простое число. Вокруг данного понятия существует целый ряд нерешенных вопросов, решение которых представляет высокую научную ценность:

– как построить простое число (актуально при построении огромных простых чисел, используемых в качестве секретных ключей шифрования в некоторых криптографических системах);

– как проверить натуральное число на простоту (поиск наиболее эффективного и точного метода тестирования числа на простоту);

– как получить факторизацию числа (разложение числа на простые множители).

Большинство криптографических алгоритмов для защиты информации основаны на положениях теории чисел и, в частности, с применением простых чисел (например, криптографическая система с открытым ключом RSA). Именно решение второго вопроса имеет наибольшее техническое и экономическое значение, так как не существует единого эффективного способа быстрого определения простоты числа. Исследования в этой области проводятся и на данный момент,

например, одной из последних значительных разработок стал полиномиальный тест простоты числа AKS [1].

Как следствие, разработка более эффективных и точных методов проверки натурального числа на простоту с целью снижения потребляемых временных ресурсов и повышения качества криптографических систем при шифровании является актуальным направлением.

В работах [2–3] предлагается новый метод генерации алгоритмов проверки на простоту натурального числа, основанный на теории производящих функций. В данных работах рассмотрена композиция с использованием логарифмической производящей функции, но применение такого метода возможно и с применением композиции других производящих функций, которые можно привести к требуемому виду (например, функция арктангенса, арктангенса гиперболического).

Предложенный метод основан на свойствах композиции производящих функций, описанных в работе [4].

Пусть $F(x)=\sum_{n=1}^{\infty} f(n)x^n$ – производящая функция с целыми коэффициентами; $R(x)=\sum_{n=1}^{\infty} r(n)x^n$ – логарифмическая производящая функция; тогда для композиции $G(x)=R(F(x))$, такой что $G(x)=\sum_{n=1}^{\infty} g(n)x^n$, выполняются следующие свойства:

1) Для любых значений $n\in\mathrm{N}$ значения выражения $ng(n)$ являются целыми числами.

2) Для любого простого n значение выражения $\frac{ng(n)-f(1)^n}{n}$ является целым числом.

Представленный метод уже был использован для получения критериев простоты с применением в качестве внешней производящей функции композиции производящих функций функции вида $\ln(1+F(x))$. На данный момент проводится работа по построению критериев простоты числа с применением в качестве внешней функции функций вида $\mathrm{arctg}(F(x))$ и $\mathrm{arth}(F(x))$.

Рассмотрим пример получения критерия простоты числа.

В качестве внешней производящей функции $R(x)$ композиции производящих функций $G(x) = R(F(x))$ взята производящая функция вида

$$R(x)=\ln(1+x)=x-\frac{x^2}{2}+\frac{x^3}{3}-\ldots=\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^{n-1}}{n}x^n. \quad (1)$$

Тогда функция коэффициентов $r(n)$ производящей функции $R(x)$

$$r(n)=\frac{(-1)^{n-1}}{n}. \quad (2)$$

В качестве внутренней функции F(x) композиции $G(x)=R(F(x))$ берем производящую функцию вида

$$F(x)=ax+bx^2. \quad (3)$$

Функция коэффициентов $g(n)$ композиции $G(x) = R(F(x))$

$$g(n)=\sum_{k=1}^{n}F^{\Delta}(n,k,a,b)r(k)=\sum_{k=1}^{n}a^{2k-n}b^{n-k}\binom{k}{n-k}\frac{(-1)^{n-1}}{n}. \quad (4)$$

Согласно свойству композиции при произвольных значениях a, b получим критерий простоты числа в общем виде: при любых целых a, b значение выражения

$$(-1)^{n+1}\frac{\left(a+\sqrt{4b-a^2}\,i\right)^n+\left(a-\sqrt{4b-a^2}\,i\right)^n-(2a)^n}{n2^n} \quad (5)$$

является целым для простых чисел n.

Данный критерий простоты числа является трудно вычислимым за счёт присутствия возведения в степень n. Но, рассматривая вместо a и b определенные значения, можно значительно упрощать сложность и улучшать качество полученного критерия простоты числа. Полученные на основе данного критерия простоты тесты на простоту будут вероятностными.

Получаемые критерии могут быть применены для построения новых тестов на простоту натурального числа. Следовательно, благодаря исследованиям в данном направлении появляется возможность разработки более эффективных и точных методов проверки натуральных чисел на простоту за счет нахождения подходящих критериев простоты числа.

Литература

1. Agrawal M. Primes is in *p* / M. Agrawal, N. Kayal, N. Saxena // Annals of mathematics. 2004. P. 781–793.

2. Кручинин Д.В. Метод построения алгоритмов проверки простоты натуральных чисел для защиты информации / Д.В. Кручинин, В.В. Кручинин // Доклады ТУСУР. 2011. №2(24). С. 247–251.

3. Кручинин Д.В. О свойствах коэффициентов суперпозиции некоторых производящих функций // Прикладная дискретная математика. 2012. №1(15). С. 55–59.

4. Kruchinin D.V. Superposition's properties of logarithmic generating functions [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://arxiv.org/abs/1109.1683, свободный (дата обращения: 16.10.2013).

УДК 004.056

ПОДБОР СТАНДАРТОВ И СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОИСКА УЯЗВИМОСТЕЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

А.С. Яценко

Предложен набор стандартов и справочной информации для организации процесса поиска уязвимостей в используемом программном обеспечении.

Ключевые слова: поиск уязвимостей, стандарты информационной безопасности.

Описание проблемы. Существующие стандарты [1–3], нормативно-методические рекомендации [4] указывают на то, что необходимо проводить периодический поиск уязвимостей информационных систем, используемых на объектах информатизации. Но сам процесс поиска уязвимостей, а также организации самого процесса организации поиска уязвимостей российскими стандартами не регламентируется. Непонятным остается, каким образом организовать процесс

поиска уязвимостей информационных систем и какую методическую базу использовать.

В данной статье рассмотрены стандарты, методологии и справочная информация для проведения всестороннего поиска уязвимостей сети, программного обеспечения, установленного локально и в Web-сервисах.

Постановка задачи. Необходимо описать перечень стандартов и справочной информации для организации процесса поиска уязвимостей в информационных системах при условии, что указанные стандарты, методологии и справочная информация должна содержать информацию для организации проведения всестороннего поиска уязвимостей сети, программноо обеспечения и Web-сервисов.

Описание стандартов и справочного материала для организации процесса поиска уязвимостей

Анализ защищенности и поиска уязвимостей сети. Для организации процесса поиска уязвимостей в сетевых приложениях можно использовать стандарт NIST 800-115 «Technical Guide to Information Security Testing and Assessment», разработанный Национальным институтом стандартов и технологий при департаменте торговли США. Стандарт описывает процедуру поиска сетевых уязвимостей с использованием различных технологий организации сети. Стандарт:

– содержит методику оценки состояния защищенности информационных систем;
– описывает методы обследования и проверки безопасности сети;
– содержит описание методов определения целей и анализа уязвимостей;
– описывает подход планирования оценки безопасности;
– описывает ключевые факторы оценок безопасности, мониторинга, анализа и обработки данных;
– описывает документирование полученных результатов проверки.

Проверка защищенности, согласно стандарту, должна осуществляться минимум в 3 этапа, а именно:

– планирование;
– выполнение;
– анализ.

На этапе планирования определяются границы проведения оценки защищенности, устанавливаются сроки проведения, ресурсы, которые можно будет использовать, активы, защищенность которых будет проверяться, утверждается подход к оценке защищенности, утверждается ответственный персонал, а также средства оценки защищенности.

На этапе выполнения определяются уязвимости с использованием утвержденных методик и средств тестирования.

На этапе анализа происходит обработка результатов тестирования. Найденные уязвимости оцениваются, определяются причины их появления. Разрабатываются рекомендации по устранению уязвимостей, предлагаются к использованию средства защиты. Все вышеописанное заносится в итоговый отчет.

Рекомендованные стандартом техники тестирования и возможности, которые предоставляют данные тесты, приведены в таблице.

В стандарте приведены ссылки на программное обеспечение для автоматизации процесса поиска уязвимостей. Средств оценки защищенности и поиска уязвимостей, сертифицированных в соответствии с законодательством РФ, не приведено.

Техники тестирования и их возможности

Техника	Возможности
Исследование сети	– обнаружение активных устройств; – определение каналов связи и сетевых архитектур
Анализ сетевых портов и идентификация сервисов	– обнаружение активных устройств; – обнаружение открытых портов и связанных с ними сервисов / приложений
Сканирование для поиска уязвимостей	– определение хостов и открытых портов; – определение известных уязвимостей; – выдача рекомендаций по смягчению обнаруженных уязвимостей
Беспроводное сканирование	– определение несанкционированных беспроводных устройств в радиусе действия сканеров; – обнаружение беспроводных сигналов за пределами периметра организации; – обнаружение потенциальных закладок и других нарушений безопасности
Взлом пароля	– определение слабых паролей и политики паролей
Тесты на проникновение	– тестирование безопасности с использованием той же методологии и инструментов, что используют злоумышленники; – проверка уязвимостей
Социальная инженерия	– проверка человеческого фактора

При проведении поиска уязвимостей данный стандарт можно использовать как непосредственное руководство к действию для проведения комплексной оценки защищенности сети, поиска каналов утечки, адекватности реакции персонала и организации самого процесса поиска уязвимостей [5].

Анализ защищенности и поиск уязвимости Web-приложений. Для организации поиска уязвимостей Web-приложений и баз данных целесообразно использовать стандарт OWASP TESTING GUIDE. Данный стандарт был разработан международной благотворительной некоммерческой организацией, целью которой является повышение уровня информационной безопасности во всем мире [6]. Стандарт содержит в себе описание более 80 различных тестов, позволяющих охватить большую часть технологий используемых при построении Web приложений. Тесты, описанные в стандарте, разделены на категории в зависимости от цели их проведения:

- тесты, направленные на сбор информации о приложении;
- тесты, направленные на тестирование системы управления конфигурациями;
- тесты, направленные на проверку системы аутентификации;
- тесты, системы управления сеансами;
- тесты, системы проверки авторизации;
- тесты, направленные на проверку бизнес-логики приложения;
- тесты, направленные на проверку данных;
- тесты, направленные на устойчивость к проведению атак типа «Отказ в обслуживании»;

– тесты, направленные на тестирование технологии AJAX;
– тесты, направленные на тестирование Web-службы.

В стандарте приведены программные средства, рекомендуемые к использованию и автоматизирующие процесс поиска уязвимостей Web-приложений. Средств оценки защищенности и поиска уязвимостей, сертифицированных в соответствии с законодательством РФ, не приведено [7].

Анализ защищенности и поиск уязвимости в программном обеспечении, установленном на локальных компьютерах. Для организации поиска уязвимостей в программном обеспечении, установленном на локальных компьютерах, можно воспользоваться информацией, приведенной в открытых базах данных, выявленных уязвимостей, представленных в Интернете.

Common Vulnerabilities and Exposures (CVE) это открытая база данных уязвимостей, поддерживаемая в том числе и Национальным институтом стандартов и технологий при департаменте торговли США [8]. База данных содержит описание более 58000 уязвимостей и постоянно пополняется.

Описание уязвимости содержит следующую информацию:
– идентификационный номер в формате CVE;
– название и версия программного обеспечения, в котором выявлена уязвимость;
– ссылка на страницу с описанием уязвимости;
– дата добавления записи об уязвимости.

После поиска уязвимостей в программном обеспечении, установленном на локальных компьютерах, необходимо посетить сайт производителя и скачать необходимые обновления для программного обеспечения, перекрывающие найденные уязвимости. В случае отсутствия обновлений необходимо использовать компенсирующие меры защиты информации.

Заключение. В приведенных выше стандартах описаны методология и процесс организации поиска уязвимостей в информационной системе, приведены ссылки на программное обеспечение, позволяющее автоматизировать процесс поиска уязвимостей. Также в качестве ресурса справочной информации указана база уязвимостей, с помощью которой можно выявлять уязвимости в установленном программном обеспечении.

Приведенные стандарты, методологии и справочная информация содержат информацию для организации проведения всестороннего поиска уязвимостей сети, программного обеспечения и Web-сервисов.

Литература

1. СТО БР ИББС-1.2-2010. Методика оценки соответствия информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации требованиям СТО БР ИББС-1.0-20xx.

2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27000. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Общий обзор и терминология.

3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27003. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Руководство по реализации системы менеджмента информационной безопасности.

4. Приказ ФСТЭК России от 18.02.2013 №21. Об утверждении Состава и содержания организационных и технических мер по обеспечению безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных.

5. NIST 800-115 Technical Guide to Information Security Testing and Assessment [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-115/SP800-115.pdf, свободный (дата обращения: 14.11.2013).

6. OWASP [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.owasp.org/, свободный (дата обращения: 14.11.2013).

7. OWASP Testing Guide [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.owasp.org/images/5/56/OWASP_Testing_Guide_v3.pdf, свободный (дата обращения: 14.11.2013).

8. Common Vulnerabilities and Exposures (CVE) [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://cve.mitre.org/cve/, свободный (дата обращения: 14.11.2013).

УДК 621.396.41

АНАЛИЗ СЕТЕВОГО ТРАФИКА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

П.В. Жигулин, А.В. Мальцев, М.А. Мельников, Д.Э. Подворчан

Рассмотрена проблема поддержания информационной безопасности в информационных системах с помощью аппарата нейронных сетей. Описан процесс создания тестовой модели нейронной сети, предназначенной для распознавания сетевых атак, представленных в базе данных университета MIT [1]. Произведен расчет информативности используемых признаков по методам Кульбака, Шеннона и накопления частот.

Ключевые слова: нейронные сети, сетевые угрозы, системы безопасности.

Введение и постановка задачи. В современном мире наиболее актуальны вопросы информационной безопасности в информационных системах (ИС). Основными способами защиты от несанкционированного доступа (НСД) к данным на сегодняшний день является антивирусное ПО, прокси-серверы и межсетевые экраны. Среди плюсов этих средств защиты стоит отметить уже устоявшуюся практику их использования и хорошие результаты при защите от известных сетевых атак. К недостаткам можно отнести работу по строго заложенным алгоритмам, что лишает такие системы гибкости. В условиях увеличения объемов информации, которые циркулируют в компьютерных сетях, и увеличения количества различных сетевых угроз необходим инструмент с более гибкой логикой, который увеличит адаптивность системы защиты информации. Такой особенностью обладают искусственные нейронные сети.

Целью проекта является создание программного продукта на основе нейронных сетей по защите информационных систем от сетевых атак и проведение анализа параметров сетевого трафика на информативность.

Создание и тестирование нейронной сети. Для тестирования нейронной сети были использованы встроенные средства математического пакета MATLAB. В базе данных [1] находится информация о 23 различных атаках, каждая из которых характеризуется набором характеристик (признаков) [2]. Для распознавания были выбраны 10 различных сетевых атак, включая нормальный трафик. В качестве входных параметров для обучения использовались 38 количественных признаков.

Согласно [3], по умолчанию для задач классификации следует выбирать следующие параметры:

- количество входных нейронов равно размерности входного вектора;
- количество выходных нейронов – числу классов для распознавания;

• скрытые слои:

– один скрытый слой;

– количество нейронов в скрытом слое должно быть равным или в 1,5–2 раза превышать количество нейронов входного слоя;

– производительность сети прямо пропорциональна количеству нейронов в скрытом слое.

Для проведения тестов была создана сеть прямого распространения с одним скрытым слоем нейронов. Архитектура сети представлена на рис. 1.

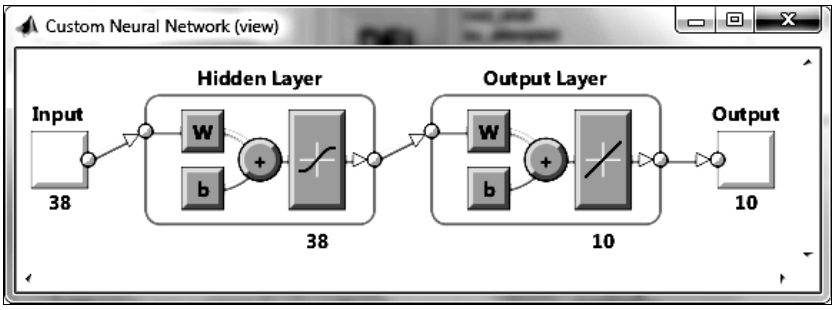


Рис. 1. Архитектура нейронной сети

При тестировании системы оценивалась возможность распознания системой в сетевом трафике любых атак без классификации по типу атаки. Результаты тестирования представлены в таблице.

Результаты тестирования нейронной сети

Кол-во примеров в одном тесте	Ошибки первого рода, %	Ошибки второго рода, %
10000	7,5 ± 3,9	0,035 ± 0,030
7500	6,8 ± 3,2	0,035 ± 0,026
7000	5,5 ± 2,6	0,036 ± 0,025
6500	5,7 ± 2,8	0,036 ± 0,025
6000	6,0 ± 2,9	0,047 ± 0,032
5500	5,5 ± 2,8	0,038 ± 0,270
5000	5,9 ± 3,0	0,049 ± 0,036

Как можно заметить, нейронная сеть распознает атаки с достаточно высокой вероятностью, но имеет недостатки в распознавании сетевого трафика без каких-либо угроз.

Оценка информативности признаков. Для повышения качества распознавания образов и снижения вычислительных затрат был проведен анализ обучающей информации. Целью такого анализа является оценка основных информативных характеристик обучающей выборки, в частности, оценка информативности признаков, оценка значений признаков, выделение наиболее представительных объектов.

С метрической точки зрения различают следующие типы признаков.

Количественные (числовые) признаки – это признаки, замеренные в определенной шкале и в шкалах интервалов и отношений.

Качественные (ранговые, порядковые, балльные) – используются для выражения терминов и понятий, не имеющих цифровых значений (например, тяжесть состояния), и замеряются в шкале порядка.

Для оценки информативности использовались методы Кульбака, Шеннона и накопления частот [4]. В методах Кульбака и Шеннона использовались качественные, а в методе накопления частот – количественные признаки.

Метод Кульбака. Этот метод предлагает в качестве оценки информативности меру расхождения между двумя классами, которая называется дивергенцией. Согласно этому методу информативность или дивергенция Кульбака вычисляется по формуле

$$I(x_j) = \sum_{i=1}^{G} [P_{i1} - P_{i2}] \times \log_2 \frac{P_{i1}}{P_{i2}}, \qquad (1)$$

где P_{i1} – вероятность появления i-й градации в первом классе, $P_{i1} = \dfrac{m_{i1}}{\sum_{i=1}^{G} m_{i,1}}$, где m_{i1} – частота появления i-й градации в первом классе; P_{i2} – вероятность появления i-й градации во втором классе; $P_{i2} = \dfrac{m_{i2}}{\sum_{i=1}^{G} m_{i,2}}$, где m_{i2} – частота появления i-й градации во втором классе.

Метод Шеннона. В этом методе предлагается оценивать информативность как средневзвешенное количество информации, приходящееся на различные градации признака. Под информацией в теории информации понимают величину устраненной энтропии.

Информативность j-го признака в этом методе равна

$$I(x_j) = 1 + \sum_{i=1}^{G} \left(P_i \times \sum_{k=1}^{K} P_{i,k} \times \log_K P_{i,k} \right), \qquad (2)$$

где G – количество градаций признака; K – количество классов; P_i – вероятность i-й градации признака. $P_i = I(x_j) = \dfrac{\sum_{k=1}^{K} m_{i,k}}{N}$, где $m_{i,k}$ – частота появления i-й градации в K-м классе; N – общее число наблюдений; $P_{i,k}$ – вероятность появления i -й градации признака в K-м классе $P_{i,k} = \dfrac{m_{i,k}}{\sum_{k=1}^{K} m_{i,k}}$.

Метод накопленных частот. Сущность этого метода состоит в том, что если имеются 2 выборки признака x, принадлежащие 2 различным классам, то по обеим выборкам в одних координатных осях строят эмпирические распределения признака x и подсчитывают накопленные частоты (сумму частот от начального до текущего интервала распределения). Оценкой информативности служит модуль максимальной разности накопленных частот.

Результаты оценки информативности для метода Шеннона и метода накопленных частот представлены на рис. 2. Результаты вычислений для метода Кульбака представлены на рис. 3.

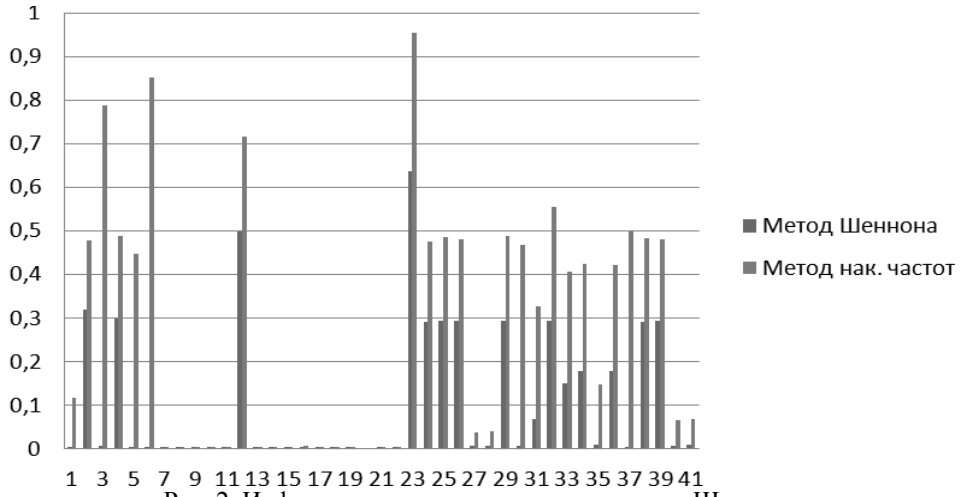


Рис. 2. Информативность признаков по методу Шеннона и методу накопленных частот

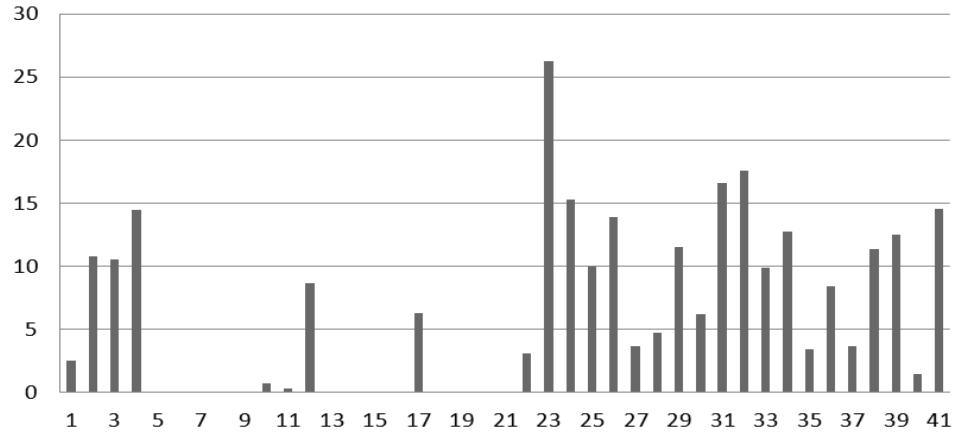


Рис. 3. Информативность признаков по методу Кульбака

Заключение. На данный момент база данных, на которой проводилось тестирование, уже устарела, поэтому сейчас ведется работа по сбору дампов реального трафика, который поступает в информационную систему и содержит информацию об актуальных угрозах. После обработки этой информации планируется обучить нейронную сеть на новых данных и провести тестирование на актуальных к сегодняшнему дню данных.

Из проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Нейронная сеть способна распознавать сетевые атаки, но имеются проблемы с распознаванием безопасного сетевого трафика. Для решения этой проблемы необходимо учитывать информативность признаков, которые характеризуют трафик, а также, возможно, стоит изменить архитектуру сети.

2. Не каждый из признаков для распознавания несет полезную информацию, поэтому стоит сократить размер входного вектора, исключив неинформативные признаки, тем самым можно снизить количество вычислительных мощностей, требующихся для работы нейронной сети.

3. Решение, основанное на нейронных сетях, может в перспективе стать гибким решением проблемы информационной безопасности в ИС. Использовать готовый программный продукт предполагается на серверных машинах как дополнение или замену к стандартным средствам защиты.

Литература

1. База данных университета MIT [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://kdd.ics.uci.edu/databases/kddcup99/, свободный (дата обращения: 05.11.2012).

2. Описание характеристик сетевого трафика [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://kdd.ics.uci.edu/databases/kddcup99/task.html, свободный (дата обращения: 05.11.2012).

3. Andrew Ng Lection 09: Neural networks – Learning [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.holehouse.org/mlclass/09_Neural_Networks_Learning.html, свободный (дата обращения: 25.05.2013).

4. Голованова И.С. Выбор информативных признаков. Оценка информативности: метод. указания к лабораторным работам. Томск, 2003.

Секция 13

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ И ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

*Председатель секции – **Ехлаков Ю.П.**, д.т.н., профессор, зав. каф. АОИ*

УДК 004.9+622.2

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ БЛОКОВ НА ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

М.В. Гуцул, А.Д. Истомин, М.Д. Носков, А.А. Чеглоков

Представлено проблемно-ориентированное программное обеспечение для поддержки принятия решений при проектировании эксплуатационных блоков на геотехнологическом предприятии. Описана методика применения программного обеспечения для выбора оптимальных схем вскрытия эксплуатационных блоков в соответствии с заданными пользователем критериями. Рассмотрен алгоритм работы программного обеспечения.

Ключевые слова: информационные технологии, системы поддержки принятия решения, программное обеспечение, добыча урана, подземное выщелачивание, оптимизация отработки.

Основной задачей, стоящей перед геотехнологическим предприятием, является повышение эффективности горноподготовительных работ и оптимизация последующей отработки эксплуатационных блоков. Эффективность разработки месторождения урана методом скважинного подземного выщелачивания напрямую зависит от параметров схем вскрытия залежи [1, 2]. Основными геотехнологическими параметрами, влияющими на эффективность подземного выщелачивания, являются: тип схем расположения технологических скважин (гексагональная, рядная, шахматная и др.); параметры технологических ячеек (расстояния между откачными и закачными скважинами, расстояния между рядами, между скважинами в ряду); параметры вскрытия пласта. В настоящее время на геотехнологических предприятиях используются различные программные комплексы, позволяющие автоматизировать процесс производства. Для повышения эффективности разработки месторождения необходимо проводить выбор оптимальных схем вскрытия проектируемых эксплуатационных блоков. Для решения поставленной задачи целесообразно применять проблемно-ориентированное программное обеспечение для поддержки принятия решений, позволяющее на основе имеющейся информации о геологических и геотехнологических факторах максимально автоматизировать процесс планирования, проектирования и оптимизации. Применение систем поддержки принятия решений позволит: выполнять сложные математические расчеты, обеспечить выбор наилучшего решения из множества возможных, формировать предложения по оптимизации отработки, формировать отчеты в максимально удобном виде, а также избавить специалистов от выполнения рутинных операций вручную [3].

Для оптимизации и планирования горных работ было разработано программное обеспечение на языке программирования C++, в среде разработки Borland Developer Studio XE3, для применения на персональных компьютерах,

работающих под управлением операционных систем MS Windows. Программное обеспечение построено по клиент-серверной технологии. Информация для работы программы содержится в интегрированном хранилище данных. Рабочее окно программного обеспечения представлено на рис. 1.

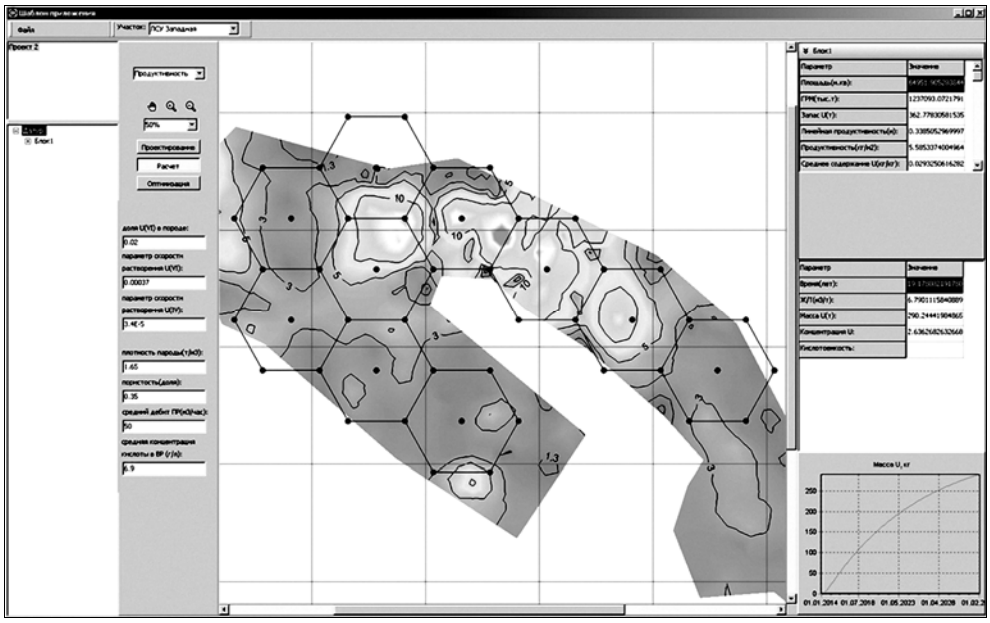


Рис. 1. Рабочее окно программного обеспечения

Программа позволяет в полуавтоматическом или автоматическом режимах выбирать наилучшие схемы вскрытия эксплуатационных блоков исходя из заданных пользователем критериев, которые соответствуют задачам, стоящим на данный момент перед горнодобывающим предприятием. Также программное обеспечение позволяет готовить планы горных работ. Исходными данными для работы программного обеспечения являются: геолого-математическая модель залежи, построенная по результатам детальной разведки, математические модели расчета целевых функций, финансово-экономические параметры. В качестве целевых функций оптимизации целесообразно использовать отношение закаченного объема рабочих растворов к горнорудной массе блока (отношение Ж/Т) для заданной степени отработки эксплуатационного блока; время, требуемое для достижения заданной степени отработки эксплуатационного блока; степень вскрытия запасов эксплуатационными блоками; себестоимость добычи урана.

Алгоритм работы программного обеспечения состоит из нескольких блоков. Первый блок – блок импорта геолого-математической модели залежи. В данном блоке программа подключается к геологической базе данных, пользователь осуществляет выбор геолого-математической модели залежи, построенной по результатам детальной разведки [4, 5]. После этого осуществляется импорт распределений эффективной мощности и метропроцента. На основе этих данных рассчитываются распределения продуктивности и содержания урана. Распределения строятся на основе адаптивной треугольной сетки.

Второй блок – блок создания технологических объектов. В этом блоке пользователь вводит параметры технологических объектов, после чего производит

построение эксплуатационных блоков, с помощью примитивов технологических ячеек. В третьем блоке на основе созданных технологических объектов и распределений физических величин производится расчет геотехнологических параметров и геотехнологических показателей отработки блока. Расчет геотехнологических параметров блока осуществляется путем интегрирования распределений физических величин в пределах блока. Расчет геотехнологических показателей осуществляется с помощью соответствующих математических моделей.

Четвертый блок – блок оптимизации отработки. В данном блоке осуществляется поиск оптимальных схем скрытия. Пользователь выбирает целевые функции, задает весовые множители выбранных целевых функций и выбирает метод оптимизации. На основе введенной информации запускается итерационный процесс, критерием остановки которого являются: достижение экстремума целевых функций, достижение максимального количества итераций. На каждой итерации проводится оценка соответствия критерию оптимальности.

В пятом блоке программа выводит результаты расчетов в виде графиков и таблиц, позволяя пользователю оценить результат оптимизации. Шестой блок – блок формирования отчетов. Этот блок позволяет формировать планы горных работ по заранее заданному пользователем шаблону.

Методика применения программного обеспечения для выбора оптимальных схем вскрытия эксплуатационных блоков при скважинном подземном выщелачивании состоит из пяти последовательных этапов: создание проекта эксплуатационного блока; расчет геотехнологических параметров блока; расчет прогнозных геотехнологических показателей отработки блока; выбор целевой функции оптимизации; анализ результатов оптимизации.

На первом этапе строится модель проектируемого эксплуатационного блока. На основе геолого-математической модели строится модель технологических объектов эксплуатационного блока, которая включает в себя координаты забоев технологических скважин, расположение технологических ячеек, интервалы посадки фильтров, режимы работы скважин, дебиты технологических скважин. Создание проектов эксплуатационных блоков осуществляется с помощью примитивов технологических ячеек (рядная, гексагональная, шахматная схема и др.). Форма и расположение технологических объектов в дальнейшем могут быть изменены. Кроме этого, вводятся финансово-экономические параметры, необходимые для расчета себестоимости добычи урана (стоимость сооружения одного метра закачной и откачной скважин; стоимость обвязки и оснащения одной закачной и откачной скважины; стоимость оснащения откачной скважины средствами растворoподъема; стоимость одного килограмма кислоты и окислителя; стоимость 1 кВт/ч электроэнергии и т.д.).

На втором этапе на основе модели эксплуатационного блока рассчитываются геотехнологические параметры проектируемого эксплуатационного блока (площадь блока, средняя эффективная мощность блока, запас урана в блоке, горнорудная масса, средняя продуктивность, линейная продуктивность, среднее содержание урана).

На третьем этапе рассчитываются прогнозные геотехнологические показатели отработки блока: время отработки, отношение Ж/Т, концентрация урана в продуктивных растворах, масса извлеченного урана, кислотоемкость, расход кислоты. Прогнозные показатели отрабоки рассчитываются для заданной степени отработки. Строятся зависимости концентрации урана в продуктивных раство-

рах, массы извлеченного урана и степени извлечения, расхода кислоты и окислителя от времени и Ж/Т.

Исходными данными для расчета являются параметры физико-химических процессов (параметры скорости растворения четырехвалентного и шестивалентного урана, константа скорости нейтрализации кислоты и др.), которые определяются на основе проведенного ранее анализа отработки эксплуатационных блоков.

На четвертом этапе осуществляется выбор целевой функции оптимизации, экстремум которой достигается в процессе оптимизации, и производится выбор метода оптимизации. Для решения задачи многокритериального выбора используется метод взвешенной суммы [6]. Таким образом, задача многокритериальной оптимизации сводится к задаче оптимизации с одной целевой функцией. Влияния частных целевых функций на результат общей целевой функции учитывается с помощью весовых коэффициентов, которые задаются пользователем. Далее выполняется расчет оптимальных схем и режимов отработки эксплуатационного блока.

В качестве варьируемых параметров при оптимизации используются: перемещение блока, вращение блока как целого, пропорциональное изменение размеров блока, изменение расстояния между рядами, изменение расстояния между скважинами в ряду. Целевые функции рассчитываются с помощью соответствующих математических моделей на основе геотехнологических и финансово-экономических факторов и параметров. Для расчетов значений целевых функций используются характеристики и показатели отработки эксплуатационных блоков. Для расчета отношения Ж/Т используется зависимость концентрации урана в продуктивных растворах или массы добытого урана от Ж/Т. Для расчета времени используется зависимость темпа отработки блока или массы добытого урана от времени. Для расчета себестоимости добычи урана используются зависимости концентрации урана в продуктивных растворах, дебита блока, расхода кислоты и окислителя от времени. В качестве критериев оптимальности используются: минимум отношения Ж/Т, минимум времени отработки, минимум расхода кислоты, максимум концентрации урана в продуктивных растворах, максимум массы извлеченного урана. Для численной реализации алгоритма оптимизации использован метод градиентного спуска [6]. Процесс решения задачи с помощью данного метода состоит в последовательном движении к точке экстремума функции в направлении градиента.

На последнем этапе проводится анализ результатов оптимизации. Для удобства анализа процесса оптимизации результаты расчета целевых функций выводятся в виде таблицы, в которой соответствующими цветами обозначены положительный и отрицательный результаты. Также строятся графики зависимостей основных показателей отработки от отношения Ж/Т или от времени для исходного и оптимизационного проектов эксплуатационного блока. Если критерий оптимальности удовлетворяется, формируются планы горных работ. Если соответствие проекта выбранному критерию оптимальности не достигнуто, то проводится изменение схемы или параметров эксплуатационного блока и повторяются действия, выполняемые на четвертом этапе.

Разработанное проблемно-ориентированное программное обеспечение позволяет выбирать наилучшие схемы вскрытия эксплуатационных блоков исходя из заданных пользователем критериев, а также готовить планы горных работ. Данное программное обеспечение позволяет выполнять оптимизацию в полуавтоматическом или в автоматическом режиме. В полуавтоматическом режиме оп-

ределение оптимальных схем вскрытия осуществляется вручную, после чего повторно рассчитываются значения целевых функций. В автоматическом режиме построение оптимальных схем осуществляется программой в соответствии с заданными критериями. Разработанное программное обеспечение позволяет: готовить планы горных работ; повысить качество планирования отработки блоков; сократить время проектирования эксплуатационных блоков; сократить трудоемкость проектирования; повысить эффективность разработки месторождений урана; провести оценку основных геотехнологических показателей отработки блока; провести оценку себестоимости добычи урана.

Литература

1. Белецкий В.И., Богатков Л.К., Волков Н.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. М.: Энергатомиздат, 1997. 672 с.
2. Аренс В.Ж., Гридин О.М., Крейнин Е.В. и др. Физико-химическая геотехнология. М.: Изд-во МГГУ, 2010. 575 с.
3. Першина Е.Л., Попова О.А., Чуканов С.Н. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: комплексы программ, модели, методы, приложения. Омск: СибАДИ, 2010. 204 с.
4. Истомин А.Д., Ладейщиков А.В., Носков М.Д., Чеглоков А.А Применение геологической геоинформационной системы при проведении ГРР на инфильтрационном месторождении урана // Разведка и охрана недр. 2011. № 8. С. 6–11.
5. Истомин А.Д., Носков М.Д., Чеглоков А.А. Горно-геологическая информационная система для месторождения, разрабатываемого методом скважинного подземного выщелачивания // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. № 7. С. 178–183.
6. Катулев А.Н. Математические методы в системах поддержки принятия решений: учеб. пособие / А.Н. Катулев, Н.А. Северцев. М.: Высш. шк., 2005. 311 с.

УДК 338.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПРОЦЕССНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА

М.Ю. Катаев, А.А. Шмырина

Приводится описание процессно-ориентированного подхода в управлении, возможность применения этого подхода в медицинской организации, позволяющего совершенствовать систему управления для достижения высокой эффективности обслуживания пациентов. Для внедрения процессно-ориентированного подхода рассмотрены структура управления медицинским учреждением, а также отдельные бизнес-процессы и описывающие их параметры.

Ключевые слова: бизнес-процесс, медицинское учреждение, качество обслуживания, СМК.

«Если Вы не можете описать то, что Вы делаете, как процесс, Вы не знаете то, что Вы делаете» (Уильям Эдвардс Деминг [1]). Одной из приоритетных задач каждой организации является выбор способа управления, от которого напрямую зависит эффективность работы и значит конкурентоспособность.

Мировой опыт использования процессно-ориентированного подхода [2] к управлению показывает, что его применение целесообразно в условиях существенных изменений во внешней и внутренней среде по отношению к организации. В этих условиях традиционные подходы к управлению (чаще всего функциональные) не позволяют точно и своевременно формировать управленческие решения. Особая значимость применения этого подхода возникает в случае медицинской организации, когда во главу встает задача поддержания здоровья населения.

Решение задач развития медицинской организации должно быть направлено не только на оптимизацию использования имеющихся ресурсов (финансовых, материальных и кадровых), но и на формирование и поддержание эффективных принципов работы на уровне всей организации, а не только отдельных ее подразделений. Методы, технологии и модели процессно-ориентированного подхода к управлению плохо сочетаются с принципами функционального подхода к управлению, когда наблюдается высокая степень централизации власти, преобладание авторитарного стиля руководства, подчиненное положение работников. Развитие рыночных механизмов во внешней относительно медицинского учреждения среде вызывает необходимость своевременного реагирования на все возникающие ситуации. Учет этих ситуаций заставляет создавать мотивационные условия для работников, обеспечивать эффективное использование ресурсов, повышать профессиональные качества работников и др.

Важным инструментом приобретения конкурентных преимуществ, устойчивости и возможности роста является внедрение в медицинской организации системы менеджмента качества в соответствии с международным стандартом ИСО [3]. Эти стандарты предусматривают внедрение процессно-ориентированного подхода к управлению деятельностью медицинского учреждения в интересах пациентов. Применение этого подхода позволяет получить позитивные перемены в: 1) повышении качества лечебно-диагностического процесса; 2) минимизации ошибок диагностики и лечения; 3) снижении себестоимости услуг; 4) повышении качества обслуживания пациентов; 5) сокращении времени обслуживания, что в итоге приводит к сохранению и укреплению здоровья пациентов.

Применение процессно-ориентированного подхода в медицинской организации состоит в том, что организация рассматривается как последовательность бизнес-процессов и воспринимается руководством и сотрудниками как деятельность, направленная на восстановление здоровья пациента. Обязанности каждого структурного подразделения организации определяются и формируются только в рамках конкретного бизнес-процесса. При этом горизонтальные связи гораздо сильнее, чем в функциональном подходе, а вертикальные в данном подходе ослабевают.

Введение процессно-ориентированного подхода требует на первом этапе построения системы взаимосвязанных бизнес-процессов, наделить их функциями и данными, далее использовать их для управления организацией и иметь возможность безболезненно для функционирования организации осуществлять деятельность по улучшению этих бизнес-процессов.

Для начала необходимо выделить бизнес-процессы «как есть» и после этого выстраивать бизнес-процессы «как должно быть». Существующие функциональные блоки необходимо встроить в процессы. Каждое подразделение лечебного учреждения должно быть задействовано в потоке бизнес-процессов для достиже-

ния максимального результата, когда пациент выздоравливает. Это позволяет получить следующие характеристики:

1. Становятся однозначными зоны ответственности руководителей подразделений внутри тех или иных бизнес-процессов.
2. Исключается дублирование функций и полномочий сотрудников.
3. Ликвидируются неэффективные звенья цепочки в деятельности организации.
4. Снижается влияние человеческого фактора при выполнении процесса.
5. Повышается эффективность использования ресурсов.

В настоящее время ряд лечебных учреждений проводят работы по переходу к процессно-ориентированному подходу управления, однако эти работы заканчиваются, как правило, только описанием бизнес-процессов, формированием показателей системы менеджмента качества. Отметим, что этого недостаточно для полноценного внедрения процессного подхода.

Необходимость процессного подхода связана с большой загруженностью поликлиник работой как с внешней (рис. 1), так и внутренней средой (рис. 2).

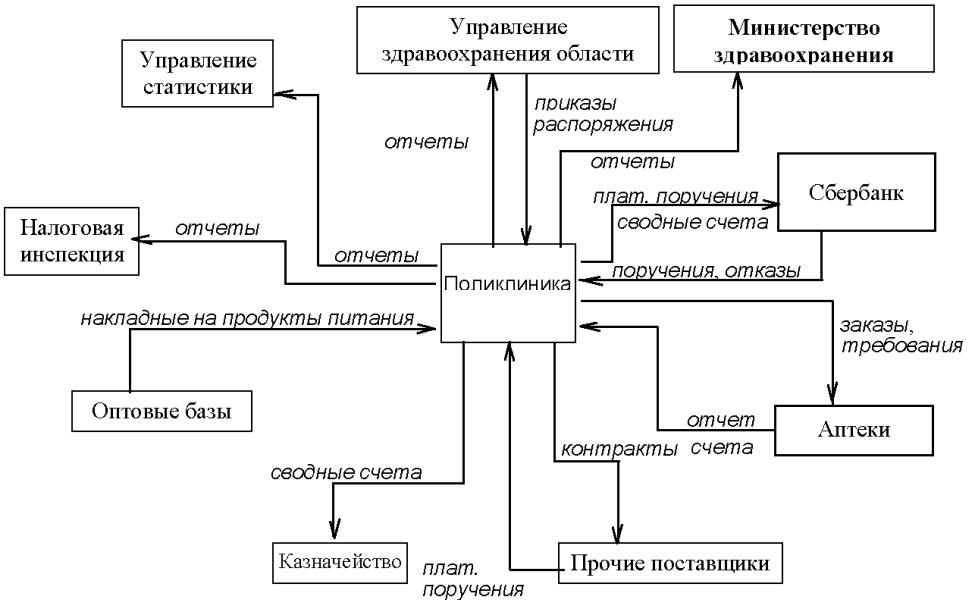


Рис. 1. Внешняя среда поликлиники

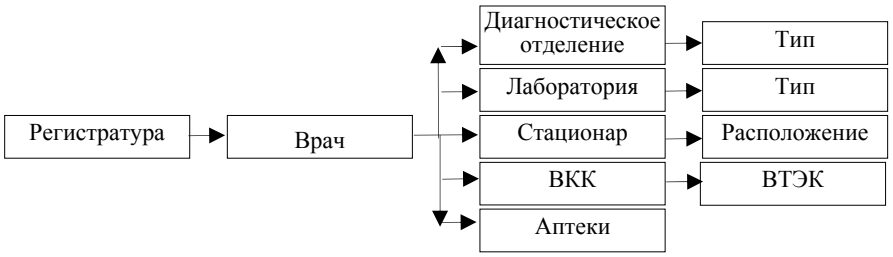


Рис. 2. Внутренняя среда поликлиники

Представленные на рис. 1, 2 связи порождают значительное число состояний (событий), которые определяют положение дел по обслуживанию пациентов в

поликлинике. Сложная структура лечебного учреждения усложняет поиск информации о конкретном пациенте (например, о количестве и датах предыдущих посещений, перечне оказанных медицинских услуг, результатах лабораторных исследований и др.) и как следствие требует значительных затрат времени на оформление регламентной документации. Также немаловажную роль в увеличении информационных потоков играет большое число пациентов.

В настоящее время есть программно-аналитическое обеспечение типа «1С: Медицина. Поликлиника» и другие разработки, которые более направлены на решение вопросов документооборота, учета и распределения техники внутри медицинских учреждений, но не оценку эффективности деятельности, определения факторов, которые бы влияли на принятие управленческих решений.

Нами предпринимается попытка на основе типовых описаний бизнес-процессов работ в медицинских организациях построить информационную систему, которая на количественном уровне позволяла бы получать информацию для поддержки принятия управленческих решений. Для этого нами предлагается перейти на несколько иное представление бизнес-процессов.

Типичное представление бизнес-процессов формируется из принципа: «действие» →«событие». Число действий не так уж и велико для типичной организации (десятки и максимум сотни), а вот возможных событий при этом может быть значительно больше (в десятки раз). Понятно, что эти связи позволяют построить четкую систему передачи документов, техники, но не обеспечить контроль выполнения того или иного действия, так как свершение события является случайной величиной.

Именно поэтому нами предлагается представить бизнес-процессы через описание только действий, считая, что все события существуют и они лишь определяют тот или иной маршрут выполнения действия. На каждом маршруте (с разным числом событий) будет потребляться разное количество ресурсов, будет задействовано разное число исполнителей и соответственно будет разное время и себестоимость. Далее, собирая фактические данные о выполнении действия, можно четко видеть, как было выполнено действие, было ли допущено отставание или опережение и др., т.е. создавать количественные факторы для принятия управленческих решений.

В статье рассматриваются структура городской больницы №3, возможность применения в этой организации процессного подхода в управлении, а также отдельные бизнес-процессы и параметры, их описывающие.

Литература

1. Деминг У.Э. Выход из кризиса. Новая парадигма управления людьми, системами и процессами. М.: Альпина Паблишер, 2011. 400 с.

2. Андерсен Б. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования. М.: РИА «Стандарты и качество», 2003. 195 с.

3. Никитин В.А. Управление качеством на базе стандартов ISO 9000-2000. СПб.: Питер, 2002. 272 с.

УДК 004.89

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТОТИПА ВОПРОСНО-ОТВЕТНОЙ СИСТЕМЫ

В.Ю. Лошкарёв, Е.И. Грибков, И.В. Безходарнов

Рассмотрены существующие вопросно-ответные системы и компоненты для их построения. Описан ход разработки прототипа собственной вопросно-ответной системы, использующей возможности семантического анализа документов и логического вывода на знаниях. Описана общая структура будущей системы. Предложен алгоритм генерации абстрактного семантического графа.

Ключевые слова: логический вывод, извлечение знаний, вопросно-ответная система.

Поисковые системы – это то, чем сегодня регулярно пользуются все пользователи сети Интернет. С их помощью люди находят интересующую их информацию. Однако существующие системы обладают некоторыми существенными недостатками. Они осуществляют поиск по ключевым словам из запроса и выдают пользователю выборку документов, поиск информации в которой без знаний о специфике предметной области и приблизительном местоположении представляет довольно трудоемкую задачу. Основная причина этого – отсутствие у системы знания о структуре и «смысле» документов, по которым осуществляется поиск, а также отсутствие цели у самого запроса.

Решить эту проблему призваны вопросно-ответные системы. В отличие от традиционных, они ориентированы на конкретные предметные области, нежели на охват всех возможных тем. Главным их преимуществом является то, что запрос пользователя и ответ на него являются предложениями естественного языка. Пользователь может прямо формулировать интересующие его вопросы и получать на них осмысленные ответы. Например, на вопрос «Как называется столица Франции?» пользователь получит ответ «Париж».

Так как запрос является предложением на естественном языке, представляется возможным его семантический анализ. К примеру, можно определить тему вопроса (география, история, информационные технологии и т.д.). Используя эту информацию, можно значительно повысить точность поиска.

Для того чтобы было возможно использовать специфику вопроса, необходимо проводить семантический анализ документов, по которым будет осуществляться поиск. В данной работе предлагается строить модель документа в терминах логики предикатов. Ее важной особенностью является то, что в ней можно проводить логический вывод, т.е. получать знания, которые изначально отсутствуют, но следуют из нее на основании некоторых правил вывода.

Исследование. В самом начале работы были проведены поиск и исследование существующих вопросно-ответных систем, их компонентов, а также научных статей и работ по данной тематике. В свободном доступе были обнаружены следующие системы:

1. Ask.com [1] – сервис для ответа на вопросы, совмещенный с поисковой машиной. Вопросы принимаются на естественном языке. К плюсам системы можно отнести качество понимания вопроса. Среди минусов можно особо выделить использование только фиксированного количества источников для поиска ответа на вопрос, а также плохую поддержку русского языка.

2. Evi.com [2] – сервис для ответа на вопросы. Принимаются вопросы на естественном языке. Сервис использует мощный механизм логического вывода, дающий качественные ответы на вопросы, но возможности добавить свои собственные источники нет. Система не поддерживает русский язык.

Также были найдены сервисы, которые могли бы служить компонентами будущей системы:

1. Fred [3] – инструмент для автоматического извлечения онтологий из текста на английском языке. При проведении пробных запусков на нескольких текстах отказался анализировать некоторые из них.
2. OpenCalais [4] – сервис для автоматического извлечения семантической информации с веб-страниц. Сервис позволяет из неструктурированного текста извлекать объекты, факты и события. Непосредственно перед извлечением определяется предметная область, к которой относится анализируемый текст. Поддерживаются английский, испанский и французский языки.

Все найденные системы и компоненты имеют существенный недостаток, из-за которого мы не можем использовать их для решения нашей проблемы – при анализе текста используются либо свои базы знаний, либо некоторые наборы фиксированных источников, а значит, при работе со специфическими текстами (например, библиотеки для языка программирования) может быть упущена самая важная информация о предметной области.

Структура системы. Так как поиск готовых решений окончился неудачей, в компании Томсксофт было принято решение о самостоятельной реализации системы. В основу будущей системы была положена архитектура, предложенная в работе [5], с некоторыми изменениями (рис. 1).

Рис. 1. Структура системы

Предлагаемая система ориентирована на работу с набором документов одной предметной области. Документы просто загружаются в систему, никакой специальной предварительной обработки не требуется.

Условно систему можно разбить на две составляющие:

1. Компонент, ответственный за обработку документов.

2. Компонент, непосредственно обрабатывающий запросы и выдающий ответы.

Для того чтобы система могла проводить логический вывод и давать ответы на вопросы пользователя, из документов должны быть извлечены знания о предметной области. Этот процесс разделяется на два этапа: синтаксический анализ и извлечение предикатов. Во время анализа текст документов представляется в виде синтаксического дерева. Далее из этого синтаксического дерева производится извлечение предикатов. Под предикатами в данной работе понимаются тройки «субъект–отношение–объект». Затем полученные тройки заносятся в базу знаний (БЗ). За проведение этих операций отвечает первый компонент.

Второй компонент производит обработку вопроса пользователя, переводя его с естественного на язык запросов к БЗ. Обработка вопроса и построение его логического представления осуществляются согласно методике, описанной в [5]. Сначала производится синтаксический разбор вопроса. Информация этого шага используется для определения типа вопроса. К поддерживаемым типам относятся «*да/нет»* и «*кто/что/когда/где/какой/как»* вопросы. На следующем шаге выполняется генерация запроса к БЗ на основе полученной ранее информации.

Полученный запрос направляется в ядро логического вывода, которое пытается найти на него ответ. Во время вывода предлагается использовать специальную онтологию WordNet [6], которая объединяет слова со схожим смыслом в одну единицу – синсет. Таким образом, в поиске участвуют не только слова из базы знаний и запроса, но и все возможные их синонимы, что повышает вероятность обнаружить ответ. Изначально онтология составлялась на английском языке, однако есть и русскоязычные варианты [7].

Очевидно, что вопросно-ответная система в таком виде будет ограничена в своих возможностях. Многие естественные для человека следствия могут быть неизвестны системе. Например, если в тексте встретится утверждение «X1 отец X2», то человек автоматически подразумевает что верно и утверждение «X2 сын X1». Для устранения этого недостатка в системе используется логический вывод. Для вывода необходимо заранее добавить в базу знаний некоторые правила вида *если-то*. Например, «*ЕСЛИ* X1 быстрее X2 *и* X2 быстрее X3 *ТО* X1 быстрее X3».

Реализация прототипа. На основе описанной выше схемы было решено реализовать прототип будущей системы. К нему были выдвинуты следующие требования:

− Разбор текста, составленного из предложений вида «субъект–предикат–объект» и его загрузка в базу знаний. Вывод списков предикатов с известными отношениям и неизвестными.

− Проведение логического вывода на заданной базе знаний.

− Возможность ответа на запросы пользователя, заданные на языке Datalog [8].

− Возможность построения по заданной базе знаний семантической сети и получения информации о каждом объекте в ней.

− Построение абстрактной семантической сети, в которой переменные наделяются свойствами одного из объектов базы знаний.

Разработка прототипа по заданным требованиям охватывает не всю структуру системы, поэтому реализация элементов была сильно упрощена. Синтаксический анализ документа и построение запроса были сведены к разбору предложений вида «субъект–предикат–объект» и формированию предикатов языка Datalog вида «предикат (субъект, объект)». Синтаксического разбора и класси-

фикации пользовательского вопроса также не производится. Ответ на вопрос пользователя также выдаётся в виде предиката.

Для проведения логического вывода были использованы прямой и обратный алгоритмы. Для демонстрации их работы реализовано две программы: первая проводила вывод с помощью прямого алгоритма, вторая – обратного. Они были реализованы на языках программирования Java [9] и Haskell [10] соответственно. Алгоритмы отличаются принципом нахождения ответа на запрос пользователя. В случае прямого вывода на каждой итерации выводятся все возможные факты на основе уже имеющихся в базе и правил вывода. Новые факты добавляются в базу. Алгоритм заканчивает работу, если на очередной итерации был обнаружен ответ на запрос или же в базе не оказалось новых фактов. Обратный логический вывод действует в обратном направлении: от цели, переходя по цепочке от одного правила к другому, чтобы найти известные факты, которые поддерживают доказательство. Алгоритм вызывается со списком целей, содержащим первоначальный запрос. Этот список можно рассматривать как стек целей, ожидающих доказательства; если они все могут быть выполнены, то текущая ветвь доказательства формируется успешно [11].

Построение абстрактного графа и генератора правил необходимо для проверки корректности составленной базы знаний и обнаружения противоречий человеком. Алгоритм перебирает все имеющиеся правила и во всех предикатах из антецедента, переменные заменяются фиктивными объектами. Например, из правила Mother(Ramona,X1)=>Father(Mike,X1) выбирается предикат Mother (Ramona, X1), в котором на место переменной X1 подставляется объект X1. Затем запускается алгоритм прямого вывода. Из полученных фактов отбираются все, содержащие в себе фиктивный объект. Затем для каждого такого факта строится правило, антецедентом которого является предикат, в котором изначально была фиксирована переменная, а консеквентом сам новый факт. Если нового правила нет в БЗ, оно добавляется туда.

Заключение. Сейчас система находится в ранней стадии своего развития. Реализованные прототипы показали возможности логического вывода. В дальнейшем планируется реализовать компоненты для разбора вопросов и обработки документов.

Литература

1. Ask.com. Поисковая система ответов на вопросы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ask.com, свободный (дата обращения: 06.06.2013).

2. Evi. Сервис семантического поиска [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://evi.com, свободный (дата обращения: 06.06.2013).

3. Fred. Tool for onthology extraction [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://wit.istc.cnr.it/stlab-tools/fred/, свободный (дата обращения: 06.06.2013).

4. OpenCalais. Semantic analysys tool [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://opencalais.com, свободный (дата обращения: 06.06.2013).

5. Abdullah M. Moussa. A Question Answering System / Abdullah M. Moussa and Rehab F. Abdel-Kader // International Journal of Database Theory and Applications (Egypt: Port-Said, Port-Said University). 2011. Т. 4, №2. P. 99–112.

6. WordNet. A lexical database for English [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://wordnet.princeton.edu/, свободный (дата обращения: 13.06.2013).

7. Русский Wordnet. Лексическая база данных [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://wordnet.ru/, свободный (дата обращения: 13.06.2013).

8. Datalog User Manual [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ccs.neu.edu/home/ramsdell/tools/datalog/datalog.html, свободный (дата обращения: 13.06.2013).

9. Язык программирования Java [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.java.com/ru/, свободный (дата обращения: 01.07.2013).

10. The Haskell Programming Language [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.haskell.org, свободный (дата обращения: 01.07.2013).

11. Рассел С. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. М.: Изд. дом «Вильямс», 2006. 1408 с.

УДК 004.413.2

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Е.К. Малаховская

Представлено описание общей схемы создания мобильных приложений и основных его этапов. Указаны входные и выходные параметры, а также управляющие воздействия и ресурсы, необходимые на каждом этапе. Предложено использование мобильных приложений, как средств, помогающих решать задачи, связанные с управлением и принятием решений.

Ключевые слова: мобильные приложения, схема разработки, модель.

Современная жизнь, производство, здравоохранение и другие сферы деятельности человека в условиях XXI в. немыслимы без информационных технологий: каждая из сфер нуждается в переработке огромного количества информации, а также в информационном обслуживании. Долгое время наиболее универсальным средством обработки информации считался компьютер (ПК), исполняющий роль дополнительного усилителя интеллектуальных способностей человека. Однако факты показывают, что ему на смену приходят более мобильные устройства, такие как смартфоны, планшеты и т.п., которые становятся неотъемлемыми атрибутами повседневности. И этот факт открывает большое поле возможностей для того, чтобы направить пользование данными устройствами на решение имеющихся проблем. Эта цель достигается с помощью мобильных приложений (МП). В зависимости от поставленных задач формируется функционал, предоставляющий пользователю большой спектр альтернатив для решения проблем. Однако независимо от функционала модель разработки МП представляется общей (рис. 1–5).

Модель «черный ящик» разработки мобильного приложения представлена на рис. 1.

Входным ресурсом является непосредственная информация от заказчика о необходимости создания конкретного МП, которая поступает группе разработчиков, на выходе получается готовый пакет приложения. На рис. 2 изображена декомпозиция основной диаграммы, которая содержит 4 основные функции по созданию МП (примечание: ТЗ – техническое задание).

Все 4 этапа основного процесса строго взаимосвязаны и следуют один за другим. Исключение составляет оформление пакета МП, так как оно может быть начато параллельно с технической частью работы. На всех этапах используется определенное техническое оборудование. Далее более подробно рассмотрен каждый основной блок по созданию МП. Так, декомпозиция блока по разработке технического задания представлена на рис. 3.

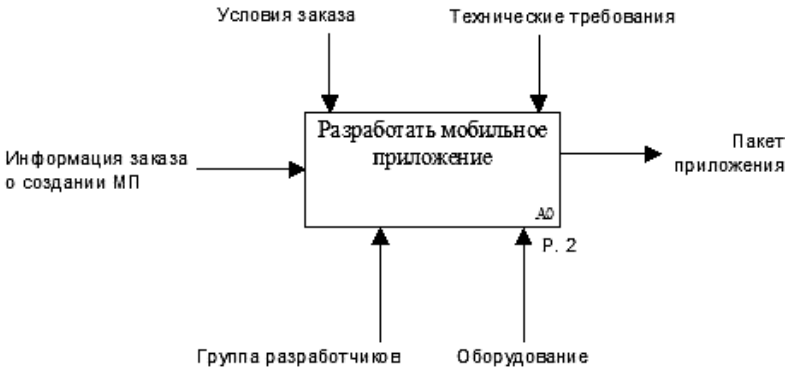


Рис. 1. Модель «черный ящик» по созданию мобильного приложения

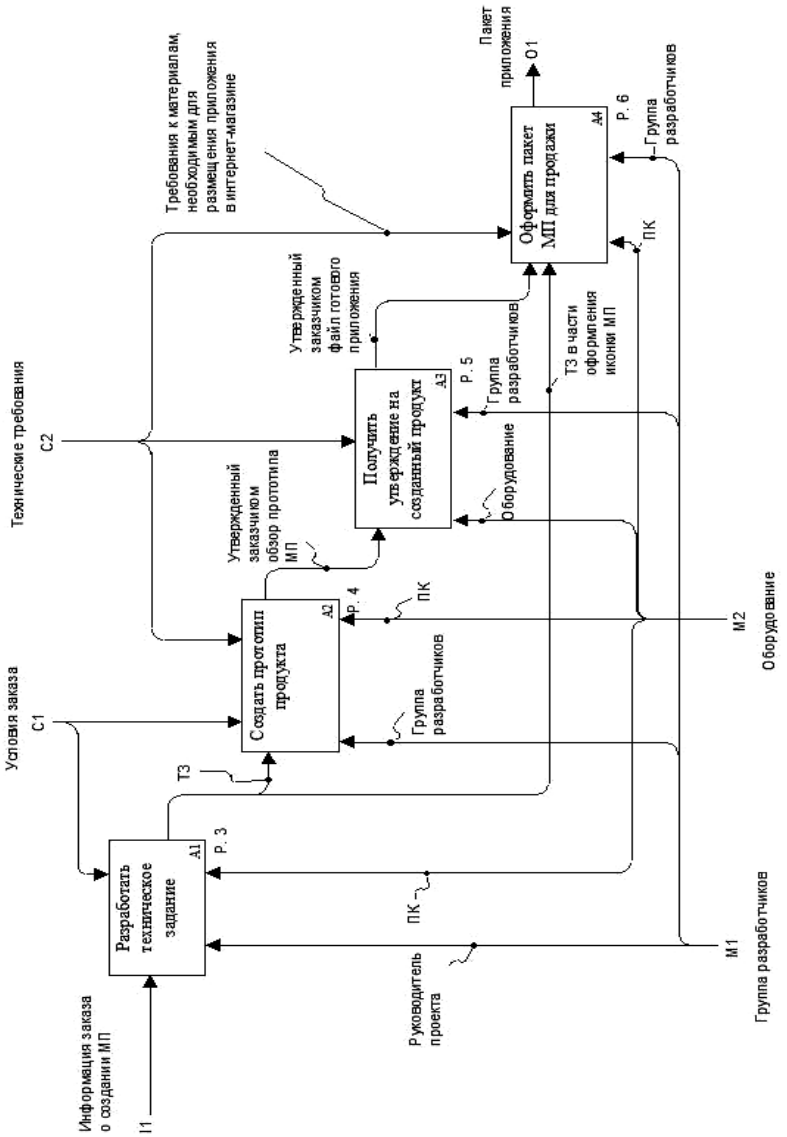


Рис. 2. Общая схема выполнения заказа

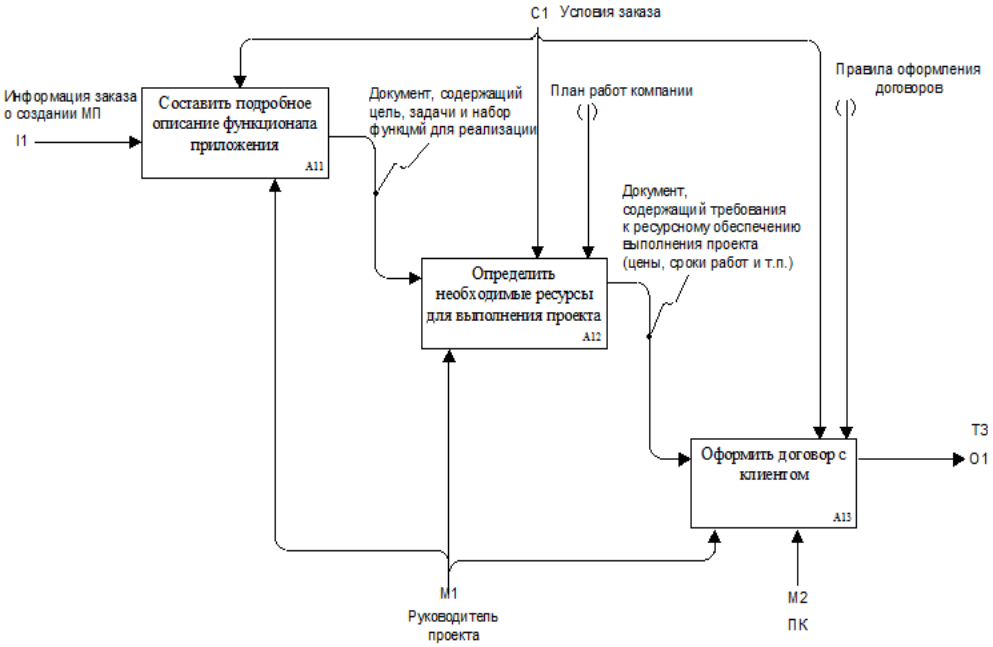


Рис. 3. Декомпозиция блока по разработке технического задания

Прежде всего ставятся вопросы: «что» и «для кого» необходимо написать. На этом этапе прорабатываются все возможные сценарии. Здесь важно понимать, что за каждым пунктом в «to-do» листе скрывается пакет функционала. Необходимо фрагментировать и конкретизировать задачи. Крупные пункты лучше разделять на несколько этапов. Здесь формируются цели, задачи для разработчиков. В соответствии с данным документом определяются необходимые ресурсы, для выполнения конкретного МП. Они могут быть финансовые, трудовые, временные и др. Документы согласуются с заказчиком, и при утверждении происходит переход на следующий этап работы.

Ниже представлена декомпозиция блока по созданию прототипа приложения (рис. 4). На входе этого процесса стоит техническое задание, а по выполнению четырех этапов работы получается утвержденный заказчиком обзор прототипа МП.

На первом этапе программистами реализуются установленные функции в соответствии с ТЗ, после чего продумывается логика навигации между функциями («экранами приложения»). Просчитываются наиболее интуитивно понятные и удобные навигации. На основании проделанной работы с помощью дизайнеров проекта разрабатывается интерфейс пользователя и общий дизайн МП. Созданный прототип программы проходит процесс согласования с заказчиком, и при его одобрении происходит переход на следующий этап – получение утверждения на созданный продукт (см. рис. 5).

На данном этапе происходит тестирование прототипа на выявление ошибок и недочетов независимыми специалистами или программистами проекта. Приложение тестируется в среде разработки с использованием эмулятора, далее на устройстве. На основании проделанной работы устраняются выявленные ошибки и недостатки, и отредактированная версия уже становится мобильным приложением и демонстрируется заказчику, после чего выполняется полная сборка пакета МП.

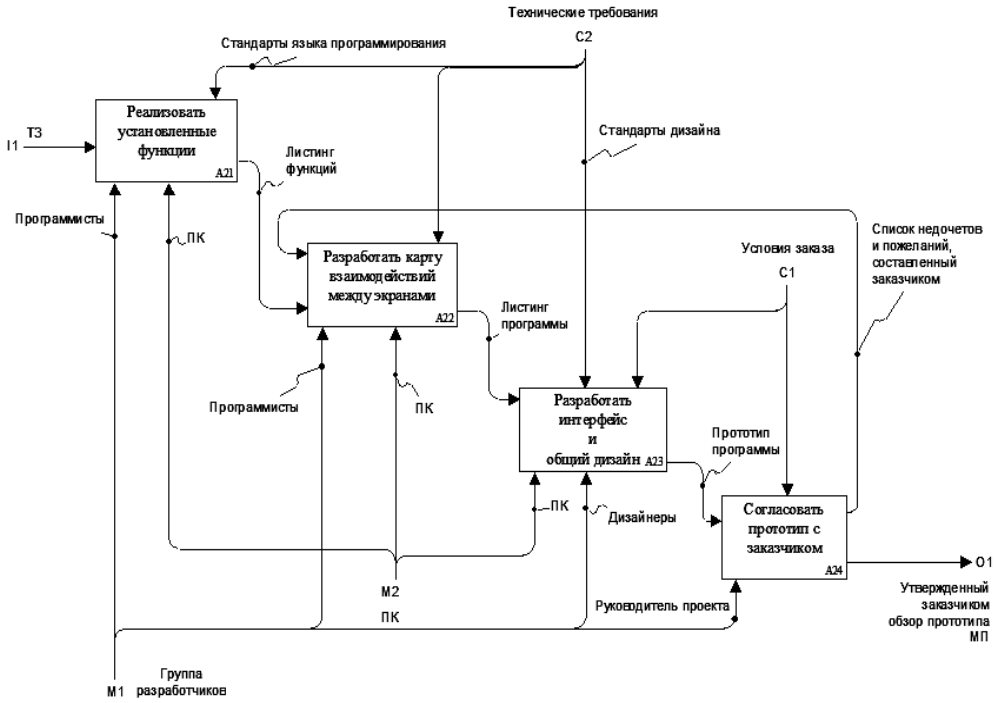


Рис. 4. Декомпозиция блока по созданию прототипа продукта

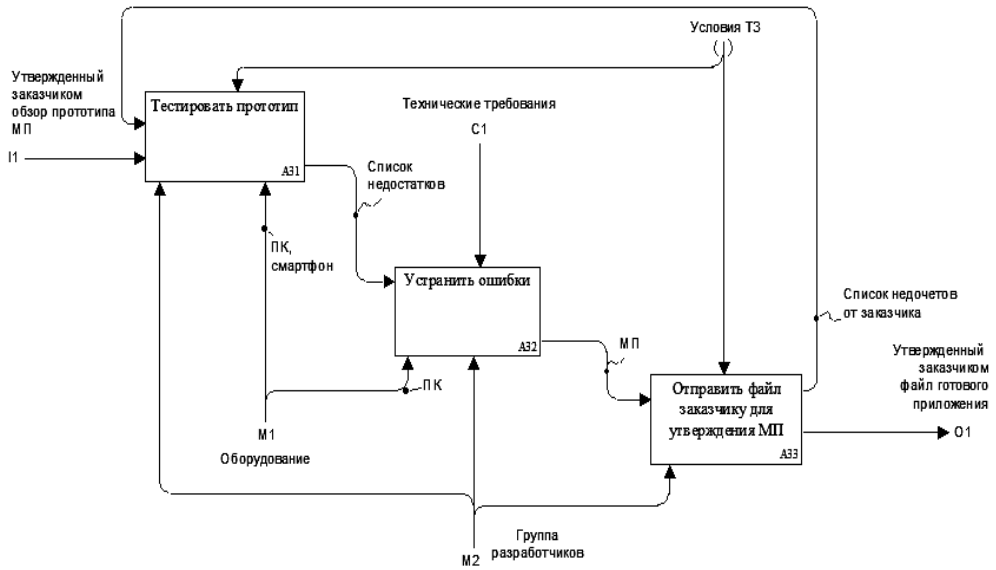


Рис. 5. Декомпозиция блока по получению утверждения на создание продукта

Процесс «Сборка пакета МП» зависит от требований заказчика. Он может содержать либо 2 этапа: создание иконки и оформление отчета о проделанной работе, либо больше, если приложение изготавливается с целью массовых продаж (выбор типа приложения, возрастной группы, ценовой политики и т.п.).

Таким образом, зная общий процесс создания МП, остается выбрать задачу, которая будет решаться с помощью данного средства, и создать продукт, кото-

рый будет служить помощником в решении насущной проблемы. Говоря о выборе задачи, делается следующий акцент – анализ рынка показывает, что сегмент МП для развлечений развит достаточно хорошо и приносит положительные результаты как разработчикам (в качестве прибыли), так и пользователям (в качестве доступных игр и т.п.). В свою очередь МП для «ведения бизнеса» практически нет, существующие МП оснащены узким набором функций, которые сводятся к фиксированию личных доходов и расходов для составления баланса. Но учитывая те факты, что МП просто в использовании, устройство, на которое они устанавливаются всегда под рукой, не требует больших финансовых вложений (по сравнению с тем же ПК), видится весьма целесообразным переход от сферы развлечений к решению более серьезных повседневных задач.

Речь идет об использовании МП как инструмента в процессе управления и принятии решений. Главной особенностью такого мобильного приложения должен стать качественно новый метод организации взаимодействия человека и мобильного телефона. Выработка управленческого решения, что является основной целью такого МП, должна происходить в результате итерационного процесса [1], в котором участвуют следующие элементы:

– некая система поддержки принятия решений (функции МП) в роли вычислительного звена и объекта управления;

– человек как управляющее звено, задающее входные данные и оценивающее полученный результат вычислений в МП.

Какие именно функции будут реализованы в таком продукте – дело за потребностями заказчика и возможностями разработчика. Независимо от решаемых задач процесс по созданию самого продукта будет проходить по вышепредставленным моделям. Таким образом, предлагается на теоретическом уровне создание мобильных приложений, помогающих управленческим структурам в ведении дел, которые призваны облегчить (сократить временные и другие ресурсы) субъекту ведение его деятельности.

Литература

1. Моисеенко Е.В., Ларушина Е.Г. Информационные технологии в экономике [Электронный ресурс] // Сайт цифровых учебно-методических материалов ВГУЭС. Режим доступа: http://abc.vvsu.ru/Books/up_inform_tehnol_v_ekon/page0015.asp (дата обращения: 25.10.2013).

УДК 300.35

СТРАТЕГИЯ ПРОДВИЖЕНИЯ ГИС НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ WGS3-T

А.И. Назарова, О.Н. Богомолова, А.С. Ефремов

Предложена стратегия дифференцированного маркетинга, основанная на выделении перспективных сегментов рынка с применением к ним маркетинговых подходов. Выявлен список потенциальных покупателей и наиболее перспективных потребителей по географическому признаку. Изучен рынок конкурентов и проведена сравнительная характеристика.

Ключевые слова: стратегия дифференцированного маркетинга, сегментирование рынка, конкурентный анализ, продвижение программного продукта, маркетинговые подходы.

В нынешнюю эпоху развития информационных технологий предприятия повсеместно внедряют автоматизированные системы и технологии, особенно в тех отраслях деятельности, в которых цена ошибки на этапе проектирования и

создания продукта высока. Примером таких отраслей могут послужить строительство и создание инженерных коммуникаций [1].

Актуальность развития ГИС управления инженерной инфраструктурой предприятия можно объяснить тесной связью с проблемой обеспечения безопасности жизнедеятельности, это подтверждается государственным стандартом ГОСТ Р 22.1.12-2005 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования».

Полагаясь на востребованность и актуальность использования ГИС в настоящее время, было принято решение о разработке программного продукта WGS3-T, представляющего собой единую корпоративную информационную систему обработки геоданных пространственных и атрибутивных описаний объектов предприятия [2].

После создания программного продукта была проведена сравнительная характеристика [3–5] WGS3-T с конкурентоспособными программными продуктами, отображенная в таблице.

Сравнительная характеристика WGS3-T с конкурентами

Показатели	WGS3-3	ИнГЕО	iFort
Системные требования	Процессор: 3 ГГц ОЗУ: 4 Гб HDD: 90 Гб	Процессор: 600 МГц ОЗУ: 256 Мб HDD: 100 Мб	Процессор: 3 ГГц ОЗУ: 6 Гб HDD: 80 Гб
ОС	Windows Server 2003/2008	Windows 2000/2003/XP(SP1)	Windows, Unix/Linux, Solaris
Архитектура	Клиент / сервер	Клиент / сервер	Клиент / сервер
Многоязычный интерфейс	Нет	Нет	Да
Сайт	Да	Да	Да
Цена на продукт	650 тыс. руб.	360 тыс. руб.	900 тыс. руб.
Обновления и сопровождения	50 тыс. руб.	19 тыс. руб.	65 тыс. руб.
Модульное деление по отраслям	Нет	Нет	Да
Особенности	Программа реализована в соответствии с трехзвенной клиент-серверной архитектурой, взаимодействие пользователя с системой осуществляется посредством ПО веб-ГИС-клиента или клиентских модулей ПО электронного документооборота и ПО интеллектуального анализа данных	Развитая инструментальная система в технологии *Internet / Intranet*, с помощью которой пользователь может самостоятельно строить сложнейшие реляционные таблицы семантических данных картографических объектов	Широкие возможности интеграции; – мгновенная актуализация данных
Внедрение	Стадия продвижения на рынок	Более 300 предприятий по всей России	Более 60 внедрений по всему миру

Анализ сравнительной характеристики показывает достаточный уровень конкурентоспособности программного продукта и необходимость его продвижения на рынок.

Для реализации эффективного комплекса продвижения было принято решение об использовании стратегии дифференцированного маркетинга, основанной на выделении перспективных сегментов рынка и применении к ним различных маркетинговых подходов.

Таким образом, в качестве потенциальных потребителей был выделен горизонтальный рынок крупных и средних промышленных предприятий [6], после чего был проведен мониторинг плотности размещения потенциальных потребителей по географическому признаку. Мониторинг проводился за счет анализа около 1200 крупных промышленных предприятий, заводов, холдингов в 81 регионе России, и последующего их распределения по основным федеральным округам. В результате мониторинга полученных данных наиболее перспективными сегментами для дальнейших исследований были определены Центральный, Приволжский и Сибирский федеральные округа.

После определения перспективных сегментов рынка считается целесообразным проанализировать ныне действующие маркетинговые подходы и принять решение о возможности их использования для продвижения программного продукта [7].

Продвижение программного продукта, как и любого товара, представляет собой деятельность предприятия по распространению информации о преимуществах программного продукта с целью привлечения потенциальных покупателей. Продвижение базируется на четырех основных маркетинговых подходах: личная продажа, реклама, связи с общественностью и стимулирование сбыта. Выбор конкретного маркетингового подхода зависит от факторов, напрямую связанных с продуктом, в данном случае с ГИС-системой WGS3-T.

Рассматривая web-ориентированную ГИС-систему WGS3-T, важно отметить следующие факторы, предопределяющие выбор маркетинговых подходов:

- продукт является малоизвестным;
- продукт ориентирован на узкий круг пользователей;
- продукт имеет высокую единичную стоимость – 650 тыс. рублей.

Факторы предрасполагают к следующим выводам: наиболее эффективным и рентабельным будет выбор таких маркетинговых подходов, как, личные продажи и стимулирование сбыта.

Стратегия личной продажи для WGS3-T предполагает следующие меры: предварительный анализ рынка крупных и средних предприятий с формированием списка потенциальных покупателей и их отбором, организация индивидуальной встречи с клиентом для ознакомления его с продуктом, презентация продукта, выявление выгоды для клиента, выявление конкурентных преимуществ и как следствие завершение продажи.

Стимулирование сбыта представляет собой демонстрацию продукта таким образом, чтобы подтолкнуть покупателей к покупке. К стимулированию сбыта для WGS3-T можно отнести создание демоверсии программного продукта, организацию конференции для потенциальных покупателей, финансирование и поддержку мероприятий с целью создания известности товарному знаку фирмы.

Также допустимым, но не основным маркетинговым подходом является реклама, которая предполагает ознакомление потребителей с программным продуктом в основном через средства массовой информации. Для WGS3-T можно предложить следующие меры использования рекламы: создание рекламного видеоролика и рассылка его потенциальным покупателям в Интернете, а также почтовая рассылка рекламных листовок.

В основном же реклама и связи с общественностью не соответствуют факторам программного продукта по причине ориентированности на широкий масштаб аудитории без предварительного сегментирования потенциальных покупателей, это означает, что соответствующие маркетинговые подходы охватывают аудиторию, в основном не заинтересованную в программном продукте, что может привести к неэффективному вложению денег.

Заключение. В ходе работы была рассмотрена ГИС-система WGS3-T, исследованы ее сильные и слабые стороны в сравнении с конкурентами, на основе чего было выдвинуто предположение о необходимости продвижения программного продукта на рынок, в связи с чем был исследован отечественный рынок, была проведена сегментация по географическому признаку и выявлен список потенциальных покупателей. Для дальнейшего продвижения продукта изучены и предложены подходящие маркетинговые методы.

Литература

1. Гриценко Ю.Б. Интерфейс взаимодействия геоинформационной технологии ведения электронного генерального плана со сторонними программными системами / Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский, И.В. Лазарев и др. // Доклады ТУСУРа (Томск). 2013. Т. 27. Март. С. 129–134.

2. Автоматизация технологий формирования и мониторинга электронного генерального плана инженерной инфраструктуры / Ю.П. Ехлаков, Ю.Б. Гриценко, О.И. Жуковский // Доклады ТУСУРа (Томск). 2013. Т. 27. Март. С. 100–105.

3. ГИС-система Ингео [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://geoinfograd.ru/ingeo.html ,свободный (дата обращения: 15.10.2013).

4. ГИС-система WGS3-T [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://w4gis.tusur.ru, свободный (дата обращения: 16.10.2013).

5. ГИС-система WGS3-T [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ifort.ru, свободный (дата обращения: 16.10.2013).

6. Список действующих на территории России предприятий [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.metaprom.ru/factories/, свободный (дата обращения: 19.10.2013).

7. Стратегии продвижения программного продукта на рынок [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.articlesworld.ru/business/guidance/move-mar.php, свободный (дата обращения: 20.10.2013).

УДК 004.9+622.2

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ГИДРОДИНАМИКОЙ ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Г.К. Сакирко, А.Д. Истомин, М.Д. Носков, А.А. Чеглоков

Представлено проблемно-ориентированное программное обеспечение для поддержки принятия решений по управлению гидродинамикой скважинного подземного выщелачивания (СПВ) урана. Описаны методы оптимизации процесса СПВ. Рассмотрен алгоритм программного обеспечения.

Ключевые слова: информационные технологии, системы поддержки принятия решения, программное обеспечение, добыча урана, подземное выщелачивание, оптимизация отработки.

Задача управления процессом скважинного подземного выщелачивания урана. Истощение богатых месторождений полезных ископаемых приводит к

необходимости развития методов физико-химической геотехнологии и их применения для разработки бедных и глубокозалегающих месторождений, характеризующихся сложными гидрогеологическими и горно-технологическими условиями. Перспективным методом физико-химической геотехнологии для добычи урана, благородных, цветных и редких металлов является скважинное подземное выщелачивание (СПВ) [1]. Данный метод применяется при разработке месторождений, рудное тело которых находится в хорошо проницаемом подземном водоносном горизонте (продуктивном горизонте). Добыча полезных ископаемых методом скважинного подземного выщелачивания осуществляется с помощью системы технологических скважин. Через нагнетательные скважины в продуктивный горизонт подается выщелачивающий (рабочий) раствор, содержащий реагенты, способные растворять рудные минералы. Из откачных скважин на поверхность выдается продуктивный раствор, образующийся в подземном водоносном горизонте в результате физико-химического взаимодействия выщелачивающих реагентов с рудными минералами и вмещающими породами. Далее, в процессе переработки, из продуктивного раствора извлекаются полезные компоненты, а оставшиеся маточные растворы доукрепляются выщелачивающими реагентами и снова подаются в нагнетательные скважины в качестве рабочего раствора.

Отличительной особенностью скважинного подземного выщелачивания является сложность управления разработкой месторождений. Это обусловлено недостаточностью данных о продуктивном горизонте, невозможностью непосредственного наблюдения за технологическим процессом, значительной инерционностью геотехнологической системы, ограниченными возможностями воздействия на движение флюидов с помощью изменения режимов работы технологических скважин и др. Значительные объемы и разнородность информации, а также необходимость прогнозирования динамики природно-антропогенной системы приводят к необходимости использования для решения поставленных задач современных информационных технологий.

Методы оптимизации. Добыча урана методом СПВ определяется согласованным протеканием гидродинамических (подведение раствора реагента к рудному телу и транспорт продуктивных растворов к откачным скважинам) и физико-химических (гетерогенные реакции на поверхности раздела жидкой и твердой фаз с образованием растворимых соединений урана) процессов в продуктивном горизонте [1–3]. В соответствии с этим повышение эффективности геотехнологического процесса необходимо осуществлять как за счет оптимизации движения технологических растворов, так и с помощью создания оптимальных условий для извлечения урана в раствор [4].

Основным условием эффективной отработки блока является нахождение его в состоянии баланса, т.е. непревышение дебита нагнетания над дебитом откачки или наоборот. Превышение нагнетания над откачкой приводит к растеканию ВР за пределами контура блока и избыточному расходу реагентов. Напротив, превышение откачки сопровождается подтоком подземных вод, разбавлением ПР и снижением степени проработки рудовмещающей породы в границах блока. Также нарушением эффективного гидродинамического режима является локальный гидродинамический дебаланс блока. Локальный дебаланс возникает когда, при равенстве дебитов нагнетания и откачки для блока в целом имеет место превышение нагнетания над откачкой в одной его части и откачки над нагнетанием в другой части блока. Наличие локального дебаланса приводит к избыточному

расходу реагентов в одной части блока и разбавлению ПР за счет подтока подземных вод в другой.

При поиске путей оптимизации гидродинамического режима работы блока требуется проведение анализа движения растворов от нагнетательных скважин к откачным, выявление областей неэффективного расхода ВР и генерация предложений по воздействию на режимы движения растворов с целью устранения неэффективного расхода реагентов и увеличения степени проработки рудовмещающей породы.

Для решения данной задачи было разработано проблемно-ориентированное программное обеспечение, позволяющие на основе данных фактической эксплуатации блоков и их геотехнологических параметров выдавать рекомендации по изменению режимов эксплуатации с целью повышения эффективности отработки.

Устранение локальных дебалансов. Как было сказано выше. основным условием является нахождение блока в состоянии баланса и отсутствии локальных дебалансов, следовательно, необходимо привести в баланс дебиты нагнетания и откачки по всем технологическим ячейкам блока. В силу того, что разбиение технологических блоков на ячейки происходит таким образом, что каждой технологической ячейке соответствует единственная откачная скважина, дебит откачки технологической ячейки совпадает с дебитом соответствующей откачной скважины. Дебит откачной скважины либо соответствует ее дебиту, взятому из суточного отчета, либо определяется на основе экспертных оценок. Требование отсутствия локальных дебалансов по всем ячейкам означает, что дебит нагнетания и откачки для каждой ячейки должны равняться друг другу. Для определения дебитов закачных скважин *i*-й ячейки в качестве первого приближения выбрано равномерное распределение дебита технологической ячейки по всем нагнетательным скважинам. Если закачная скважина принадлежит нескольким технологическим ячейкам, то ее дебит будет определяться суммированием по всем соответствующим ячейкам:

$$q^j = \sum_i q_i^j = \sum_i \frac{\left(Q_i\right)_{in}}{n_i}, \qquad (1)$$

где q_i^j – дебит *j*-й закачной скважины *i*-й ячейки; n_i – количество нагнетательных скважин в *i*-й ячейке; $(Q_i)_{in}$ – дебит нагнетания *i*-й ячейки; суммирование ведется по всем технологическим ячейкам, которым принадлежит *j*-я закачная скважина.

Данный подход позволяет избежать негативных явлений, приводящих к избыточному расходу реагентов и снижению степени проработки рудовмещающей породы в границах блока. Однако данный подход не учитывает реальное строение рудоносного пласта, что не позволяет максимально эффективно управлять потоками жидкой фазы.

Метод оптимизации линий и лент тока. Следовательно, для оптимизации гидродинамического режима работы блока требуется проведение анализа движения растворов от нагнетательных скважин к откачным. Одним из способов достижения поставленной цели является метод оптимизации линий и лент тока, основанный на анализе текущих дебитов скважин и неоднородности фильтрационных свойств рудоносного пласта. Для построения лент тока необходимо с помощью специализированного программного обеспечения предварительно задать контур отработки и сформировать нерегулярную сетку для проведения моделирования. На сформированной нерегулярной сетке проводится расчет давления,

основанный на разностном аналоге уравнения непрерывности потока жидкости. Используя разностный аналог закона Дарси для перетоков из *i*-го узла в *j*-й, можно получить уравнение для напора в *i*-м узле. При этом необходимо учитывать, что значение каждого из рассматриваемых перетоков $U^n_{e,ij}$ определяется параметрами *e*-го элемента и значениями сеточных функций в узлах *i* и *j*, между которыми происходит переток. Таким образом, величина перетока определяется выражением

$$U^n_{e,ij} = \left(\frac{\mu^n_{e,j}}{k_{e,ij} \cdot \rho^n_{e,j} \cdot g} + \frac{\mu^n_{e,i}}{k_{e,ij} \cdot \rho^n_{e,i} \cdot g} \right)^{-1} \cdot 2 \cdot S_{e,ij} \cdot \frac{H^n_i - H^n_j}{\ell_{ij}}, \qquad (2)$$

где $U^n_{e,ij}$ – объем потока за время Δt^n из *i*-го узла в *j*-й в *e*-м элементе; *g* – ускорение свободного падения; $k_{e,ij}$ – коэффициент проницаемости для *j*-го узла в *e*-м элементе; $\mu^n_{e,j}$ – коэффицент динамической вязкости для *j*-го узла в *e*-м элементе на *n*-м временном слое; $\rho^n_{e,j}$ – плотность жидкости для *j*-го узла в е-м элементе на *n*-м временном слое; $S_{e,j}$ – площадь поверхности, разделяющей контрольные объемы *i*-го и *j*-го узлов в *e*-м призматическом элементе; l_{ij} – расстояние между узлами *i* и *j*.

Для построения линий тока производится дискретизация дебитов скважин. Для каждой скважины строится набор линий тока путем численного интегрирования поля градиента давления. Для расчета поля градиента давления по значениям давления, рассчитанного в узлах триангуляционной сетки, используется интерполяция Клафа–Точера [5], обеспечивающая непрерывность градиента давления во все области сетки. Все линии тока, соединяющие пару объектов (закачная скважина – откачная скважина, закачная скважина – контур отработки, откачная скважина – контур отработки), объединяются в ленту тока. Поток по ленте тока определяется дебитами скважин и долей линий тока скважин, относящихся к данной ленте тока. Для расчета потока по лентам тока применяется итерационная схема для решения системы уравнений.

Программное обеспечение. На основе изложенных методов в Северском технологическом институте НИЯУ «МИФИ» разработано программное обеспечение, позволяющие вырабатывать рекомендации по оптимизации процесса добычи урана методом СПВ. Разработка велась на языке программирования C++, в среде разработки Borland Developer Studio XE3 для применения на персональных компьютерах, работающих под управлением операционных систем Windows. Программное обеспечение состоит из нескольких модулей. Первый модуль используется для устранения локальных дебалансов по всем блокам месторождения. Второй модуль позволяет анализировать структуру потоков рабочих растворов между закачными и откачными скважинами. Работа модуля основана на анализе линий и лент тока, рассчитанных с учетом текущих дебитов скважин и неоднородности фильтрационных свойств рудоносного пласта (рис. 1).

Дебиты скважин загружаются из технологической информационной системы добычного комплекса, фильтрационные свойства пласта – из геологической геоинформационной системы. Рассчитанное распределение давления позволяет построить линии тока рабочих растворов. На основе анализа структуры лент тока выделяется три основных типа лент: технологические (оптимальные) ленты, нетехнологические (неоптимальные) ленты тока и ленты разубоживания и потерь. Технологическая лента тока обеспечивает оптимальные потоки выщелачивающих растворов и проработку руды в объеме технологической ячейки. Наличие

нетехнологических лент тока приводит к разубоживанию рабочих растворов и потерям реагентов и металла. Созданный программный модуль осуществляет оптимизацию путем устранения нетехнологических лент тока.

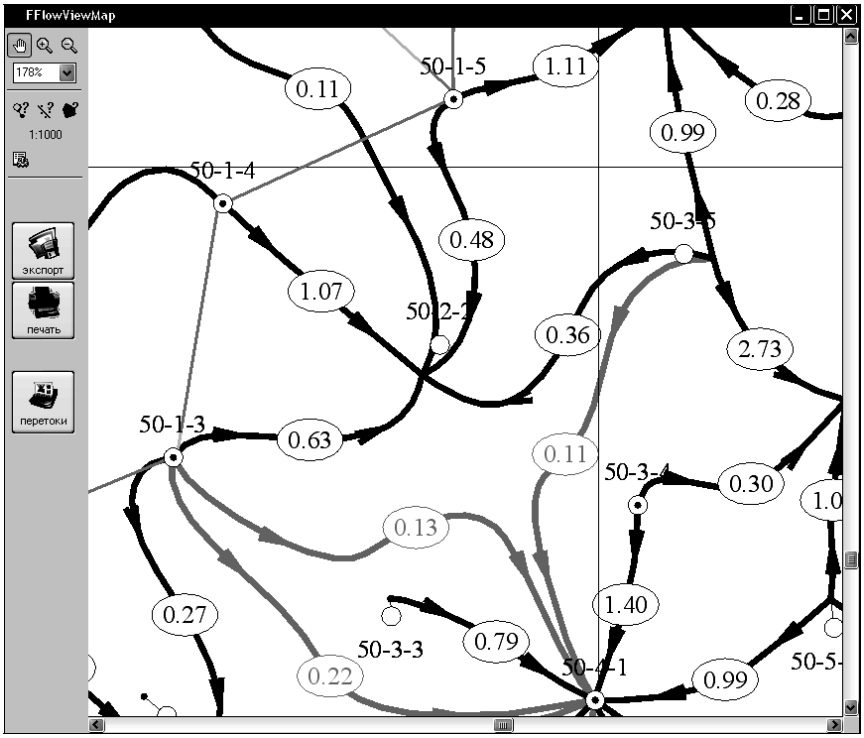


Рис. 1. Карта лент тока

Разработанное ПО может применяться на предприятиях, занимающихся добычей урана или других полезных ископаемых методом подземного скважинного выщелачивания.

Литература

1. Аренс В.Ж., Гридин О.М., Крейнин Е.В. и др. Физико-химическая геотехнология. М.: Изд-во МГГУ, 2010. 575 с.

2. Мамилов В.А., Петров Р.П., Шушания Г.Р. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания. М.: Атомиздат, 1980. 248 с.

3. Белецкий В.И., Богатков Л.К, Волков Н.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. М.: Энергатомиздат, 1997. 672 с.

4. Практика, проблемы и возможные пути совершенствования метода подземного скважинного выщелачивания урана / Айтжанов Т.Е., Афанасьев Г.М., Шоинбаев А.Т., Жерин И.И // Химическая технология. 2008. Т. 9, № 7. С. 322–327.

5. Mann S. Cubic precision Clough-Tocher interpolation // Computer Aided Geometric Design. 1999. Vol. 16, № 2. P. 85–88.

УДК 65.011.56

СИТУАЦИОННЫЙ ЦЕНТР КАК КАТАЛИЗАТОР ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Д.В. Сапрон, А.А. Сидоров

Представлено определение ситуационного центра как конгломерата различных средств, моделей и решений. Обозначены его элементы в рамках обобщенного архитектурного решения. Приведено описание информационно-аналитического цикла в рамках ситуационного центра.

Ключевые слова: ситуационный центр, информационно-аналитический цикл, архитектура.

Информационный шквал и ситуационные центры. В современных условиях весьма актуальным становится вопрос повышения эффективности функционирования федеральных и региональных органов государственной власти, корпораций и предприятий. В этих условиях необходимо принимать взвешенные, обоснованные и качественные решения. При этом следует помнить, что бурное развитие информационного общества обусловило усложнение современных управленческих задач, что связано с их возросшими многоаспектностью и многокритериальностью, а также увеличившимся потоком реально влияющих воздействий, исходящих из различных источников.

Во всех сферах управления повысились объем информационного обмена и его динамика, обострилась необходимость оперативного и адекватного реагирования на складывающиеся социально-экономические ситуации [1]. Постоянно растущие объемы информации с трудом поддаются всестороннему учету и анализу. Даже специалисты в определенной предметной области сталкиваются с невозможностью просмотреть все изданное, показанное и озвученное по какому-либо вопросу. В данном случае речь может идти только о каком-то приближении к полноте. Кроме того, один человек не в состоянии удержать в голове весь объем информации, необходимый для принятия управленческих решений, соответствующих достаточно широкому горизонту проблем. Представленные тезисы и научно-технический прогресс обусловили и сделали технологически реализуемым появление одного из возможных решений обозначенных проблем – ситуационных центров.

Актуальность создания ситуационных центров в органах власти и различных организациях обусловлена многими факторами, в числе которых необходимость комплексного подхода к вопросам управления, сбалансированного сочетания федеральных и региональных интересов при решении экономических и социальных проблем, необходимость принятия решений в условиях дефицита времени. При выработке решений необходимо быстро конструировать варианты решений и наглядно представлять результаты оценки и прогнозирования их последствий.

Новые возможности, которые обеспечивают ситуационные центры, основаны на слиянии технологий передачи информации и подачи ее в реальном времени, методов анализа и оценки ситуаций, а также организации коллективной работы экспертов непосредственно в процессе решения задач. Ситуационные центры, учитывая их технические характеристики, способствуют донесению до участников процесса принятия решений информации в сжатом виде. В них применяются различные мультимедийные формы визуализации данных, что позволяет перейти

на единый язык образов, понятный людям с разной подготовкой в области информационных технологий, с разными знаниями в различных сферах и областях обсуждаемой проблемы.

Вместе с тем комплексного подхода к пониманию сущности ситуационных центров к настоящему времени не выработано. Существующие работы чаще всего ориентированы на раскрытие отдельных аспектов их деятельности. При этом значимые компоненты подчас вообще не затрагиваются либо освещаются в фоновом режиме.

Сущность и структура ситуационного центра: теоретический аспект. В литературе сегодня отсутствует единообразное понимание того, что же такое «ситуационный центр». Обобщая существующие подходы, можно сформулировать следующее определение, учитывающее различные аспекты изучаемого объекта. Ситуационный центр – организационно-технический комплекс, состоящий из программно-технических средств, логико-математических моделей и инженерных решений, обеспечивающих в совокупности информационно-аналитичес-кую поддержку принятия управленческих решений в проблемно идентифицируемых сферах.

Многие источники объединяют понятия ситуационного, диспетчерского и аналитического центра. Диспетчерский центр базируется на термине «диспетчеризация», которая представлена процессом централизованного оперативного контроля и управления, посредством средств передачи информации [2]. Таким образом, основной задачей подобного центра является мониторинг состояния объекта и представление его в реальном времени. Ядром аналитического центра является вычислительный комплекс со специализированным программным обеспечением, позволяющим проводить разнообразные расчеты в условиях ограниченности времени. Результатом исторической конвергенции функционала аналитического и диспетчерского центра стал ситуационный центр.

Основываясь на приведенном определении, можно сформировать обобщенную модель состава ситуационного центра, представляющую его архитектурное решение (рис. 1).

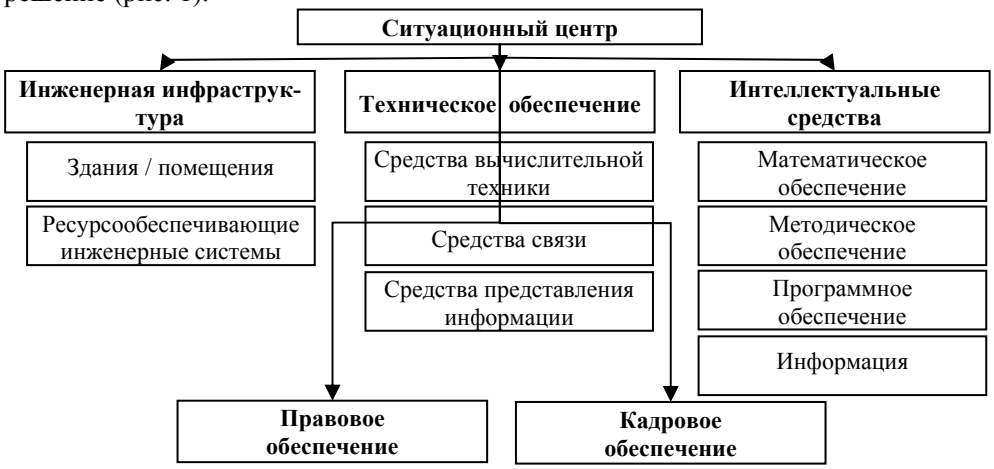


Рис. 1. Структура ситуационного центра

Особое место среди элементов ситуационного центра занимает информация, представленная в разнообразном виде:

– справочная (фактологическая) информация по всем внутренним и внешним субъектам и объектам области принятия решений;

– картографическая информация с различными настраиваемыми слоями;

– оценочная информация о состоянии и развитии объекта управления;

– оперативные доклады ведомств, подразделений, служб и должностных лиц о состоянии объекта управления, событиях и процессах в соответствии с разделением компетенции;

– доклады о контроле хода и результатах выполнения программ, планов, решений и т.п.;

– доклады о выявленных опасностях, угрозах, негативных процессах, тенденциях и проблемных ситуациях;

– доклады о симптомах неявных (предполагаемых) проблемных ситуаций.

Очевидно, что вопрос информационного обеспечения и информационного обмена между ситуационными центрами стоит достаточно остро. В России в настоящее время недостаточно поставщиков информации под требуемый формат. Требуется разработать общие стандарты и требования, выработать политику по вопросам раскрытия информации. Информационный фонд ситуационных центров (базы и банки данных, хранилище данных и т.п.) должен содержать полный набор данных по объектам управления, систему классификации и кодирования информации.

Информационно-аналитический цикл в ситуационном центре. Развитие методов записи и хранения данных привело к бурному росту объемов собираемой и анализируемой информации. Объемы данных настолько внушительны, что человеку просто не по силам проанализировать их самостоятельно, хотя необходимость проведения такого анализа вполне очевидна, ведь в этих «сырых» данных заключены знания, которые могут быть использованы при принятии решений на базе ситуационных центров. Процесс преобразования «сырых» данных в полезные знания представлен на рис. 2.

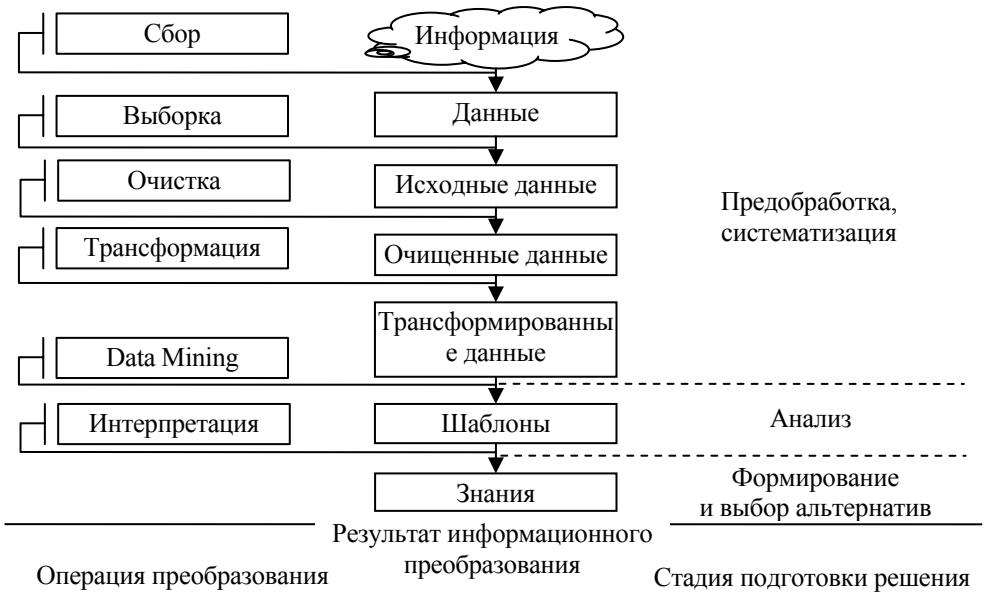


Рис. 2. Жизненный цикл «данных – знаний»

Сбор. В качестве первичного источника информации должны выступать различные базы данных, документы, Интернет и др. Причем речь идет не только о внутренней для организации информации, но и о внешних источниках.

Выборка. Для анализа необходимо иметь данные, позволяющие адекватно и всеобъемлюще оценить ситуацию или процесс. Для этого необходимо отобрать информацию, соответствующую объекту. Этот шаг предполагает выдвижение гипотез и выбор факторов, влияющих на анализируемый процесс. Данная задача решается экспертами.

Очистка. Несмотря на то, что информация поступает из множества источников, это не сокращает вероятность возникновения ошибок в данных. Наиболее типичными и не зависящими от предметной области из них являются противоречивость информации, пропуски в данных, аномальные значения, шум. Для решения каждой из этих проблем есть отработанные методы: удаление противоречий, исправление противоречивых данных, аппроксимация и пр.

Трансформация. Трансформация данных – последний этап перед анализом, необходимый для приведения информации к пригодному виду с точки зрения решаемых задач. Дело в том, что различные методы анализа требуют специальным образом подготовленных данных. Трансформация не ставит целью изменить содержание, её задача – представить информацию в таком виде, чтобы она могла быть использована наиболее эффективно. К основным приемам трансформации относятся нормализация, преобразование типов и форматов, сортировка, группировка, слияние, замена и др.

Data Mining – это процесс обнаружения в «сырых» данных ранее неизвестных нетривиальных практически полезных и доступных интерпретации знаний. Полезность заключается в том, что эти знания могут приносить определенную выгоду при процессе принятия решений в различных сферах человеческой деятельности. С помощью Data Mining решаются задачи классификации, регрессии, кластеризации, ассоциации, последовательных шаблонов [3]. Ввиду того, что Data Mining развивается на стыке таких дисциплин, как статистика, теория информации, машинное обучение, теория баз данных, вполне закономерно, что большинство алгоритмов были разработаны на основе различных методов из этих дисциплин.

Интерпретация. Перед интерпретацией необходимо сопоставить полученную модель исходным целям. Как правило, модель уже содержит сформированный замысел решения, определяющий способы ее достижения, комплекс мероприятий, силы и средства для выполнения работ. В силу многофакторной природы ситуационных задач их целесообразно оценивать с точки зрения возможных «выигрыша» и риска. Учитывая многофакторную природу большинства видов рисков, их моделирование производится с помощью экспертных систем, основой которых служит база знаний, определяющая правила формирования показателей риска.

Заключение. Идеология создания и функционирования ситуационных центров основана на интеграции в одной организационно-функциональной структуре совокупности административно-управленческих, технических, информационных, программных и телекоммуникационных ресурсов для обеспечения всестороннего оперативного интеллектуального анализа обстановки и выработки адекватных решений по управлению сложными ситуациями. Ситуационные центры, соединяющие в себе технологии поддержки принятия решений и презентационные технологии, вносят принципиально новые изменения в процессы обсужде-

ния и анализа крупных и сложных проблем управления, обеспечивая комплексную обработку информации на основе использования новых методов анализа и средств визуализации информации. Данная работа имела своей целью развитие теоретических представлений о структуре ситуационных центров и технологиях его работы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект РФФИ 12-06-33012-МОЛ_А_ВЕД_2012 «Методология комплексной оценки социально-экономического развития территориальных образований и эффективности государственного управления»).

Литература

1. Ильин Н.И. Ситуационные центры. Опыт, состояние, тенденции развития / Н.И. Ильин, Н.Н, Демидов, Е.В. Новикова. М.: МедиаПресс, 2011. 336 с.

2. Большой энциклопедический словарь [Электронный ресурс] / Гл. ред. А.М. Прохоров. 2-е изд., перераб. и доп. М.; СПб., 2000. Режим доступа: http://www.vedu.ru/bigencdic/19194/ (дата обращения: 24.05.2013).

3. Дюк В. Data Mining – интеллектуальный анализ данных [Электронный ресурс] В. Дюк // Портал ITeam – Технологии корпоративного управления. Режим доступа: http://www.iteam.ru/publications/it/section_92/article_1448/ (дата обращения: 29.04.2013).

УДК 004.4

МОДУЛЬ «НКТ-МЕНЕДЖЕР» КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ОНИКС

Д.А. Сидоров, А.М. Товкач

Модуль «НКТ-Менеджер» предназначен для оперативного получения аналитической информации по наличию, движению и отказам НКТ (насосно-компрессорных труб). Информация, собранная с его помощью, используется для оценки работы оборудования с целью проведения квалификационного отбора поставщиков оборудования и минимизации рисков из-за возможности поставки низкокачественного оборудования для добычи нефти.

Ключевые слова: «НКТ-Менеджер», ОНИКС-НКТ, MVC, Dojo.

Общие сведения о модуле «НКТ-Менеджер». Разработка модуля осуществляется в рамках расширения функциональных возможностей подсистемы ОНИКС-НКТ и совершенствования регламентированного доступа к данным по НКТ. В процессе выполнения настоящего проекта проводится автоматизация аналитической работы менеджеров различных подразделений. Оперативное получение информации в УДНГ (управление добычи нефти и газа) о состоянии подвесок НКТ на фонде скважин, об авариях по причине выхода из строя НКТ, о наличии НКТ на складах и ремонтных комплексах позволит оптимизировать процедуру планирования поставок НКТ и составления программы закупки НКТ. Модуль предназначен для получения оперативной аналитической информации, а также обеспечения оперативного контроля над качеством работы оборудования с целью проведения квалификационного отбора поставщиков оборудования для добычи нефти и минимизации рисков исключением возможности поставки низкокачественного оборудования для добычи нефти. Основным результатом создания модуля является реализация интерфейса для самостоятельного формирова-

ния запросов информации из базы данных в различных комбинациях и формирования соответствующих отчетов и диаграмм специалистами любого уровня.

Логика модуля. До начала разработки модуля «НКТ-Менеджер» остальные части системы были реализованы как десктопные приложения и использовали сервис для работы с базой данных. Сервис реализован на языке высокого уровня C# с шаблоном проектирования MVC (Model–View–Controller «модель–представление–контроллер») – схема использования нескольких шаблонов проектирования, с помощью которых модель данных приложения, пользовательский интерфейс и взаимодействие с пользователем разделены на три отдельных компонента так, что модификация одного из компонентов оказывает минимальное воздействие на остальные. Концепция данного шаблона разделяет приложение на три основных компонента [1].

– Модели. Объекты моделей являются частями приложения, реализующими логику для домена данных приложения. Объекты моделей часто получают и сохраняют состояние модели в базе данных. Проще говоря, данный компонент отвечает за работу с базой данных.

– Представления, служащие для отображения пользовательского интерфейса приложения. Пользовательский интерфейс обычно создается на основе данных модели.

– Контроллеры, осуществляющие взаимодействие с пользователем, работу с моделью, а также выбор представления, отображающего пользовательский интерфейс. В приложении MVC представления только отображают данные, а контроллер обрабатывает вводимые данные и отвечает на действия пользователя.

Работает данный шаблон следующим образом (рис. 1).

1. Сначала пользователь посылает запрос, который передается в контроллер.

2. Контроллер обрабатывает запрос и, в зависимости от запроса, передает команду в Представление, если запрос не требует никаких значений из базы данных, или Модель, если суть запроса заключается в работе с базой данных.

3. Модель, получив команду от Контроллера, обращается к базе данных на выполнение запроса пользователя, получает ответ из базы данных, и передает его обратно в Контроллер.

4. Контроллер, получив ответ от Модели, передает данные в Представление.

5. Представление формирует своего рода интерфейс для вывода данных и передает пользователю результат.

Таким образом, можно выделить следующие преимущества MVC:

– отдельное расположение кода вида от кода контроллера;

– модель выступает как средство для управления БД и полностью облегчает визуальную нагрузку на код;

– разделение компонентов улучшает разработку проектов в команде.

При реализации web-модуля «НКТ-Менеджер» было принято решение об ориентации на данный вид шаблона, так как это не только облегчает задачу, но и, если потребуется, позволит наладить взаимодействие с другими модулями или даже подсистемами.

Интерфейс модуля. Интерфейс для пользователя реализован в виде одностраничного приложения при помощи HTML, CSS и мощного, быстро развивающегося JavaScript фреймворка Dojo. Данный фреймворк обладает рядом достоинств перед остальными фреймворками.

– Модульность и AMD (Asynchronous Module Definition – «асинхронное определение модуля») загрузчик. Модули – это своего рода ресурсы (компоненты, элементы интерфейса и т.п.). В Dojo динамически подгружаются только те модули, которые используются на странице в данный момент, что ускоряет работу.

– Аспекты. Аспекты могут вызывать функцию до или после того, как другая функция выполнится. Применение такого подхода позволяет прослушивать события на виджете или классе для изменения последующих виджетов и классов.

– Dijit UI – это большой набор форм, инструментов и виджетов для создания пользовательского интерфейса. Dijit позволяет объявлять виджеты декларативно при помощи только тегов HTML и программно, используя непосредственно JavaScript-код.

– GFX библиотека. Это мощная библиотека для создания векторной графики. При помощи данной библиотеки можно визуализировать информацию в графики и диаграммы.

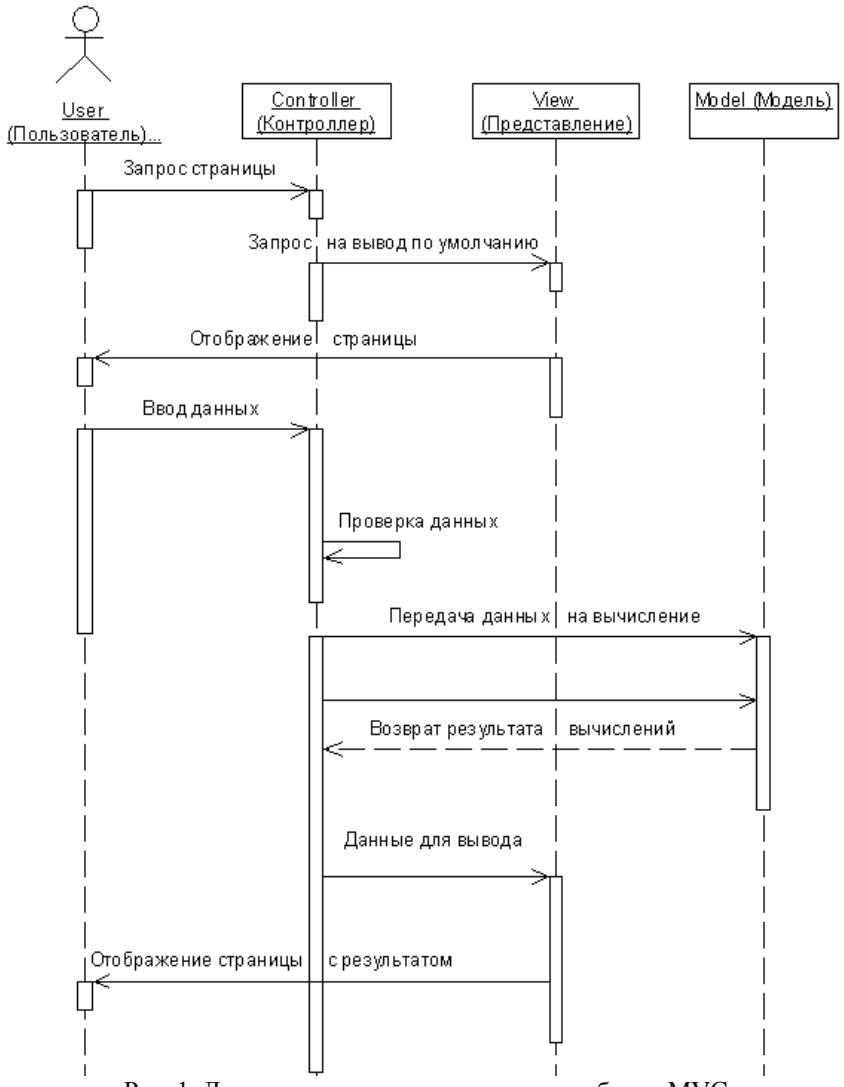


Рис. 1. Диаграмма последовательности шаблона MVC

Используя HTML, CSS и Dojo, был реализован первоначальный пользовательский интерфейс.

Дальнейшее развитие разработанного метода связано с ориентацией его не только на НТК, но и иные фонды нефтедобывающей промышленности.

Литература

1. Технологический регламент ОАО «Томскнефть» ВНК по эксплуатации насосно-компрессорных труб на месторождениях ОАО «Томскнефть» ВНК № П2-05.01 ТР-0011 ЮЛ-98: утвержден Распоряжением от 07 октября 2011 г. № 303.

УДК 300.35

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ФОРМИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

М.Р. Тухватшин

Дано определение геоинформационных систем, описаны характеристики системы WGS3-T, исследован отечественный и зарубежный рынки ГИС, рассмотрен вопрос сегментации и локализации на рынке Европейского союза. Выполнение данной работы проводилось при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

Ключевые слова: геоинформационная система, рынок ГИС, сегментирование, система WGS3-T.

Геоинформационные системы (далее упоминаются как ГИС или ГИС-технологии) определяются компаниями, занимающимися их внедрением, как «многофункциональные средства анализа сведенных воедино табличных, текстовых и картографических бизнес-данных, демографической, статистической, земельной, муниципальной, адресной и другой информации» [1].

ГИС предназначены для сбора, хранения, анализа и графической визуализации пространственных данных и связанной с ними информации о представленных в ГИС объектах [2].

На начальном этапе работы с применением маркетинговых знаний была выявлена потребность в использовании ГИС-технологий среди регионов Российской Федерации (в частности, в регионах Сибирского, Уральского и Дальневосточного федеральных округов) [3].

Система WGS3-T относится к инструментальным и обладает следующими возможностями (согласно бизнес-плану проекта):

- поддержка многослойного представления электронного генерального плана;
- выполнение функций оперативного геоинформационного анализа, в состав которых входят геометрический анализ (измерение расстояний, дистанций, площадей), тематическая классификация, построение буферных зон;
- публикация карты запрошенного участка генплана, печать области карты;
- ведение первичной регистрации всех типов документов и организация автоматизированного контроля исполнения документов;
- ведение технологии электронного взаимодействия между подразделениями организации.

На сайтах-каталогах предприятий были выбраны более 300 крупнейших организаций РФ. Затем составлена анкета предприятий, предназначенная для выявления потребности в автоматизации и внедрении технологии. Были установлены коммуникационные цели, достигнутые с применением маркетинговых инструментов (e-mail и почтовая рассылка). Промежуточным итогом исследования стали 5 предприятий, заключивших договоры о намерениях (ООО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат», ООО «Красноярский жилищно-коммунальный комплекс», ЗАО «Сибирский ЭНТЦ», ОАО «Барнаульский станкостроительный завод», ОАО «Омский завод металлоконструкций»). Также было рассмотрено более 400 предприятий – потенциальных потребителей в странах СНГ, просегментированных по стране и показателю ОКВЭД.

Итоговая оценка привлекательности сегмента была определена по следующей формуле:

$$P_m = \sum_{k=1}^{n} v_k c_{k,m},$$

где $k = \overline{1,n}$ – критерии оценки сегментов; v_k – весовой коэффициент k-го критерия оценки сегмента; $c_{k,m}$ – оценка m-го сегмента по k-му критерию.

В результате целевыми сегментами, представляющими наибольший интерес для дальнейшей работы, стали предприятия производства и распределения газа, воды и электроэнергии Узбекистана, добычи полезных ископаемых Казахстана и обрабатывающего производства Казахстана.

Была разработана система оценки эффективности. Для интернет-пользователя описана собственная последовательность поведенческих стадий, которые он проходит при взаимодействии с рекламным сообщением. Эта последовательность создана на основе модели поведения AIDA, которая была предложена Э. Левисом в 1896 г. Смысл модели сводится к описанию основных стадий, которые потребитель проходит перед тем, как превратиться из потенциального потребителя в реального. Традиционная модель AIDA подразумевает четыре стадии взаимодействия потребителя с рекламной информацией [4]: внимание (attention), интерес (interest), желание (desire), действие (action).

Основные показатели:

- Число уникальных пользователей – всего на сайт зашло 103 посетителя.
- Географическое распределение пользователей – в основном предприятия Томской и Омской областей.
- Число достижения целевых действий – просмотр страницы, переход к анкете, скачивание договора и скачивание презентации – 42 пользователя.

Затем были выявлены более 200 предприятий Китая, Индии и Европейского союза, для которых система могла бы быть интересна. Составлены профили предприятий, содержащие основную информацию, географическое положение и изображения территории, занимаемой предприятием.

В ходе этапа выяснилось, что требования к продукту, поставляемому на рынок ЕС, высоки. Для получения полноценной картины этих требований исследован вопрос локализации продукта. Локализация – перевод на язык данной страны и адаптация программного продукта для реализации его на европейском рынке.

Прежде всего, согласно [5], переводу подлежат:

- программная оболочка, поскольку в интерфейс программного продукта должны входить лишь слова и команды на языке этой страны (языке локализации) или по крайней мере на английском;

• содержательная часть включенной в продукт базы данных (если она имеется), обычно эта часть работ является наиболее трудоемкой и ответственной;

• тексты файлов встроенной Help-системы;

• документация к продукту;

• элементы оформления и дизайна: на лицевой стороне компакт-диска, обложке документации, на коробке или упаковке продукта;

• лицензионное соглашение и регистрационная карточка (иногда требуется и переработка) в соответствии с законами и традициями той страны, для которой разрабатывается ПО.

Также важно соблюсти несколько правил при выходе на зарубежный рынок:

• Любой перевод должен всегда осуществляться специалистом – носителем языка.

• Не стоит, по возможности, афишировать российское происхождение программного продукта.

• Важно тщательно отладить и протестировать продукт во всех версиях операционных систем, используемых в том регионе земного шара, для которого разрабатывается иноязычная версия.

• Фирма, предполагающая экспортировать собственные разработки на рынки Западной Европы, обязана позаботиться о сопровождении и послепродажной поддержке проданных копий ПО.

На сегодняшний день стоимость реализации принята равной 650 тыс. руб. в базовой комплектации без сопровождения, стоимость приобретения ключевых обновлений для зарегистрированных пользователей – 50 тыс. руб. Качество программной системы оценивалось с помощью стандарта ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93.

Заключение. Таким образом, рассмотрены отечественный и зарубежный рынки ГИС-технологий, возможности выхода на эти рынки разработки WGS3-T. В ходе дальнейшей работы планируется охватить предприятия вышеназванных сегментов маркетинговыми мероприятиями, способствующими распространению системы.

Литература

1. Геоинформационные системы [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.trisoftrus.com/DesktopDefault.aspx?tabid=102&Mnu=2.102, свободный.

2. Презентация ГИС [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.slideshare.net/newmaster09/ss-12142982 , свободный.

3. Жуковский О.И., Гриценко Ю.Б. Особенности создания системы информационной безопасности веб-ГИС ведения электронного генерального плана инженерной инфраструктуры / Доклады ТУСУРа. 2013. № 2 (28). С. 101.

4. Дейнекин Т.В. Комплексный метод оценки эффективности интернет-рекламы в коммерческих организациях [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.dis.ru/library/market/archive/2003/2/244.html, свободный.

5. Анциферов А. Искусство локализации ПО или Не к ночи будет рассказано [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.osp.ru/pcworld/1998/10/159683/, свободный.

УДК 65.011.56

ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

М.Ю. Катаев, Р.И. Уколов

Рассматривается концепция программного обеспечения как средства повышения эффективности деятельности предприятия. Затрагиваются аспекты процессно-ориентированного управления, моделирования и формализации бизнес-процессов.

Ключевые слова: бизнес-процесс, моделирование, формализация, алгоритм.

Любое предприятие в своей деятельности предусматривает наличие четко определенного технологического цикла. При решении задач производственной деятельности, при изменении внешних и внутренних условий всегда возникает задача повышения эффективности работы предприятия. Поэтому задачи контроля процессов производства, изменения производственной деятельности в связи с направлением и величиной внешних или внутренних воздействий являются первостепенными.

Эффективность принятия управленческих решений во многом зависит от подхода к управлению руководителя организации и субъективного восприятия им производственной проблемы в момент принятия решения. Процессно-ориентированный подход является наиболее подходящим при решении задач реагирования на внешние и внутренние изменения на предприятии, изменения производственной деятельности, так как позволяет дифференцировать всю деятельность организации на отдельные взаимосогласованные процессы и обеспечивать постоянный контроль над ними и выпускаемой продукцией в рамках строгого соответствия принятой общей стратегии предприятия [1].

Типичными стандартами описания бизнес-процессов являются такие нотации, как IDEF, ARIS, BPMN, UML и др. Существует множество различных программных продуктов, которые обеспечивают моделирование бизнес-процес-сов, используя данные стандарты, в трех основных направлениях: ERP, MRP – описывают потоки документов и ресурсов; СМК – описывают, как связаны логические и структурные объекты; BPM – используются для визуального описания бизнес-процессов компании в функциональном аспекте [2].

Все эти программные продукты оперируют понятием бизнес-процесса как последовательностью «действий» и возникающих при этом «событий», тесно взаимосвязанных между собой. Существующие программы позволяют обеспечить решение множества задач управления набором данных производственной деятельности, но не работать напрямую с самими данными. При этом на одно действие могут накладываться десятки, а то и сотни различных событий. Всё это приводит к тому, что довольно сложно формализовать бизнес-процессы относительно данных, описывающих процесс, что необходимо для стратегического или тактического планирования, а также в системах мониторинга и имитационного моделирования бизнес-процессов. Помимо самого моделирования бизнес-процессов, многие системы предоставляют различные дополнительные инструменты, такие как мониторинг бизнес-процессов, системы электронного документооборота, оптимизация бизнес-процессов и многие другие.

Естественно, что весь этот дополнительный инструментарий основывается на описании бизнес-процессов и различным дополнительным модулям требуется совершенно разная информация о бизнес-процессах. Большинство таких систем используют стандартные способы хранения данных бизнес-процессов. На сегодняшний день нет программных продуктов, которые применяли бы формализа-

цию бизнес-процессов в виде некой логической структуры для различных уровней управления, например стратегического и тактического.

Проведя сравнительный анализ программных систем в области моделирования бизнес-процессов, можно сделать вывод, что возможность стратегического и тактического планирования, а также возможность имитационного моделирования либо совсем не реализована в большинстве систем, либо реализована частично с небольшим функционалом. Предлагаемый в данной работе подход направлен именно на реализацию возможности оптимизации построения моделей бизнес-процессов на всех уровнях, аккумуляцию и передачу данных. В итоге такой подход к моделированию бизнес-процессов позволит построить модель оценки эффективности деятельности предприятия на всех уровнях, доступную для использования предприятиями малого и среднего бизнеса.

Описание подхода моделирования бизнес-процессов. Современные производственные технологические циклы предприятий являются довольно громоздкими и поэтому довольно сложны для их понимания, чтения и анализа без привлечения специалистов в этой области. Поэтому нами был найден следующий подход в описании бизнес-процессов путем разделения их на три логических уровня: обобщенный уровень (О.Б.П.), функциональный уровень (бизнес-процессов Б.П.) и уровень технологического цикла (Т.Ц.) (рис. 1). Как правило, обобщенный уровень бизнес-процессов описывает последовательность основных процессов производственной деятельности, и их, как правило, бывает не более десятка или чуть более. Второй уровень Б.П. составляет структуру подпроцессов, которых в совокупности возникает уже сотни, реализующих тот или иной обобщенный бизнес-процесс. Для описания бизнес-процессов второго уровня можно использовать методологию моделирования BPMN [3]. Третий, технологический уровень является самым сложным для описания и оперирует уже тысячами параметров. Именно третий уровень, представленный в виде процессов, и реализован в большинстве существующих программ.

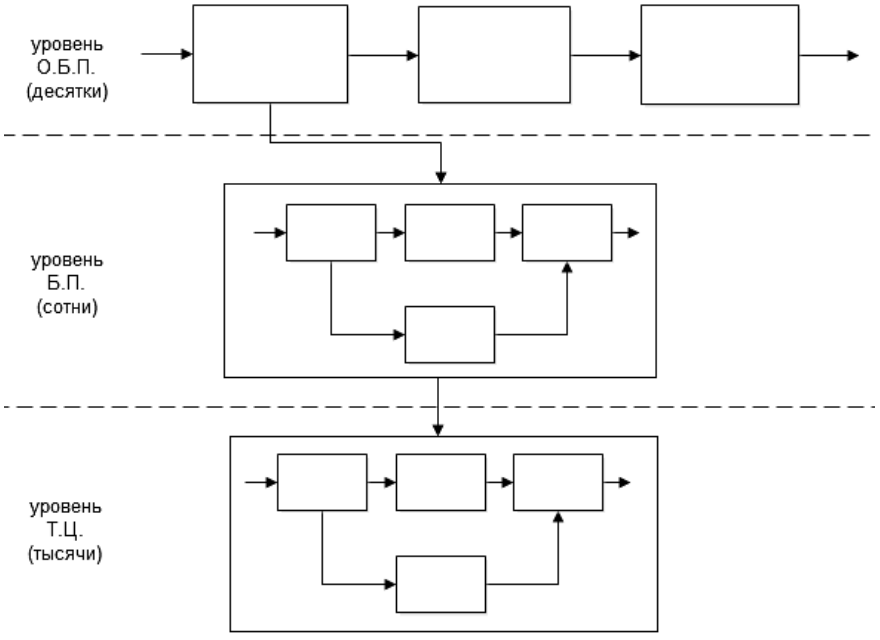


Рис. 1. Иерархическая вложенность бизнес-процессов

Под описанием бизнес-процесса принято понимать совокупность необходимых ресурсов для выполнения этого бизнес-процесса и различные внешние и внутренние ограничения, которые накладываются на конкретный бизнес-процесс. Под описанием внутренних ограничений подразумевают описание взаимодействий между бизнес-процессами, которые обеспечивают преобразование входа бизнес-процесса в его выход.

Описание внешних ограничений представляет собой некие правила бизнес-логики, которые вносят ограничения в модели бизнес-процессов, а также в ход их исполнения. Так как большинство программных систем ориентированы на производственные предприятия, то данный модуль описания бизнес-процессов содержит шаблоны правил, связанные с существующими отраслевыми стандартами ОСТ, ГОСТ, СНИП и т.д.

Теперь боле подробно рассмотрим структуру хранения бизнес-процессов в нашей системе. Любая модель бизнес-процессов p_k, где k – один из вариантов модели, может быть представлена как последовательность элементов $\langle A^k, L^k \rangle$:

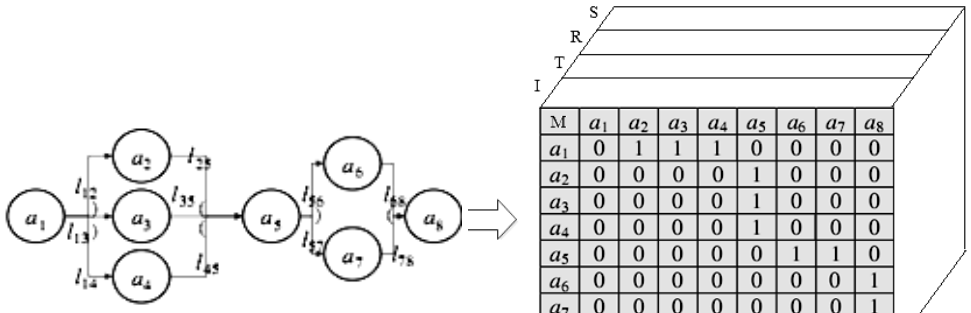
$$A^k = \{a_i | \, i = 1, \ldots, I\}, \quad (1)$$

где A^k – это множество бизнес-процессов, a_i – один из бизнес-процессов в модели p_k, а I – это общее число бизнес-процессов в модели p_k.

$$L^k = \{l_{ij} = (a_i, a_j) | \; a_i, a_j \in A^k, \quad (2)$$

где L^k – это множество связей, l_{ij} – связь между двумя бизнес-процессами a_i и a_j в k-й модели. Элемент (a_i, a_j) означает, что процесс a_i непосредственно предшествует процессу a_j.

Любую из данных вариантов модели бизнес-процессов можно представить с помощью следующей теоретико-множественной модели $BP = \{S, R, T, I, M\}$, где S – стоимость бизнес-процессов, R – необходимые ресурсы, T – время выполнения бизнес-процессов, I – информация и M – бинарная матрица смежности (где 1 – означает, что между двумя бизнес-процессами есть связь). С одной стороны, добавления и изменения в последовательности бизнес-процессов приводят к изменению модели, с другой стороны, изменяя модель, мы можем создавать различные варианты моделей бизнес-процессов (рис. 2).



M	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8
a_1	0	1	1	1	0	0	0	0
a_2	0	0	0	0	1	0	0	0
a_3	0	0	0	0	1	0	0	0
a_4	0	0	0	0	1	0	0	0
a_5	0	0	0	0	0	1	1	0
a_6	0	0	0	0	0	0	0	1
a_7	0	0	0	0	0	0	0	1
a_8	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 2. Пример теоретико-множественной модели

Любой бизнес-процесс в теоретико-множественной модели имеет определенный набор данных, ограничений и инструкций, при это на выходе он может иметь только два значения – 0 или 1, т.е. был ли данный бизнес-процесс завершен успешно. Для практической работы, как правило, необходимо знать, за какое

время был закончен бизнес-процесс, подпроцесс, сколько при этом потрачено ресурсов, сколько и какой квалификации работников в процессе. Это позволяет отказаться от использования множественных событий при построении модели, так как вся логика работы уже заложена внутрь самого бизнес-процесса различным набором функций.

Все результаты работы процесса хранятся в общей базе данных, откуда потом передаются на вход нового бизнес-процесса (рис. 3).

На рис. 3 представлена архитектура бизнес-процесса, который используется нами для целей моделирования. Структура данных бизнес-процесса содержит логику взаимосвязи (см. рис. 2), а также наборы данных, необходимых как для целей моделирования, так и применения на практике. Для целей моделирования нами используются данные, необходимые для модели *BP*:

– данные плана (известны до выполнения работ или моделирования);

– данные факта (поступающие в ходе выполнения производственной деятельности или моделирования параметры);

– данные ограничений (на параметры накладываются ограничения, например, наличие ресурсов на складе, тип выполняемой работы, и ограничения на число исполнителей (один или два), квалификация исполнителей и др.);

– ГОСТ, инструкции (документы, необходимые для изучения, контроля, обеспечения ограничений, и др.).

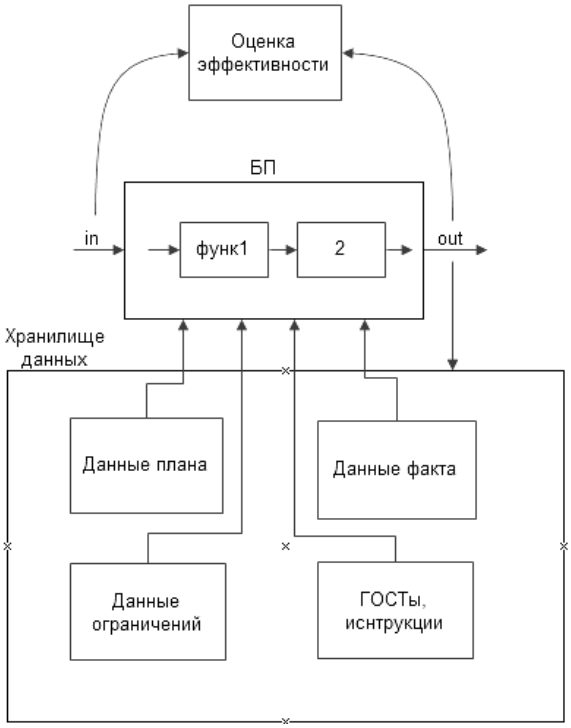


Рис. 3. Структура данных бизнес-процесса

Таким образом, представленный бизнес-процесс является уникальным и позволяющим описывать множественные события производственной деятельности на уровне выполнения действий (суммируя все события). Этот подход позволяет разрабатывать программное обеспечение нового типа, необходимое для осуществления стратегического и тактического планирования на предприятии.

Нами проведена реализация данного подхода в виде набора отдельных модулей, которые в настоящее время работают в консольном режиме и проходят этап тестирования.

Выводы. В связи с тем, что бизнес-процессы агрегируют в себе всю информацию о ходе и состоянии производства, существует возможность построения системы менеджмента качества на основе параметров бизнес-процессов, которая будет тесно интегрирована с системой мониторинга и планирования. При этом получаемые показатели будут более точно и своевременно отображать реальную

ситуацию на производстве. На существующих производствах, как правило, планирование осуществляется не чаще одного раза в месяц или квартал на данных локального или квартального финансового отчета.

Универсальное хранилище данных дает возможность предоставлять хорошо структурированную и сгруппированную информацию для различных дополнительных задач, а использование для расчетов теоретико-множественной модели позволяет спроектировать наиболее оптимальную модель бизнес-процессов, проводить изменения цепочки бизнес-процессов, а не создавать все заново, как это делается на современном ПО. Учет ограничений, которые накладываются на бизнес-процессы различными стандартами и нормативами, позволяет контролировать адекватность модели бизнес-процессов.

Использование нового подхода при моделировании позволяет повысить эффективность производства, получать актуальную информацию о ходе производства, необходимую для процесса принятия эффективных решений в управлении.

Литература

1. Петров Ю.А. Комплексная автоматизация управления предприятием. Информационные технологии и практика. Бизнес-информатика / Ю.А. Петров, Е.Л. Шлимович, Ю.В. Ирюпин. М., 2001. 180 с.

2. Арушанов И.В. Программное и математическое обеспечение информационных систем малых предприятий. Информационные экономические системы. М., 2007. 600 с.

3. Спецификация нотации BPMN–2005 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ecm-journal.ru/card.aspx?ContentID=1624827 (дата обращения: 25.10.2013).

Секция 14

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ

*Председатель секции – **Дмитриев В.М.**, д.т.н., профессор, зав. каф. МОТЦ*

УДК 621.396.41

СИСТЕМА НАКОПЛЕНИЯ ЗНАНИЙ (РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА)

И.В. Ботнаренко, Я.К. Кротов, И.С. Куренков, Д.С. Терентьев

Проведен анализ учебного плана по специальностям «комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем» и «проектирование и технология электронно-вычислительных систем». Изучены различные методики расчета рейтинга студентов. Проведен анализ информации об оценках студентов. Была создана структура базы данных рейтинговой системы студентов. Была разработана и реализована рейтинговая система студентов кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем.

Ключевые слова: рейтинговая система, метод медианы, база данных, CMS Drupal, PHP, HTML.

О необходимости пересмотра существующей системы контроля результатов обучения давно известно и немало сказано.

Создать стимулы активизации самостоятельной работы студентов, упорядочить требования преподавателей к уровню знаний, вовремя измерять успеваемость и т.д. – все это может быть достигнуто при использовании рейтинговой системы.

Целью данной работы является создание рейтинговой системы студентов, являющейся основой оперативного контроля обучаемости студентов. Разработка этой системы проводилась на примере кафедры КИБЭВС Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР).

В соответствии с этим выделены следующие важнейшие задачи, стоящие перед нами в процессе выполнения работы:

– анализ учебного плана по специальностям «комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем» и «проектирование и технология электронно-вычислительных систем»;

– изучение и выбор метода расчета рейтинга;

– анализ информации об оценках студентов;

– создание структуры базы данных рейтинговой системы студентов;

– визуализация на сайте рейтинговой системы студентов.

В Федеральном государственном образовательном стандарте главным является то, что дисциплины разделены на циклы (гуманитарный, математический и т.д.). В учебном плане наиболее важны следующие данные: периоды экзаменационных сессий, продолжительность дисциплин и отчетность по каждой дисциплине.

В результате анализа учебного плана и Федерального государственного образовательного стандарта было решено:

1) разделить дисциплины на блоки специальностей, так как нельзя сравнивать оценки предметов из разных блоков (например, гуманитарные предметы и естественнонаучные предметы);

2) внутри блоков специальностей для каждой дисциплины рассчитывается коэффициент трудности дисциплины: количество часов этой дисциплины делится на количество часов самого продолжительного предмета в блоке;

3) олимпиады, научно-исследовательские работы, спортивные достижения, конференции, и т.д. на рейтинг не влияют, дынные о них заносятся в виде дополнительной информации о студенте.

В итоге нам необходимы следующие данные:

– специальность;
– название дисциплин;
– блоки специальностей (название и входящие дисциплины);
– количество часов каждой дисциплины;
– отчетность по дисциплине;
– семестр (-ы), в котором (-ых) изучается дисциплина;
– данные о практиках (учебных или производственных).

Метод расчета среднего арифметического показателя – один из наиболее распространённых способов центральной тенденции, представляющий собой сумму всех наблюденных значений, деленную на их количество. От данного метода пришлось отказаться, так как он не может более компетентно выразить точность рейтинговой отметки.

Метод расчета моды – значение во множестве наблюдений, которое встречается наиболее часто. При экспертной оценке с её помощью определяют наиболее популярные типы продукта, что учитывается при прогнозе продаж или планировании их производства. Данный метод не подходит для расчета рейтинга, так как наиболее повторяющиеся оценки не могут служить основательным доводом к определению знаний студента.

Изучив всевозможные методики расчета рейтинга, был сделан свой метод расчета рейтинга студентов, который был назван как метод «медианы». Для расчета рейтинга методом «медианы» необходимо сначала вычислить коэффициент трудности предмета (коэффициент трудности = количество часов одного предмета / количество часов самого большого предмета (в блоке)). Затем умножить коэффициент трудности на предметную оценку за конец сессии. Получившиеся оценки одной группы специальности записать в ряд и взять медиану (посередине). Отсюда и название метода – метод «медианы».

Оценки, выставленные по результатам сессии, определяются следующим образом:

– ЗАЧЕТ кодируется: 1 – если студент сдал, 0 – если нет;
– ЭКЗАМЕН кодируется по 5-балльной шкале;
– КУРСОВАЯ РАБОТА кодируется по 5-балльной шкале.

При анализе информации об оценках было изучено три метода занесения оценок в базу данных:

1) с помощью библиотеки PHPExcel;

2) с помощью конверторов;

3) просто создать в базе данных отдельную таблицу, которая хранит все оценки.

Первый метод, который был рассмотрен, это был метод передачи данных с помощью библиотеки PHPExcel. Что же такое PHPExcel? PHPExcel – отличная библиотека с огромным функционалом по работе с форматами xls, xlsx. Можно считывать, записывать, менять форматирование, задавать формулы, а из xlsx

можно и картинки вытаскивать. Формат чтения не ограничиваются файлами Excel, он так же может прочитать такие файлы, как Excel 2007, BIFF5 (Excel 5.0/Excel 95), BIFF8 (Excel 97 и более поздние), PHPExcelSerializedSpreadsheet, SymbolicLink, CSV. Так же с помощью этой библиотеки мы можем сохранять данные в другом формате, например PDF. Минус этого метода то, что PHPExcel очень требователен к памяти. Для одной ячейки надо около 1 кб памяти. При работе с большими таблицами, вы можете столкнуться с определенными трудностями.

Второй метод, который был рассмотрен, это был метод передачи данных с помощью конверторов, т.е. для простоты передачи данных потребуется поменять формат Excel на формат CSV. Для быстрого импорта данных в MySQL используется следующее так называемое выражение манипулирования данными «LOAD DATA INFILE».

Проблемы быстрого импорта данных заключаются в том, что при использовании запроса «LOAD DATA INFILE» вы должны учитывать следующее:

1) у пользователя БД должна быть привилегия FILE, но не всякий хостинг позволяет менять привилегии пользователя;
2) может возникнуть проблема вставки строк с отсутствующими значениями;
3) остаётся проблема загрузки больших файлов.

Также следует заметить, что если используется LOCAL:

1) необходимо разобраться с путём к файлу: абсолютный или относительный. Относительный – это относительно клиента путь, откуда клиент был запущен;
2) если передачу файла ведёт клиент, то сохраняется его копия во временном каталоге не сервера БД, а операционной системы и читается сервером БД уже оттуда (БД необходимо обеспечить доступ к каталогу и свободное место на диске);
3) команда отработает, только если и сервер, и клиент разрешают её.

Например, на сервере должна быть установлена переменная – local-infile=1.

Если LOCAL не используется:

1) БД читает файл по абсолютному пути;
2) если путь относительный, то от пути директории данных сервера или директории текущей базы данных. Всё решает наличие или отсутствие «./» перед файлом. Всё же могут возникнуть проблемы с доступом. Если файл вдруг находится не в каталоге текущей БД, то надо переключиться, используя USE, а потом не забыть переключиться назад;
3) если установлена системная переменная secure_file_priv, то файл должен находиться по указанному в ней пути.

На основании анализа выявлено, что первые два метода не подходят, был сделан вывод, что можно просто создать отдельную таблицу в базе данных и самостоятельно вводить данные. Оценки предоставляются в электронном виде Excel секретариатом кафедры КИБЭВС.

Для реализации данной рейтинговой системы студентов необходимо создать соответствующую базу данных. В качестве предметной области была выбрана «Система накопления знаний». В базе данных хранится информация о студентах и их оценках. Также в БД находится информация о блоках специальностей, входящих в них дисциплинах, количестве часов каждого предмета и видах отчетности по этому предмету. Имеется информация о специальности, на которой обучается студент, а также о личных заслугах каждого студента, таких как участие в олимпиадах, публикациях, спортивных мероприятиях и т.д.

Данная система расчета рейтинга будет отображена на сайте кафедры КИБЭВС (kibevs.tusur.ru/krotov). Сайт кафедры разработан на CMS Drupal 6 и представлен на рис. 1.

Рис. 1. Сайт рейтинговой системы кафедры КИБЭВС

Сценарий работы: пользователь заходит на сайт кафедры КИБЭВС. Переходит в раздел «Студенту» и во вкладку «Рейтинг студентов». После успешного выполнения данной операции появляется строка поиска, в которую пользователь должен ввести фамилию, имя и номер группы. Результатом поиска должна стать информация о студенте:

– фамилия, имя и отчество;
– фото (необязательно);
– номер группы;
– специальность;
– гистограмма, созданная на основе данных рейтинга;
– дополнительные заслуги студента (олимпиады, проекты и т.д.).

Студенты могут не только посмотреть свой рейтинг, но и сравнить его с рейтингом других студентов.

При этом отметим, что пользователями для данной системы будут являться не только студенты, но и их родители, которые волнуются, переживают и интересуются успеваемостью своего ребенка, а также работодатели, которые заинтересованы в поиске работников по своим определенным критериям. Для всех этих пользователей будет создан свой персональный интерфейс.

В итоге данная система предназначена не только для учета успеваемости, но и для поиска подходящего работодателя, для начала успешного будущего.

Главное отличие нашего сайта от сайта ocenka.tusur.ru состоит в том, что рейтинг студентов отображается в виде столбцовой диаграммы. Наша система позволяет работодателям находить студентов с самыми высокими баллами по нужной им специальности. Также наша система предоставляет возможность студентам сравнивать свои показатели в учебе с другими студентами.

Литература

1. Методики расчета рейтинга в ТУСУРе.

2. Бесплатный видеокурс по Drupal от А. Галямова и А. Попова [Электронный ресурс]. URL: http://torrents.vtomske.ru/forum/viewtopic.php?t=537030 (дата обращения: 14.02.2013).

3. Диканская Н.Н. Оценочная деятельность как основа управления качеством образования.// Стандарт и Мониторинг в образовании. 2003. №3.
4. Костылев Ф.В. Учить по-новому: Нужны ли оценки-баллы. М., 2000.
5. О показателях качества образования // Высшее образование в России. 2004. №11. С. 92–96.
6. Рейтинговая система // Высшее образование в России. 2001. №4.

УДК 004.942

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

В.М. Дмитриев

Рассматриваются роль и место средств и систем компьютерного моделирования в основных учебных модулях образовательного процесса. Показано, что системный подход по применению компьютерного моделирования открывает новые творческие возможности у студентов, повышает эффективность и наглядность процесса обучения.

Ключевые слова: электронный учебник, компьютерный задачник, реально-виртуальная лаборатория.

Автоматизированный учебно-методический комплекс. Применение средств компьютерного моделирования в учебном процессе рассмотрим, опираясь на АУМК и составляющие его модули [1]. АУМК представляет собой базу данных, интерфейс и набор программно-инструментальных средств для формирования и использования в учебном процессе различных методических материалов и программных продуктов. Для решения задач и проведения лабораторных работ с состав АУМК включены среда моделирования МАРС и система «Макрокалькулятор». Ранее в АУМК по курсу был использован электронный учебник, который представлял информацию в статическом виде. Для придания интерактивности было предложено связать учебник с СМ МАРС и расчетной системой «Макрокалькулятор», с целью иллюстрации определений и методик решения различных задач (рис. 1).

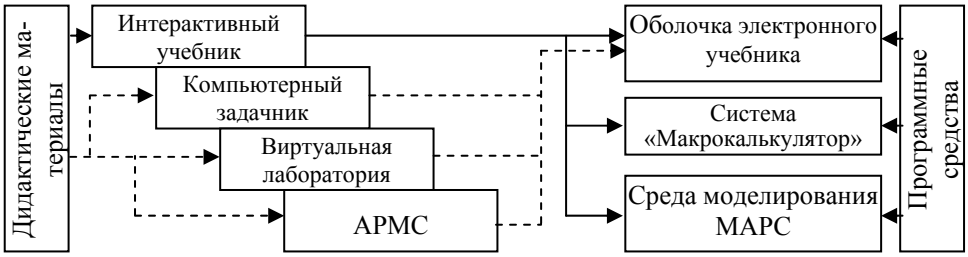


Рис. 1. Место интерактивного учебника в составе АУМК

Электронный учебник – программный модуль, предоставляющий интерфейс для разработки и изучения теоретического материала, представленного учебным пособием или курсом лекций по данной дисциплине. В теоретическом материале гипертекстового учебника методистом делаются вставки – интерактивные узлы, по которым вызывается определенный учебно-иллюстративный модуль (УИМ).

УИМ базируется на многоуровневой системе компьютерного моделирования МАРС [2]. В его состав входит многослойный редактор, позволяющий в объектном слое разместить компонентную цепь объекта исследования; в алгоритмическом слое поместить схему иллюстративного вычислительного эксперимента, а также приборы и выходные графики процессов в визуальном слое (рис. 2). В любом окне полиэкранной формы доступна возможность изменения параметров; так, изменив значение любого компонента, будем видеть изменение соответствующего графика, а также математического расчета.

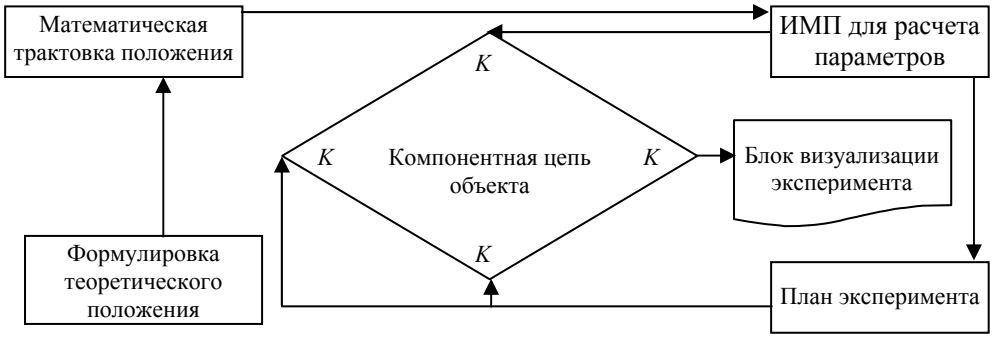


Рис. 2. Схема построения УИМ

Компьютерный задачник [3] – программный модуль, предназначенный для формирования задач и проведения компьютеризированных практических занятий, целью которых является изучение различных методик решения задач, представленных в ресурсном блоке «Набор задач». Задачник базируется на системе компьютерной математики «Макрокалькулятор» и разделах задач – типовых, олимпиадных и для самостоятельного решения.

Виртуальная лаборатория [4] – модуль, предоставляющий интерфейс для проведения компьютерных лабораторных работ над виртуальными аналогами технических объектов. Виртуальные лаборатории называются также и компьютерными. Поэтому в их состав (рис. 3) входят: система формализованного отображения реального объекта (РО) в модель вместе с библиотекой компонентов (СФО и БМК), система компьютерного моделирования (СКМ) совместно с виртуальными приборами (ВИП) и блоком обработки выходных данных (БОД). Система управления экспериментом (СУЭ) управляет ходом вычислительного эксперимента.

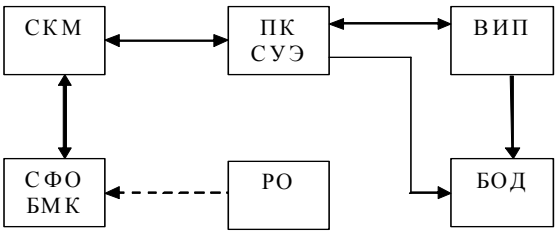


Рис. 3. Функциональная схема виртуальной лаборатории

Реально-виртуальная лаборатория. Реально-виртуальные лаборатории оперируют с реальными физическими объектами (макетами или установками). Система измерительных датчиков (СИД) передает исследуемые сигналы в устройства сбора данных (УСД), которые отображаются на виртуальных измерительных приборах (ВИП) и далее обрабатываются блоками обработки (БОД) (см. рис. 4). Реализация принципа реально-виртуальной моделирующей структу-

ры (РВМС) (рис. 4) связана с представлением исследуемого объекта для изучения его характеристик в виде физической модели и математической (компьютерной) моделей. Использование компьютерной модели имеет свои преимущества, связанные с возможностью оперативного варьирования структуры и параметров объекта, отображения экстремальных режимов, широкими возможностями экспериментирования.

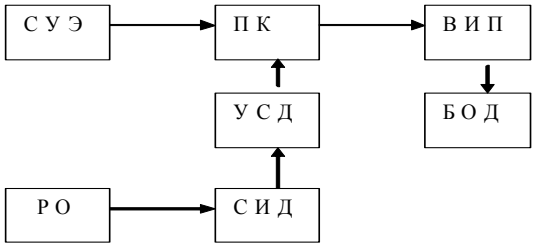


Рис. 4. Функциональная схема реально-виртуальной лаборатории

Физическая модель содержит все сведения о реальном объекте: учитывает влияние многочисленных внешних факторов, в том числе и помех, ненадежность элементов и соединений, отклонение от режимов работы источников питания, погрешности измерений. Сочетание этих двух моделей повышает информативность учебного эксперимента, дает возможность предварительного ознакомления с принципами функционирования объекта, исследования нереализуемых на физической модели режимов и в то же время позволяет строить многофакторный эксперимент, учитывающий влияние внешней среды.

Компьютерный тренажер [5] – модуль, предоставляющий интерфейс и методические материалы для самостоятельной работы студентов, объединяющий возможности компьютерного задачника и виртуальной лаборатории с целью закрепления и приобретения новых знаний и навыков практических расчетов и лабораторных исследований. Состав и структура компьютерного тренажера приведены на рис. 5. Основными модулями являются:

1) учебно-методический материал тренажера;
2) моделирующая среда «МАРС»;
3) макрокалькулятор;
4) наборы задач и упражнений методической части тренажера.

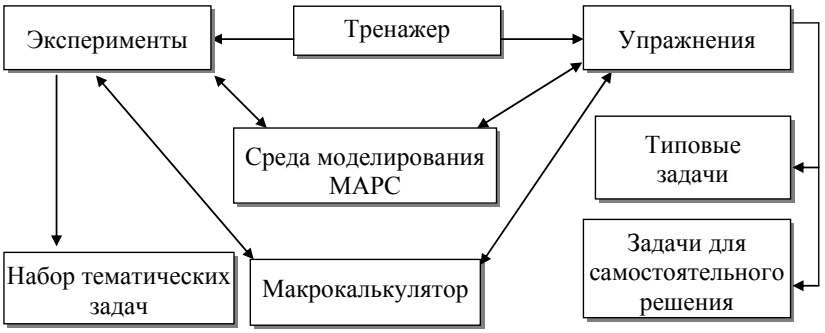


Рис. 5. Состав и структура компьютерного тренажера

Автоматизированное рабочее место студента (АРМС) [6] является объектно-независимой функционально полной программно-инструментальной средой, которая содержит все необходимые блоки для осуществления любых студенческих проектов. Система может быть легко адаптирована как для выполнения мини-проектов (задач, упражнений, лабораторных экспериментов), так и для

более сложных – индивидуальных заданий, курсовых и дипломных проектов, а также научных проектов в рамках ГПО (рис. 6).

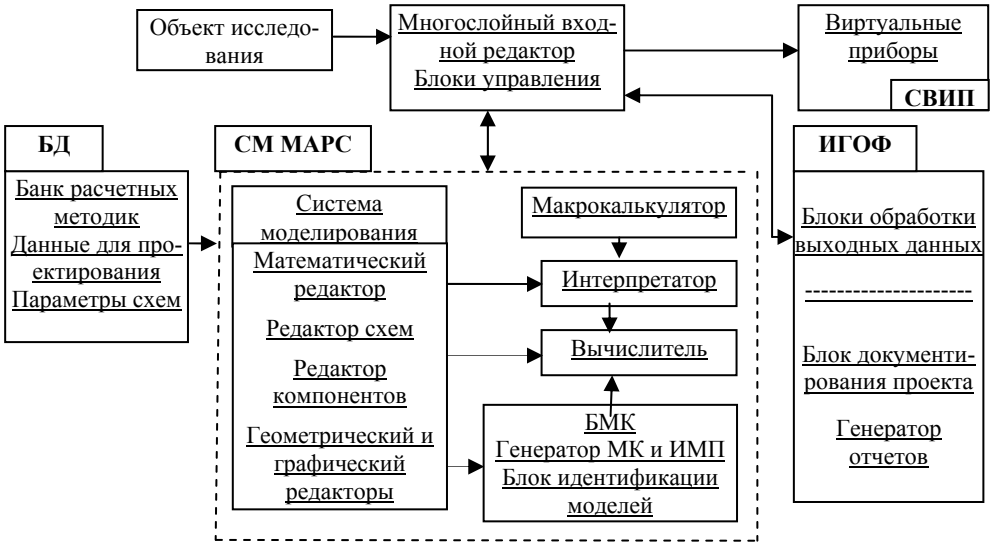


Рис. 6. Структура АРМС

Здесь системно сочетаются СМ МАРС с многослойным редактором, база данных с набором методик и информационными материалами, СВИП – система виртуальных инструментов и приборов, а также ИГОФ – интерактивный генератор отчетных форм.

Литература

1. Дмитриев В.М. Автоматизированный учебно-лабораторный комплекс / В.М. Дмитриев, И.В. Дмитриев, А.В. Шутенков. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2002. 150 с.

2. Дмитриев В.М. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа. Томск: В-Спектр, 2011. 278 с.

3. Дмитриев В.М. Компьютерное моделирование физических задач / В.М. Дмитриев, А.Ю. Филиппов, Т.В. Ганджа, И.В. Дмитриев. Томск: В-Спектр, 2010. 247 с.

4. Зайченко Т.Н. Виртуальная учебная лаборатория по курсу «Теория автоматического управления» / Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа // Компьютерные технологии в образовании / Под ред. В.М. Дмитриева. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. С. 79–87.

5. Дмитриев В.М. Компьютерный тренажер по курсу «Теоретические основы электротехники / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков // Компьютерные технологии в образовании / Под ред. В.М. Дмитриева. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. С. 73–78.

6. Дмитриев В.М. Универсальное автоматизированное рабочее место студента для учебных лабораторий / В.М. Дмитриев, А.Н. Кураколов, Ю.И. Мальцев // Компьютерные технологии в образовании / Под ред. В.М. Дмитриева. Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. С. 88–95.

УДК 004.942

ФОРМИРОВАНИЕ УЧЕБНО-ИЛЛЮСТРАТИВНЫХ МОДУЛЕЙ В СРЕДЕ МНОГОУРОВНЕВОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МАРС

В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа

Предлагаемый в данной работе подход предполагает, что в теоретическом материале гипертекстового учебника по какой-либо технической дисциплине методистом делаются вставки – интерактивные узлы, по которым вызываются определенные учебно-иллюстративные модули (УИМ).

Учебно-иллюстративным модулем будем далее называть направленный вычислительный эксперимент, в задачу которого входит с максимальной наглядностью проиллюстрировать студентам смысл и действие закона, метода, принципа или физического эффекта, касающегося изучаемой дисциплины.

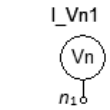
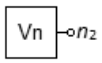
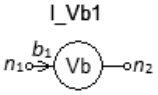
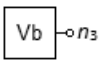
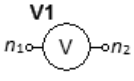
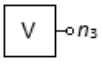
Практическая реализация такого эксперимента требует наличия программно-инструментальных средств, способных отображать: функционирование объекта; логическую схему направленного эксперимента, включая необходимые математические вычисления, а также отображение результатов эксперимента на приборах или графиках.

Многоуровневая архитектура учебно-иллюстративных моделей. Необходимый для реализации УИМ набор программно-инструментальных средств содержит среда многоуровневого компьютерного моделирования МАРС [1], в которой любой вычислительный эксперимент представляется на трех взаимосвязанных уровнях – объектном, логическом и визуальном [2], имеющих свои отображения в соответствующих слоях многослойного редактора. Ниже предлагается алгоритм действий по созданию типового УИМа.

1. На объектном слое, который будет активным при нажатии на кнопку на панели инструментов, из доступных компонентов формируется компонентная цепь исследуемого технического объекта.

2. Для измерения переменных и их передачи на логический слой, который становится активным при нажатии на кнопку , в компонентную цепь исследуемого объекта должны быть включены измерительные компоненты, находящиеся в папке «Новые компоненты МАРСА / Измерители». Они имеют свои отображения одновременно на объектном и логическом слоях (таблица).

Измерительные компоненты среды многоуровневого компьютерного моделирования МАРС

Измеритель	Отображение на объектном слое	Отображение на логическом слое	Математическая модель
Измеритель потенциальной переменной *Vn*			$V_{n2} = V_{n1}$
Измеритель потоковой переменной *Vb*			$V_{n3} = V_{b1}$
Измеритель разности потенциальных переменных *dVn*			$V_{n3} = V_{n1} - V_{n2}$

Для применения приведенных в таблице измерительных компонентов к измерению значений переменных в цепях с неоднородными векторными связями [3] каждый из них обладает набором следующих параметров, которые устанавливаются во вкладке «Свойства»:

– «кол-во энергетических связей» – указывается количество энергетических связей, входящих в число конкретной неоднородной векторной связи;

– «кол-во информационных связей» – указывается количество информационных связей, входящих в состав неоднородной векторной связи, к которой присоединяется данный компонент;

– «измеряем энергетическую (разность энергетических) связь (-ей)» – устанавливается значение «Истина», если производится измерение потенциальной или потоковой переменной энергетической связи. Если измерению подлежит потенциальная переменная информационной связи, следует указать значение «Ложь»;

– «номер измеряемой переменной» – указывается номер связи измеряемой переменной отдельно для энергетических и информационных связей.

Для целей вычисления математических выражений, в которых могут рассчитываться значения параметров компонентов объектного слоя или проводиться обработка результатов моделирования, могут использоваться математические компоненты из папки «Математические компоненты». Если математическое выражение, подлежащее вычислению, достаточно сложное и содержит три и более математические операции, то для его ввода и вычисления можно применить компонент «Расчет» (рис. 1) из папки «Панели», принцип работы которого основан на интерактивной математической панели [4]. Он представляет собой компонент с переменным числом связей n_1, n_2, …, n_n, находящихся слева от компонента.

Для каждого из данных узлов в свойствах компонента задается имя, представляющее собой набор букв латинского алфавита. С этим именем каждая переменная входит в подлежащее расчету математическое выражение, которое вводится в редактор математических выражений, открывающийся по двойному щелчку мыши на изображении данного компонента.

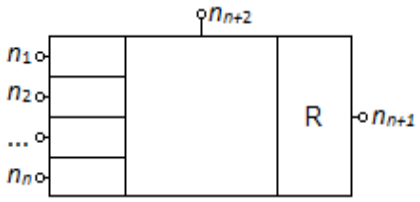


Рис. 1. Компонент «Расчет»

Также компонент «Расчет» имеет один узел n_{n+1}, находящийся справа от него. Через данный узел компонент «Расчет» передает результат вычисления введенного в него математического выражения. Узел n_{n+2} предназначен для передачи введенного в редактор математического выражения, для его отображения на визуальном слое редактора с помощью компонента «Визуализатор математических выражений».

К узлам n_1, n_2, …, n_n могут быть подключены:

1) компоненты-регуляторы, предоставляющие возможность пользователю задавать значения соответствующих параметров или переменных на визуальном слое многослойного редактора;

2) компоненты-измерители результатов первичных измерений значений переменных расположенной на объектном слое компьютерной модели исследуемого объекта, а также компоненты-регистраторы, выполняющие роль интерфейса между многоуровневой компьютерной моделью и исследуемым реальным объектом.

Результаты выполненного с помощью компонента «Расчет» вычислений математических выражений могут являться новыми значениями параметров компьютерной модели исследуемого объекта, либо быть итоговыми результатами и выводиться на средства визуализации, расположенные на визуальном слое редактора.

Пример учебно-иллюстративной модели для курса «Теоретические основы электротехники». В случае применения компонента «Расчет» для вычисления значений параметров компьютерной модели исследуемого объекта он может быть подключен, как показано на рис. 2.

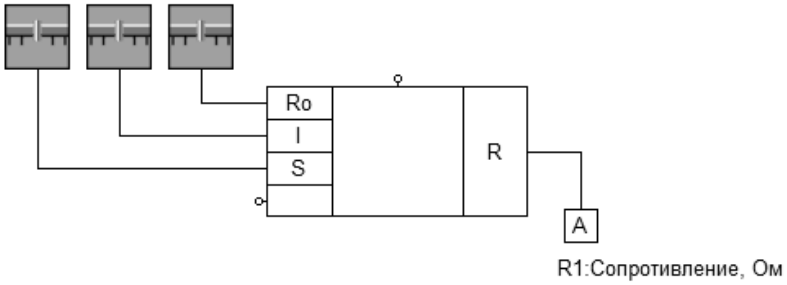


Рис. 2. Пример применения компонента «Расчет»

На рис. 2 этот компонент применен для вычисления значения сопротивления по формуле $R = \rho \cdot \frac{l}{S}$.

В случае применения компонента «Расчет» для обработки результатов вычислительных экспериментов и вычисления косвенных результатов экспериментов на основе его прямых результатов он может быть подключен как на рис. 3.

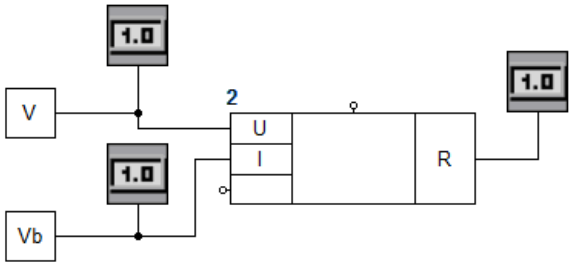


Рис. 3. Пример использования компонента «Расчет» в качестве блока обработки

Здесь произведены вычисления сопротивления по формуле $R = \frac{U}{I}$, где R – результат вычисления выражения. Таким образом, предназначенная для интерактивного демонстрирования некоторого теоретического положения или расчетной формулы какой-либо технической дисциплины УИМ представляет собой многоуровневую компьютерную модель, разработанную в среде многоуровневого компьютерного моделирования МАРС. Не ее соответствующих уровнях, отображающихся на одноименных слоях входного редактора компьютерных моделей, располагаются:

– на *объектном уровне* находится компьютерная модель подлежащего изучению технического объекта (рис. 4);

– на *логическом уровне* с помощью компонента «Расчет» и других алгоритмических компонентов формируется алгоритм работы модельной иллюстрации, шагами которого могут являться предварительный расчет параметров компонен-

тов модели исследуемого объекта, а также компоненты математико-алгоритмической обработки результатов ее анализа (рис. 5);

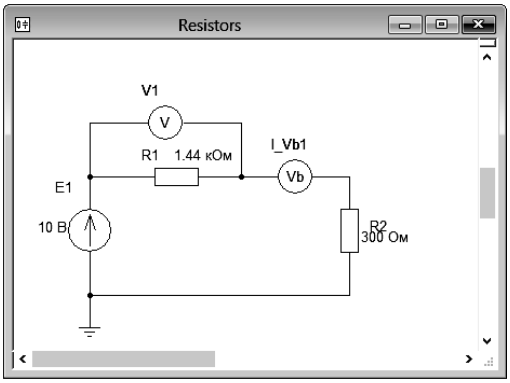


Рис. 4. Объектный уровень многоуровневой модельной иллюстрации закона Ома

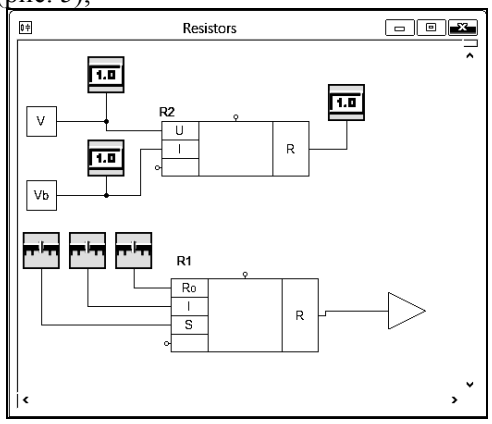


Рис. 5. Алгоритм функционирования УИМ на логическом уровне многоуровневой компьютерной модели

– *визуальный уровень* включает в себя средства визуализации результатов расчетов и экспериментов, а также средства интерактивного изменения варьируемых параметров (в данном случае – удельного сопротивления Ro, длины сопротивления l и площади поперечного сечения проводника S (рис. 6).

Таким образом, УИМ, формирующийся на трех взаимосвязанных уровнях, включает в себя модель исследуемого объекта, блоки предварительного расчета параметров ее компонентов (расчет сопротивления R) и блоки обработки результатов выполняемых экспериментов (расчет мощности W).

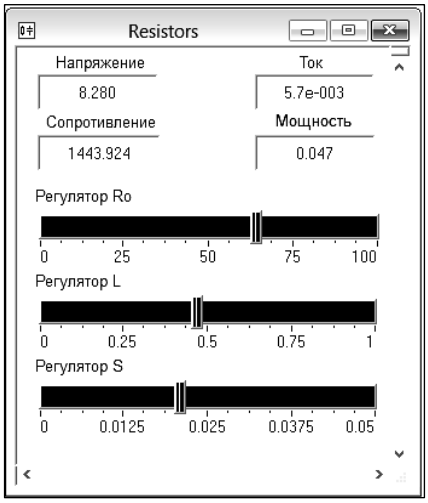


Рис. 6. Блок визуализации и управления УИМ

Литература

1. Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Зайченко Т.Н., Ганджа Т.В. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем. Томск: В-Спектр, 2011. 281 с.

2. Дмитриев В.М. Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. 2013. № 2 (36). С. 24–35.

3. Дмитриев В.М. Построение компьютерных моделей многофракционных физико-химических систем газопромысловых объектов в формате метода компонент-

ных цепей / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, А.В. Шутенков // Доклады ТУСУРа. 2012. № 2 (26), ч. 1. С. 145–150.

4. Дмитриев В.М. Генератор моделей компонентов с энергетическими связями на базе интерактивной математической панели / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа, Т.Ю. Коротина // Доклады ТУСУРа. 2009. № 2 (20). С. 94–99.

УДК 004.942

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕПЕЙ С ВИРТУАЛЬНЫМИ И ФИЗИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ УЧЕБНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В.М. Дмитриев, Ю.И. Мальцев, В.В. Ганджа

Рассматривается новый способ компьютерного моделирования компонентных цепей, которые содержат в своем составе новый элемент, модель которого отсутствует, но имеется сам элемент. Способ позволяет получить решение такой смешанной цепи.

Ключевые слова: компонентная цепь, виртуально-физическое моделирование, ЦАП, АЦП.

В реальной практике весьма привлекательной является следующая идея. В том случае, когда по какой-либо причине часть моделируемой на компьютере цепи содержит новый элемент, модель которого отсутствует, но имеется сам этот элемент в «железе», предлагается следующее решение. Поток данных, созданный в виртуальной части модели, передается в реальном времени в реальную часть модели и преобразуется в аналоговый сигнал. Этот сигнал воздействует на реальную часть модели, в результате формируется отклик этой части, также в аналоговом виде. Этот отклик, после согласования, оцифровывается и возвращается через интерфейс обратно в виртуальную часть модели. Таким образом, обеспечивается анализ цепи как целостного объекта исследования. Такой способ моделирования будем далее называть виртуально-физическим моделированием или сокращенно ВФМ.

Проверка предлагаемого принципа моделирования производилась на компьютерной модели цепи, представленной на рис. 1. Здесь напряжение на псевдофизическом элементе, в данном случае резисторе, модель которого отсутствует, через источник напряжения, управляемый напряжением и имитирующий ЦАП, передается на этот элемент. Пришедший сигнал воздействует на псевдофизический элемент и в результате формируется токовый отклик на нем. Образованный ток посредством источника тока, управляемого током и имитирующего АЦП, возвращает этот ток в тело цепи. Таким образом, мы получаем решение цепи, не имея формально ни одной из моделей ее компонентов, но имея сам этот компонент, а также средства и способ его подключения к компьютеру.

Для возможности работы такой гибридной модели на переменном токе очень важно сохранить фазовые соотношения потоков данных. Предлагается использовать для этих целей хорошо отработанные решения в области цифрового звука. Для точного преобразования цифрового кода в аналоговый сигнал (и наоборот) следует применить, как минимум, 24-разрядные ЦАП и АЦП. Такой код позволяет представить более 16 миллионов градаций сигнала, что максимально приближает его к аналоговому сигналу.

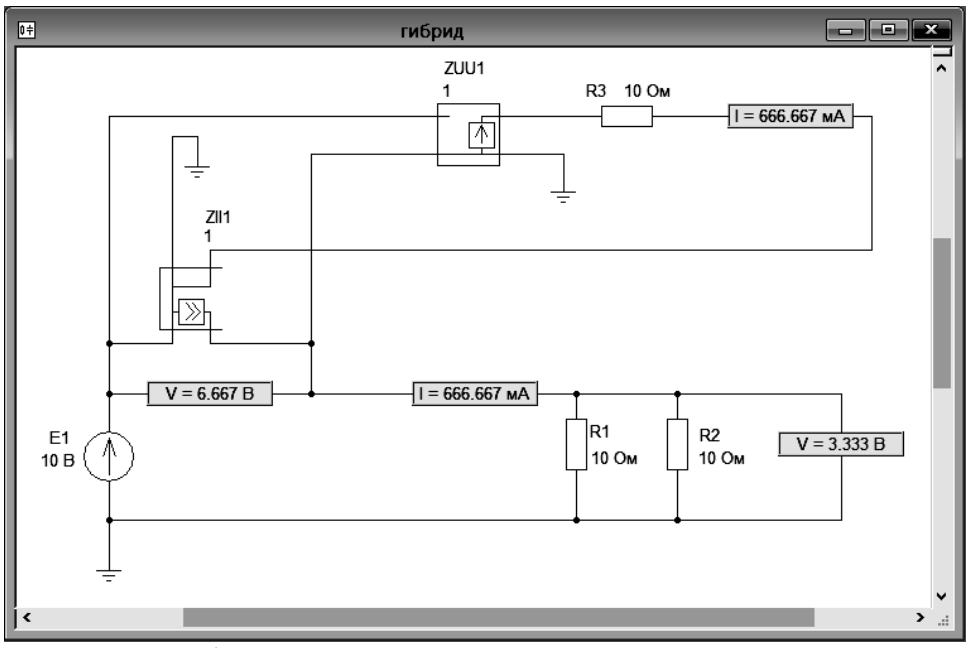


Рис. 1. Проверка принципа ВФ-моделирования на примере

Существующие микросхемы преобразователей дополняются цифровыми интерфейсами, позволяющими связать реальную модель с цифровой ее частью по оптическим каналам. Такое подключение обеспечивает гальваническую развязку реальной части и компьютера, на котором выполняется программная часть модели. Кроме того, современные интерфейсы минимизируют джиттер, который может вызвать фазовые искажения сигнала. Вносимая интерфейсами и преобразователями групповая задержка имеет прогнозируемую величину и может быть учтена в виртуальной части модели.

Структура реальной части модели может быть самой разнообразной. Для этого служат драйвер на выходе ЦАП и схема согласования на входе АЦП. Драйвер усиливает сигнал до нужного уровня как по напряжению, так и по мощности. При необходимости напряжение может быть преобразовано в ток. Схема согласования также масштабирует измеряемый сигнал и может выполнять преобразование ток–напряжение. Учитывая то, что звуковые ЦАП, АЦП и интерфейсы, как правило, имеют два канала, реальная часть модели может подключаться к виртуальной части по двум каналам. Это позволяет исследовать как двухполюсники, так и трехполюсники. Например, можно снимать характеристики транзисторов, снимать АЧХ и ФЧХ усилителей НЧ и т.д. Измеряя амплитуду и фазу тока в ответ на воздействие переменным напряжением различной частоты, можно исследовать импеданс двухполюсника и т.п.

Экспериментальная проверка нового способа моделирования проводится на базе системы СМ МАРС [1] и включает в приборную часть эксперимента такие микросхемы:

– АЦП – CS5381 (CS5361) – 24-разряда, 192 кГц;

– ЦАП – CS4350 – 24-разряда, 192 кГц;

– интерфейс – CS8406, CS8416 – AES3, 192 кГц.

Эксперимент последовательно выстраивается сначала для линейных и нелинейных цепей постоянного тока, затем для инерционных цепей переменного тока и импульсных цепей.

Литература

1. Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Зайченко Т.Н., Ганджа Т.В. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем. Томск: В-Спектр, 2011. 281 с.

УДК 616-018/004.41

РАЗРАБОТКА АТЛАСА ПО ОБЩЕЙ ПАТОЛОГИИ

Д.А. Файзулин

Работа посвящена созданию современного электронного патогистологического атласа для самостоятельной работы студентов-медиков с использованием современных информационных технологий для обучения и контроля знаний, осуществляемых с помощью стандартных методов оценки в виде тестов и пропущенных слов в предложении, а также использованием заданий с выделяемыми областями интересов.

Ключевые слова: патогистология, электронный атлас, информационные технологии, базы данных.

Цель проекта. Создать современный электронный атлас по общей патологии (патогистологии) для самостоятельной работы студентов-медиков.

Актуальность. Качественная подготовка специалистов в области медицины является актуальным вопросом образования [1]. В связи с высоким развитием и неоспоримыми преимуществами информационных технологий в современном мире, их внедрение в процесс обучения имеет большие перспективы.

Нарастающая востребованность увеличения времени на самостоятельное обучение, обусловленная Федеральными государственными стандартами 3 поколения, распространение дистанционного образования в России в связи с темпами глобализации [1], формирование мотивации к познанию изучаемой дисциплины приводят к возникновению потребности в новых современных интерактивных электронных учебно-методических пособиях. В том числе атлас по патологической анатомии, где важную роль в формировании знаний у студентов играет не только само изображение, но и точная детерминация областей интереса при различных патологиях, что может быть достигнуто с помощью средств мультимедиа и других современных информационных технологий.

Создание электронного атласа является необходимым шагом в решении проблемы доступности специализированной профессиональной информации [2], наличия источника основополагающих базовых знаний для специалистов другого профиля, заинтересованных в ознакомлении с патологическими процессами на микроуровне и правильной интерпретацией изображений. Важной особенностью является использование фотографий с обозначением выявляемых на них структур международных латинских терминов, их русскоязычных и англоязычных аналогов, что позволит обучаемым усвоить профессиональный язык. Использование автоматического тестового контроля позволит качественно оценить успешность обучения.

Наукоемкость. Обзор применения электронных методических пособий, в том числе и иностранных изданий, способствовал формированию собственных представлений о необходимых подходах в обучении и контроле материала, таких как:

- использование оригинальных изображений, сделанных на кафедре морфологии и общей патологии СибГМУ с помощью современной цифровой фотоаппаратуры и Zeiss микроскопа Axioscop 40. Каждое изображение будет иметь индивидуальное для него описание;
- применение мультимедийных технологий в представлении материала по патогистологии, а также средств визуализации в тестах, проверочных и лабораторных работах;
- создание и разработка обучающейся системы обучения с расширением базы изображений и формированием обратной связи – сбор статистики полученных ответов от студентов и преподавателей в облачное хранилище данных для анализа и улучшения работы атласа.

Новизна. Существующие атласы по патологической анатомии, включающие в себя раздел патогистологии, представляют собой «электронный вариант книги»: статическая картинка, текстовое описание, отсутствие обратной связи.

В электронном атласе предлагается использовать современные информационные технологии для обучения и контроля, такие как изображение (с выделяемыми областями интересов), видео, звук, анимация.

Контроль знаний будет осуществляться при помощи тестов, текстов с пробелами, часто используемых в литературе, также мы предлагаем использовать выбор области интереса на основании описания и постановку диагноза на основании серии изображений.

Гибкость содержательной базы электронного атласа достигается за счет применения объектно-ориентированного подхода и применения облачных технологий для формирования обратной связи. Все результаты отправляются посредствам Интернета в «облако данных» и анализируются, что позволит выявлять недостатки учебного курса и корректировать обучение студентов.

Перспективы коммерциализации результатов НИОКР. Целевой рынок представлен медицинскими университетами. В России 47 медицинских и фармацевтических учреждений высшего профессионального образования, а мультиязычность издания позволит сотрудничать с зарубежными вузами.

Создание версий, адаптированных под операционные системы мобильных устройств, откроет возможность распространения продукции на рынок мобильных приложений, среди которых на текущий момент полностью отсутствуют аналоги на русском языке, а для зарубежных представителей интерес может представлять «Сибирская научная школа».

Конкурентами на рынке могут являться книжные и электронные издания, имеющие информацию по патогистологии, а так же источники в Интернет.

Защита интеллектуальной собственности. Для защиты интеллектуальной собственности планируется написание статьи о создании атласа (действенная реклама с учетом целевой аудитории, которая закрепляет права на полгода за авторами статьи), формирование патентных заявок на регистрацию базы данных и программы для ЭВМ.

План реализации проекта. Этап №1. Получение изображений: микроскопирование препаратов, съемка полученных препаратов.

Этап №2. Работа с экспертами: описание патологических процессов на изображениях, выделение областей интересов, формирование учебного курса, создание макета интерфейса программы, создание контроля обучения.

Этап №3. Проектирование и разработка базы данных: объектно-ориентированный анализ, разработка реляционной базы данных, написание SQL-скриптов. Формирование алгоритмов индивидуальных планов обучения и обратной связи с использованием облачных технологий.

Этап №4. Проектирование и разработка программы: разработка интерфейса программы, написание кода программы, тестирование и исправление ошибок. Апробация на студентах 3 курса МБФ СибГМУ.

Литература

1. Горшунова Н.К. Соответствие международным критериям и особенности отечественного образовательного стандарта послевузовской профессиональной подготовки специалистов по общей врачебной практике/семейной медицине // Современные проблемы науки и образования. 2006. № 4. С. 34–37. URL: www.science-education.ru/13-428.

2. Лактионова Л.В. Организация информационного пространства медицинского учреждения // Социальные аспекты здоровья населения. 2013. №2. URL: www.vestnik.mednet.ru/content/view/470/30/lang,ru/

УДК 004.942

МНОГОУРОВНЕВЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Т.В. Ганджа

На примере сравнительно простого объекта управления рассматриваются преимущества многоуровневого подхода к моделированию систем управления сложными техническими объектами, позволяющего объединять математические модели компонентов объекта управления и имитационных моделей процессов, протекающих в системах управления.

Ключевые слова: многоуровневый подход, моделирование.

В настоящее время наиболее известными подходами к моделированию сложных технических объектов (СТО) и динамических систем являются математическое и имитационное моделирование, существующие отдельно друг от друга. Математическое моделирование основано на автоматизированном формировании и решении системы алгебро-дифференциальных уравнений моделируемого объекта в статическом или динамическом режиме. В основе имитационного моделирования лежит представление модели каждого компонента в явной форме в виде совокупности математико-алгоритмических выражений, предназначенных для вычисления выходных переменных каждого компонента, а также обмен информацией между взаимосвязанными компонентами.

Система управления протекающими в сложных технических объектах физически неоднородными процессами представляет собой совокупность энергетических и информационных объектов и устройств. Она включает в себя:

– *сложный технический объект*, протекающие физически неоднородные энергетические процессы в котором подлежат управлению с целью установления и поддержания заданного режима его функционирования. Их математическим описанием, используемым в системах моделирования, являются представленные в неявном виде системы алгебро-дифференциальных уравнений относительно переменных связей всех компонентов объекта;

– *измерительные устройства*, предназначенные для измерения временных характеристик наблюдаемых переменных СТО, представленных информационными сигналами, и их передачи устройству управления;

– *устройство управления* (*УУ*), которое на основе обработки первичных результатов измерения наблюдаемых характеристик управляемого СТО вырабатывает информационные сигналы, направляемые в исполнительные устройства для установления желаемого (требуемого) режима функционирования СТО;

– *исполнительные устройства*, оказывающие энергетические (силовые) воздействия на СТО, пропорциональные информационным сигналам устройства управления;

– *устройства визуализации и интерактивного управления*, представляющие собой стенд, на котором производится отображение результатов измерений наблюдаемых переменных в понятном пользователю виде, а также располагаются инструменты и средства интерактивного изменения значений задающих воздействий.

В настоящее время для моделирования систем управления, направленных на установление и поддержание в СТО требуемых режимов функционирования, находят широкое применение как системы математического, так и имитационного моделирования. Однако наилучшим с точки зрения быстродействия и экономии вычислительного ресурса является совмещение данных подходов, при котором протекающие в СТО энергетические процессы подвергаются математическому моделированию, а информационные процессы устройства управления описываются имитационными моделями, представленными в явном виде. Согласующими их элементами являются измерительные устройства, предоставляющие УУ информацию о наблюдаемых переменных СТО, а также исполнительные устройства, преобразующие информационные сигналы в пропорциональные им энергетические воздействия. Совмещение подходов математического и имитационного моделирования возможно за счет отделения информационной части, уравнения которой могут быть записаны в явном виде, от энергетической части, для описания которой требуется формирование и решение систем алгебро-дифференциальных уравнений. Это открывает возможности использования сложных алгоритмических моделей УУ, направленные на установление и поддержание в управляемом СТО желаемых режимов функционирования при воздействиях на него измеряемых и неизмеряемых возмущающих воздействий.

В данной работе на примере делителя напряжения с активной нагрузкой, в которую необходимо передать максимальное значение активной мощности, будут показаны преимущества разделения энергетической и информационной частей модели друг от друга, а также преимущества одновременного использования средств математического и имитационного видов моделирования.

Представление системы управления передачей максимальной активной мощности в нагрузку в формате метода компонентных цепей. Метод компонентных цепей (МКЦ) [1], являясь универсальным методом компьютерного моделирования, позволяет автоматически формировать и решать вычислительную модель управляемого СТО, допускающего декомпозицию на взаимосвязанные компоненты с протекающими по связям между ними энергетическими и информационными потоками. В этом случае такой СТО должен быть представлен в виде компонентной цепи (КЦ), которая является компьютерной моделью объекта в формате МКЦ. В общем случае КЦ состоит из множества компонентов, множества связей всех компонентов и множества узлов. Каждому компоненту ставится

в соответствие система алгебро-дифференциальных уравнений, записанных относительно потенциальных и потоковых переменных его связей и называемых далее компонентными уравнениями.

Для каждого узла с входящими в него элементарными связями в процессе формирования вычислительной модели объекта формируется топологическое уравнение, представляющее собой алгебраическую сумму потоковых переменных, входящих в данный узел. В результате расчета сформированной системы уравнений каждой переменной связи (потенциальной и потоковой) ставится в соответствие ее значение.

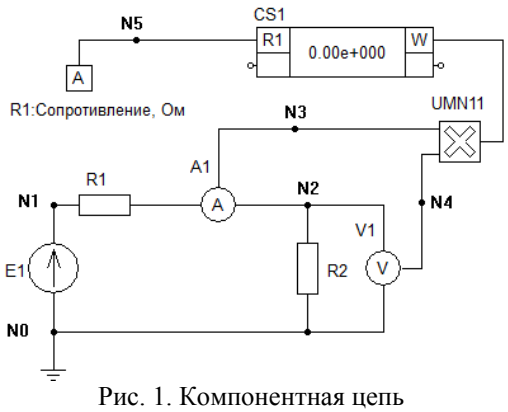


Рис. 1. Компонентная цепь системы управления

Компонентная цепь системы управления передачей максимальной активной мощности в нагрузку R2 (рис. 1), в которой управление производится путем изменения значения балластного резистора R1, включает в себя компонент UMN1, определяющий передаваемую в нагрузку мощность, образуемую перемножением значений измеренных тока I_1 и напряжения U_1, с помощью амперметра A1 и вольтметра V1. Значение мощности передается в оптимизатор CS1, производящий поиск целевой функции

$$F(R1) = 1/(I_1 * U_1) \quad (1)$$

при изменении сопротивления резистора R1. Такая компонентная цепь будет описываться следующими уравнениями:

– топологическими уравнениями, составленными для узлов $N1$ и $N2$:

$$I_{E1} - I_{R1} = 0;$$
$$I_{R1} - I_{R2} = 0; \quad (2)$$

– компонентными уравнениями:

– уравнением источника постоянного напряжения:

$$U_{N1} - U_{N0} = E_1, \quad (3)$$

где $U_{N0} = 0$, так как N_0 путем подключения к нему компонента «Земля» задан в качестве базового, E_1 – значение напряжения источника;

– уравнениями сопротивлений R_1 и R_2:

$$U_{N1} - U_{N2} - I_{R1} \cdot R_1 = 0;$$
$$U_{N2} - U_{N0} - I_{R2} \cdot R_2 = 0, \quad (4)$$

где R_1 представляет собой реостат, сопротивление которого зависит от длины проводника l:

$$R_1 = Ro \cdot l/S, \quad (5)$$

где Ro – удельное сопротивление проводника; S – площадь поперечного сечения;

– уравнениями измерительных компонентов: амперметра $A1$ и вольтметра $V1$:

$$V_{N3} - I_{R1} = 0;$$
$$V_{N4} - (U_{N2} - U_{N0}) = 0; \quad (6)$$

– уравнением мощности, потребляемой нагрузкой:

$$W - V_{N3} \cdot V_{N4} = 0; \quad (7)$$

– уравнением определения длины проводника:

$$l_{h+1} = \{l_h + h_l \quad \text{если } W_t > W_{t-h};$$

$$l_h - h_l \text{ если } W_t < W_{t-h}. \quad (8)$$

Сформированная система уравнений (2)–(8) системы управления передачей максимальной активной мощности в нагрузку подлежит вычислению универсальным вычислительным ядром [2], которое является программно-алгоритмической реализацией МКЦ. Она включает в себя:

1) уравнения объекта управления (2)–(4);
2) уравнение исполнительного устройства (5);
3) уравнения измерительных устройств (6);
4) уравнения устройства управления (7)–(8).

Таким образом, представленная система уравнений (2)–(8) – это система нелинейных уравнений, в которых уравнения объекта управления (2)–(4) ввиду его простоты являются линейными, а уравнения других устройств (5)–(8) – нелинейными относительно переменных связей. При выполнении вычислительного эксперимента с помощью универсального вычислительного ядра [2] среды моделирования МАРС [3] в результате линеаризации и алгебраизации на каждом шаге решения автоматически формируется вычислительная модель, которая в векторно-матричной форме имеет вид

$$\begin{bmatrix} \Phi_{KN}(P) & \Phi_{KB}(P) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A_T & 0 & 0 & 0 \\ \Phi_{KN1} & \Phi_{KB1} & \Phi_{Z1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Phi_{Z2} & \Phi_{U1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Phi_{U2} & \Phi_P \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{KN} \\ V_{KB} \\ V_Z \\ V_U \\ V_P \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{KN} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

В связи с тем, что искомые переменные векторов V_Z, V_U, V_P линейно входят в соответствующие уравнения (5)–(8), их можно явно выразить из этих уравнений и вычислять всякий раз после проведения вычислительного эксперимента над моделью объекта управления вида

$$\begin{bmatrix} \Phi_{KN}(P) & \Phi_{KN}(P) \\ 0 & A_T \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_{KN} \\ V_{KB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{KN} \\ 0 \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Уменьшение размера и понижение класса вычислительной модели за счет исключения из нее нелинейных уравнений, преобразованных к явному виду относительно искомых переменных, повышает быстродействие вычислительного эксперимента и точность получаемых первичных результатов, которыми являются значения потенциальных и потоковых переменных управляемого СТО. На их основе по выражениям (4)–(7) можно будет вычислить значение мощности, которая является результатом вторичных измерений, а по нему уже далее рассчитывать необходимое значение длины проводника l, от которого зависит сопротивление варьируемого сопротивления.

Кроме этого, в процессе такого математико-имитационного эксперимента можно определить значение балластного сопротивления $R1$, при котором реализуется требуемый режим функционирования управляемого СТО, а затем на основе найденного оптимального значения его параметра определить управляющее воздействие, приводящее СТО к требуемому режиму.

Построение же имитационной модели рассматриваемой системы управления предполагает приведение математической модели объекта управления к явному виду относительно наблюдаемых переменных. При этом полученные выражения должны содержать варьируемые параметры. Получение таких выражений зачастую затруднено ввиду сложности уравнений, которыми описываются входящие в СТО компоненты, а также не всегда предоставляется возможным.

Таким образом, разделение модели системы управления на неявную и явную составляющие, а следовательно, на взаимосвязанные математическую модель управляемого СТО и имитационную модель УУ, позволит повысить эффективность применения компьютерных моделей в процессе управления, а также оперативно определять управляющие воздействия, приводящие СТО к требуемым режимам функционирования. Это разделение позволяет реализовать компьютерную модель системы управления на основе принципа формирования многоуровневых моделей [4], позволяющего совмещать методы математического и алгоритмы имитационного моделирования с возможностями развитой визуализации и системы интерактивного управления.

Многоуровневый подход к построению компьютерных моделей систем управления. Компьютерную модель системы управления СТО в формате МКЦ можно представить в виде

$$C_M = (K_V \cup C_A \cup C_O), \qquad (11)$$

где K_V – совокупность компонентов, представляющих собой модели устройств визуализации значений и характеристик наблюдаемых переменных СТО, а также средств интерактивного задания параметров и значений задающих воздействий, образующих правила функционирования системы управления;

C_A – совокупность взаимосвязанных компонентов, описывающих работу устройства управления в виде записанных в явном виде математико-алгоритмических выражений, направленных на получение управляющих воздействий на основе текущих значений наблюдаемых переменных, переданных в УУ измерительными устройствами. Совокупность указанных компонентов представляет собой имитационную модель устройства управления, функционирующую на основе ряда алгоритмов;

C_O – компьютерная модель объекта управления, позволяющая автоматически формировать его вычислительную модель в виде системы алгебро-дифференциальных уравнений относительно переменных связей его компонентов, которая формируется универсальным вычислительным ядром.

Для представления компьютерной модели системы управления СТО, включающей в себя компоненты математического и имитационного моделирования, а также визуальные модели дискретно-событийных систем, к классу которых относятся устройства визуализации и интерактивного управления, предлагается построить в формате МКЦ и использовать многоуровневую компьютерную модель (рис. 2), на взаимосвязанных уровнях которой располагаются:

– *на объектном уровне* расположена компьютерная модель объекта управления, для анализа протекающих процессов в которой используется универсальное вычислительное ядро, позволяющее на основе текущих значенияй параметров, управляющих и возмущающих воздействий определять значения наблюдаемых переменных, для вывода которых из модели используются измерительные компоненты;

– *на логическом уровне* – имитационная модель алгоритмов работы устройства управления, которые могут быть представлены в виде отдельных друг от друга математико-алгоритмических выражений, которые на основе задающих воздействий и текущих значений наблюдаемых переменных объекта управления вырабатывают управляющие воздействия на ОУ;

– *на визуальном слое* – средства визуализации текущих значений наблюдаемых переменных объекта управления, а также компоненты формирования задающих воздействий, поступающих в алгоритмы устройства управления.

Рис. 2. Структурно-функциональная схема многоуровневой компьютерной модели систем управления сложными техническими объектами

Представленная структурно-функциональная схема многоуровневой компьютерной модели допускает разделение единой компьютерной модели системы управления на имитационные составляющуе, математико-алгоритмические модели которых удобнее формировать и оптимально использовать в явном виде, и математическую составляющую, представляющую собой систему уравнений относительно переменных связей компонентов.

Заключение. В ходе исследования видов компьютерного моделирования с целью их применения для анализа процессов, протекающих в системах управления, были выявлены недостатки как математического, так и имитационного моделирования. На основе формирования и исследования общей математической модели системы управления передачей максимальной активной мощности в нагрузку была выявлена возможность разделения общей матричной модели на неявную и явную часть. Явная часть модели может быть разрешена после расчета уменьшенной матричной модели, включающей только уравнения объекта управления. Такое разделение позволило на основе метода компонентных цепей сформировать многоуровневую компьютерную модель систем управления СТО. В ней взаимосвязанно могут функционировать математическая модель ОУ и имитационная модель УУ с отображением результатов работы в едином стенде визуализации и управления.

Статья подготовлена при выполнении гранта РФФИ 11-07-00378.

Литература

1. Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.

2. Дмитриев В.М. Архитектура универсального вычислительного ядра для реализации виртуальных лабораторий / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.В. Ганджа // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. 2004. № 2. С. 24–28.

3. Дмитриев В.М. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа. Томск: В-Спектр, 2011. 278 с.

4. Дмитриев В.М. Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. 2013. № 2(36). С. 24–36.

УДК 621.396.41

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИКО-ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ ОПИСАНИЯ ОБЪЕКТА МОДЕЛИРОВАНИЯ

М.И. Кочергин, К.С. Спиридонова

Разработан и реализован алгоритм автоматизированной формализации русскоязычного текстового описания физической задачи для формирования пошаговой инструкции пользователя по созданию компьютерной модели в редакторе среды компьютерного моделирования задач. Алгоритм включает в себя автоматизированный морфологический анализ текста без словаря, автоматизированный синтаксический анализ и базирующийся на нём семантический анализ.

Ключевые слова: среда компьютерного моделирования задач, формализация текста, автоматизированный анализ, задачи по физике.

С развитием компьютерной индустрии и информационных технологий, а также массовым оснащением компьютерной техникой образовательных учреждений усилился интерес к ее использованию в предметном обучении. Компьютер как техническое средство открывает большие возможности для совершенствования учебного процесса путем его автоматизации. Однако использование компьютера в обучении предметам (в частности, физике) пока не имеет широкого распространения и носит ограниченный характер. Отчасти это связано с существованием проблемы технического характера, связанной непосредственно с разработкой самих компьютерных программ по физике. Одни из предлагаемых разработчиками программных средств являются закрытыми для пользователя (что ограничивает его выбор и ставит в некоторые рамки предлагаемого материала), другие же обычно не поддерживают решение задач по физике или достаточно трудны в использовании и требуют дополнительных навыков и знаний. Поэтому поиск универсальных технологий автоматизации решения задач по естественнонаучным дисциплинам остается актуальным. Использования автоматизации в обучении также требуют усиленно развивающиеся формы дистанционного и проектного обучения.

Для автоматизации процесса решения задач наиболее всего подходит метод моделирования [1]. Перевод некоторого исследуемого объекта в форму модели позволяет обнаружить в нем такие свойства, которые не выявляются при непосредственной работе с ним. Это позволяет конкретизировать условия задачи, глубже проникнуть в суть ее решения, а также на ее базе организовать небольшой эксперимент с варьированием значений числовых параметров. Использование метода моделирования требует разработки метода формализации и алгоритмизации решения задач и создания особой программы – среды компьютерного моделирования задач (СКМЗ) [1], которая сочетает в себе традиционные и компьютерные методы, позволяющие решать учебные задачи, введенные пользователем.

Постановка задачи. Физическая задача может быть представлена в графической, устной форме или в виде письменного текста. Наиболее распространенное применение в учебном процессе получили задачи в текстовой форме – это такие задачи, формулировка которых выражена в виде текста и содержит, как правило, все необходимые данные, кроме физических констант. Суть физической задачи содержится в формулировке, содержащей информацию об известных све-

дениях и тех, знание которых поможет учащемуся решить эту задачу при условии владения всеми необходимыми методами её решения.

Таким образом, задача имеет текстовое описание – её словесную формулировку. При представлении такого текстового портрета в формальном виде будет получена его модель, состоящая из логико-лингвистических конструкций, оперируя которыми, программный комплекс представит пользователю инструкцию (алгоритм действий) по построению компьютерной модели задачи в редакторе СКМЗ для её решения.

Работа пользователя с системой. Работа пользователя с программным комплексом по формализации текста физической задачи осуществляется посредством человеко-машинного диалога. Диалог человека и ЭВМ можно разделить на две составные части: наружный диалог и внутренний [2].

Внешний диалог обеспечивает взаимодействие пользователя с человеко-компьютерной системой и называется пользовательским интерфейсом. Он представляет собой окно с двумя полями: верхним для ввода текста физической задачи и нижним для вывода инструкции для пользователя по построению модели задачи в редакторе СКМЗ.

Внутренний диалог обрабатывает лексические единицы, поступающие из внешнего диалога, и в соответствии с заданным набором решающих правил преобразует их в логико-лингвистические конструкции. На основе оперирования такими конструкциями выделяются информационные элементы (ИЭ) – минимальные объекты информации, принадлежащие одному из информационных потоков задачи, позволяющих сопоставить его с объектом предметной области. При выделении ИЭ происходит построение объектных моделей (локальных моделей поведения объекта), моделей взаимодействия (моделей изменения поведения физического объекта – перехода из одной объектной модели в другую) и системных моделей – действующих в задаче фундаментальных законов физики [1]. Затем на основе логической обработки этих компонентов и их связей происходит построение и передача во внешний диалог инструкции для пользователя – текстового алгоритма создания компьютерной модели задачи в редакторе СКМЗ.

Осуществление внутреннего диалога программы. Задачи по физике состоят из построенных особым образом предложений (прямой, объективный порядок слов в предложении, наличие четких однозначных терминов), т.е. совокупности слов в их синтаксической функции. Предложение как синтаксическая единица характеризуется рядом формальных признаков, что позволяет представить его в виде типизированной структуры с определённым порядком следования друг за другом членов предложения, что упрощает процедуру формализации текста.

Этот процесс начинается с логико-лингвистического анализа отдельных предложений, который включает в себя анализ морфологии, синтаксиса и семантики каждой минимальной лексической единицы. Эти этапы автоматизированного анализа текста последовательны, и каждый следующий этап опирается на результат предыдущего. В результате проведения последнего этапа получается набор элементов, обладающих минимальным семантическим значением (имеющих свои семантические роли: «объект действия», «субъект», «параметр», «число» и т.д.). После этого формируется общая картина всего текста, выделяются информационные элементы, которые сопоставляются с физическими объектами в задаче. Производится проверка корректности проведенного анализа. С помощью метода компонентных цепей (МКЦ) [3] синтезируется структура задачи, которая

является ее законченным формализованным представлением, пригодным для машинного решения.

Основными понятиями МКЦ являются компонент и компонентная цепь (КЦ). КЦ представляет собой совокупность объектов

$$C = (K, B, N),$$

где K – множество компонентов цепи, B – множество ветвей цепи, N – множество узлов цепи. Каждый компонент K цепи C имеет произвольное число связей. Каждой связи соответствует пара топологических координат $S_j = (N_j, B_j)$, где N_j – узел, B_j – ветвь. В случае информационных связей, которые используются в КЦ физических задач, каждому узлу N_j ставится в соответствие потенциальная переменная V_{Nj}. Алгоритм построения модели КЦ зависит от выбранного режима ее анализа (статический режим, динамический режим во временной или частотной области) и математических моделей входящих в КЦ компонентов [3].

Алгоритм формализованного представления задачи к формату компонентных цепей. Пусть во внешний диалог от пользователя поступил следующий текст задачи: «В течение 30 с поезд двигался равномерно со скоростью 72 км/ч. Какой путь прошел поезд за это время?». Тогда во внутреннем диалоге на первом этапе логико-лингвистического анализа – морфологическом – будет проведено выделение численных значений параметров и их единиц измерения (ЕИ), а также идентификация частеречной принадлежности (ЧП) словоформ (табл. 1).

На втором этапе логико-лингвистического анализа – синтаксическом – будет проведена идентификация синтаксических функций (СФ) слов (табл. 2).

Таблица 1

Результаты морфологического анализа текста задачи

Тип данных	Данные (словоформы и их ЧП принадлежность)										
Слова	В течение	30	с	поезд	двигался	равномерно	со	скоростью	72	км/ч.	
ЧП	Предлог	число	ЕИ	сущ.	глагол	наречие	предлог + сущ.		число	ЕИ	
Слова	Какой	путь	прошел	поезд	за	это	время?				
ЧП	мест.	сущ.	глагол	сущ.	предл.	мест.	сущ.				

Таблица 2

Результаты синтаксического анализа текста задачи

Тип данных	Данные (слова и их синтаксическая функция)										
Слова	В течение		30	с	поезд	двигался	равномерно	со	скоростью	72	км/ч.
СФ	–		–	–	подл.	сказуем.	обстоят.	дополнение		–	–
Слова	Какой	путь	прошел	поезд	за	это	время?				
СФ	опред.	подл.	сказуем.	подл.	–	опред.	дополн.				

На последнем этапе логико-лингвистического анализа – семантическом – каждому компоненту предложения будет присвоена семантическая роль (СР) с учетом синтаксической функции и частеречной принадлежности входящих в него слов (табл. 3).

Таблица 3

Результаты семантического анализа текста задачи

Тип данных	Данные (слова и их семантические роли)										
Слова	В течение	30	с	поезд	двигался	равномерно	со	скоростью	72	км/ч.
СР	–	величина параметра		субъект	действие	образ действия	параметр		величина параметра	
Слова	Какой	путь		прошел	поезд	за	это	время	?	
СР	указатель искомого	параметр		действие	субъект	параметр			указатель вопросительного предложения	

Таким образом, результатом выполнения автоматизированного анализа текста является формализованное его представление. Далее на основе наличия у действия «движение» субъекта (инициатора действия) «поезд» образа действия «равномерно» выдвигается гипотеза о типе представленной задачи – «прямолинейное равномерное движение». Из формализованного представления задачи следует, что в задаче имеется один объект, который не меняет своего состояния, что соответствует первому типу задач (задачи с несколькими различными физическими объектами) [1]. Затем с учетом указанной гипотезы формируется следующая инструкция для пользователя:

1. В окне редактора схем среды моделирования МАРС расположите компонент «Равномерное прямолинейное движение: $S = Vt$». В свойствах этого компонента укажите название «Поезд».

2. У этого компонента имеется три выхода: s_1 – расстояние; v_1 – скорость; t_1 – время. Создайте компонент «Источник физической величины» с названием V_1. Так как единица измерения «км/ч» параметра «скорость» объекта «Поезд» не соответствует СИ, то необходимо привести значение параметра к указанному виду – «м/с». Если 1 м/с = 3,2 км/ч, то 72 км/ч = 20 м/с. Присвойте компоненту V_1 значение 20. Соедините компонент V_1 с выходом v_1 компонента «Поезд».

3. Создайте компонент «Источник физической величины» с названием T_1. Присвойте компоненту T_1 значение 30. Соедините компонент T_1 с выходом t_1 компонента «Поезд».

4. Создайте компонент «Результат». Соедините компонент «Результат» с выходом s_1 компонента «Поезд».

5. Нажмите кнопку Расчет.

В случае правильной последовательности выполненных действий будет построена компонентная цепь задачи (рис. 1), при анализе которой компонент «Результат» будет визуализировать ответ задачи.

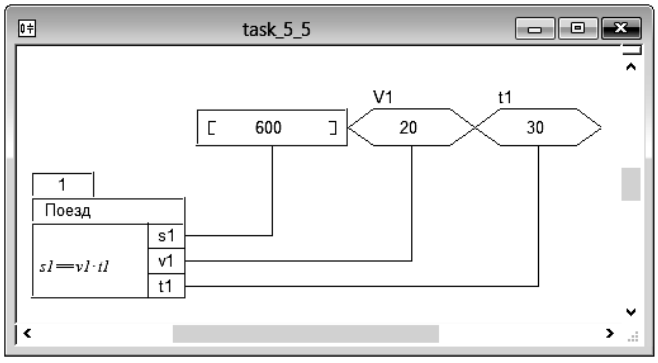


Рис. 1. Компонентная цепь задачи

Заключение. Разработанная и реализованная система автоматизированного логико-лингвистического анализа осуществляет формализацию текста физической задачи для построения и представления пользователю пошаговой инструкции по созданию компьютерной модели физической задачи в редакторе СКМЗ для её решения. Таким образом, данная система представляет собой модуль обучения пользователя работе СКМЗ.

Литература

1. Дмитриев В.М. Компьютерное моделирование физических задач / В.М. Дмитриев, А.Ю. Филиппов, Т.В. Ганджа, И.В. Дмитриев. Томск: В-Спектр, 2010. 248 с.

2. Марчук Ю.Н. Компьютерная лингвистика. М.: АСТ: Восток-Запад, 2007. 317 с.

3. Дмитриев В.М. Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.

УДК 004.358

ЯЗЫК УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ X-ROBOT

Ю.И. Мальцев

Рассматриваются возможности языка X-Robot, позволяющему формировать сценарии для управления исполнительными устройствами механизма и наблюдения за его поведением с помощью набора сенсоров (датчиков). Язык совместно с разработанным измерительно-управляющим контроллером позволяют управлять движущимися объектами путем реализации виртуальных инструментов и приборов в программно-алгоритмической системе LabView и среде многоуровневого компьютерного моделирования МАРС.

Ключевые слова: язык управления, X-Robot.

Любой механизм, который должен управляться программно, можно представить как набор исполнительных устройств (исполнителей) и набор сенсоров (датчиков). Сценарий работы механизма определяется контроллером – микропроцессорным устройством, работающим по определенной программе. Контроллер воспринимает текущее состояние механизма через набор сенсоров и изменяет это состояние с помощью исполнительных устройств в соответствии со сценарием. Как правило, механизм включает группы исполнительных устройств со своими сенсорами, которые работают относительно автономно. Так, например, рука робота состоит из нескольких приводов и датчиков положения, которые должны работать в группе независимо от приводов ноги.

Контроллер механизма можно программировать с использованием различных языков программирования. Чаще применяются универсальные языки типа «С». Но наибольшую эффективность обеспечивают такие языки программирования, которые наиболее адекватны управляемому механизму. При управлении роботом как сложным механизмом для достижения эффективности языка нужно обеспечить:

- возможность управления разнообразными исполнительными устройствами;
- возможность обработки информации от различных сенсоров;
- параллельное управление различными группами исполнительных устройств и сенсоров;
- информационное взаимодействие (синхронизацию) параллельных процессов управления.

Всеми этими свойствами обладает предлагаемый язык программирования X-Robot.

Сценарий. Поведение механизма описывается на языке X-Robot (XR) сценарием, который представляет собой обычный текстовый файл, загружаемый в контроллер. В контроллере должна быть реализована операционная система реального времени и интерпретатор XR. Тип микропроцессора и возможности его периферии могут быть любыми. На текущий момент имеется реализация интерпретатора XR для микроконтроллера AtXMega фирмы Atmel [1]. Загрузка сценария выполняется через шину USB и микросхему FTDI [2]. Сценарий подготавливается в любом ASCI текстовом редакторе и загружается в контроллер с помощью программатора, написанного в системе LabVIEW [3].

Текст сценария разбит на блоки, определяющие отдельные процессы, которые выполняются параллельно. Каждый процесс имеет собственную локальную ячейку памяти – аккумулятор, собственный таймер и регистр состояния для условного ветвления. Одним из атрибутов процесса является флаг ожидания. При запуске сценария флаги ожидания всех процессов сбрасываются. Процесс представляет собой безусловный цикл с опциональной секцией предварительной настройки. Секция настройки расположена в начале текста, описывающего процесс. Она выполняется только при первом входе после запуска сценария. За секцией настройки идет рабочая секция. После выполнения последней инструкции процесса управление безусловно передается на первую инструкцию рабочей секции, но перед этим делается попытка переключиться на следующий процесс.

При загрузке сценария в памяти контроллера строится его структура в виде набора блоков управления процессами. Эти блоки управления содержат аккумулятор, таймер, регистр состояния и другие рабочие ячейки процесса. Именно эти блоки и используются для диспетчеризации процессов при выполнении сценария.

При первом запуске сценария последовательно запускаются все процессы, начиная с первого в сценарии. Если в тексте исполняемого процесса встречается инструкция ожидания или любого изменения порядка выборки инструкций, выполняется попытка переключиться на следующий процесс. Если следующего процесса нет в сценарии, то снова выполняется первый процесс. Инструкции ожидания взводят флаг ожидания процесса, такой процесс перестает обрабатываться диспетчером и не занимает процессорного времени контроллера.

Инструкции. Текст описания процесса в сценарии состоит из инструкций, работающих с тремя адресными пространствами. Первое адресное пространство определяет до 256 исполнителей, второе – до 256 сенсоров, третье – до 255 глобальных рабочих ячеек. Размерность параметра в ячейке – 16 бит. Адрес 0 в пространстве рабочих ячеек определяет аккумулятор – единственная локальная ячейку памяти процесса (имеется в каждом процессе). В основном инструкции содержат два операнда. Первый операнд может относиться к любому из трех адресных пространств. Второй операнд может содержать 16-разрядную константу или адрес ячейки памяти.

Для *каждого* исполнителя определено 8 инструкций EXecut, а для *каждого* сенсора – 8 инструкций INput. Как выполняется конкретная инструкция EXx или INx – определяется конкретной версией интерпретатора. Так язык XR адаптируется к текущей конфигурации контроллера и набору исполнительных и сенсорных устройств робота. Дополнительный уровень адаптации обеспечивают необязательные инструкции задания параметров для каждого исполнителя или сенсора.

Группа инструкций ожидания используется для перевода процесса в состояние ожидания. Эти инструкции могут создавать блоки ожидания: если в сценарии встречаются несколько инструкций ожидания подряд, то условия ожидания объединяются по схеме ИЛИ/И. Так, например, процесс можно перевести в состояние ожидания срабатывания какого-либо датчика ИЛИ срабатывания таймера. Выход процесса из состояния ожидания происходит при обработке асинхронных событий по прерываниям, для этого интерпретатор включает ряд дополнительных диспетчеров, работающих параллельно с основным диспетчером процессов.

Организация условных переходов выполняется инструкциями типа «кейс». В зависимости от состояния ячейки памяти или регистра состояния выбирается один из вариантов выполнения сценария. Предусмотрены инструкции возврата к началу «кейса» или к началу процесса. Есть также возможность повторить секцию инициализации процесса. Адресных меток в сценарии не предусмотрено, но каждый процесс имеет свое имя, которое можно использовать для управления одним процессом из другого.

Аппарат подпрограмм реализован следующим образом. Любой процесс может быть преобразован в подпрограмму, запускаемую инструкцией CALL из другого процесса. Для этого в процесс-подпрограмму нужно включить инструкцию ожидания запроса. Поскольку любой процесс является безусловным циклом, эта инструкция обязательно будет выполнена. При этом запускается диспетчер подпрограмм, который проверяет наличие запросов к подпрограмме и ее состояние. Когда какой-либо процесс выполняет инструкцию CALL, он переводится в состояние ожидания, а процесс-подпрограмма, если он не занят, наоборот, активизируется. При выполнении инструкции ожидания запроса в подпрограмме проверяется список процессов, которые обратились к ней. Процесс, успешно запустивший подпрограмму, активизируется на выполнение следующей после CALL инструкции, а те процессы, которым не удалось ее запустить, активизируются на повторное выполнение команды CALL. Такой подход позволяет без использования стека обеспечить неограниченную вложенность подпрограмм, автоматически контролируя повторное обращение к одной и той же подпрограмме из разных процессов. Но сценарист должен исключить обращение подпрограммы самой к себе.

Для взаимодействия различных процессов предусмотрены два механизма. Во-первых, все ячейки оперативной памяти являются глобальными, т.е. доступными из любого процесса. Это значит, что их содержимое может устанавливаться в одном процессе и анализироваться в другом. Во-вторых, интерпретатор поддерживает систему передачи сообщений, которые могут генерироваться в одном процессе и ожидаться в другом. Сообщения могут генерироваться и в некоторых диспетчерах интерпретатора, например, диспетчер связи по шине USB может сгенерировать сообщение по принятому из компьютера кадру. Если в одном процессе встречается инструкция ожидания конкретного сообщения, то этот процесс переходит в ожидание и становится неактивным до того момента, пока *другой* процесс не сгенерирует ожидаемое сообщение.

В XR предусмотрены инструкции, выполняющие арифметические и логические операции над данными в памяти, изменяющие регистр состояния процесса, а также инструкции управления процессами.

Интерпретатор. Выполнение сценария на языке X-Robot обеспечивается программным обеспечением (ПО) микропроцессора в контроллере управления механизмом. Основная и наиболее сложная часть этого ПО – интерпретатор. Он

загружает сценарий в память контроллера, формирует структуру сценария, выполняет диспетчеризацию процессов, обеспечивает взаимодействие сценария с периферией контроллера.

В состав интерпретатора входят следующие основные компоненты:

1. Загрузчик сценария.
2. Диспетчер процессов.
3. Диспетчеры асинхронных событий.
4. Блок обработки инструкций EX.
5. Блок обработки инструкций IN.

Первые два компонента обязательны в любой реализации интерпретатора, третий компонент частично зависит от структуры контроллера, а компоненты 4 и 5 полностью определяются структурой контроллера и набором периферии робота.

Сложность управления современным микроконтроллером и повышенные требования к быстродействию ПО определяют целесообразность разработки интерпретатора на ассемблере. Кроме того, использование такого подхода обеспечивает безболезненный переход от сложного программирования на низкоуровневом языке к относительно простой разработке сценария на X-Robot.

Загрузчик сценария получает текст сценария через входной порт контроллера, в данном случае – по шине USB. Текст сценария должен состоять из инструкций, подготовленных для загрузчика в 16-ричном виде. Подготовку сценария для загрузки выполняет транслятор, реализованный в программаторе, разработанном в системе LabVIEW. Загрузчик размещает полученный текст в памяти микроконтроллера и строит блоки управления процессами. Флаги ожидания всех процессов сбрасываются, содержимое всех рабочих ячеек обнуляется, приводятся в исходное состояние все диспетчеры асинхронных событий, и запускается диспетчер процессов.

Диспетчер процессов просматривает блоки управления процессами, начиная с первого, отыскивает активный процесс и начинает выполнять его.

Для равномерного распределения процессорного времени контроллера диспетчер процессов выполняет переключение на следующий процесс всякий раз, когда текущий процесс переходит в ожидание или выполняет изменение последовательности выборки инструкций.

Если процесс переведен в ожидание, то он не рассматривается диспетчером процессов и на него не тратится процессорное время. Выход процесса из ожидания возможен либо асинхронно по событию, генерируемому в диспетчерах асинхронных событий, либо от системы синхронизации процессов, по сгенерированному в другом процессе сообщению.

При обнаружении инструкций EXx или INx выполняется обращение к соответствующему блоку обработки, который анализирует адрес исполнителя / сенсора и запускает нужную подпрограмму. Существует определенный программный интерфейс между диспетчером процессов и блоками обработки, по которому в блок обработки передаются параметры инструкции, а из блока обработки поступают сигналы управления диспетчером.

Блоки обработки формируют подсистему инструкций для каждого исполнителя/сенсора, включающую до 8 инструкций EXx и/или INx. Не все 8 инструкций обязательны, это определяется сложностью исполнителя/сенсора. Если сенсор используется в инструкциях ожидания, то для опроса его состояния будет использована инструкция IN0, поэтому она имеет особое значение. Если какая-либо инструкция не определена в блоках обработки, то она воспринимается как NOP

(нет операции) без генерации ошибок. Это может усложнить процесс отладки сценария, поэтому в будущих реализациях транслятора следует предусмотреть анализ такой ситуации.

Примеры использования. Разработками на языке X-Robot занимается томская фирма «Аниматроник» для написания сценариев для кукол-роботов.

Язык XR используется сотрудниками НПФ «РЕВИКОМ» и учеными ТУСУРа для стыковки измерительно-генераторных комплексов с программами на LabVIEW и с многоуровневыми компьютерными моделями, разработанными в среде моделирования МАРС [4]. Команды представленного языка имеют соответствующие отображения в редакторе многоуровневых компьютерных моделей в виде компонентов, позволяющих управлять работой контроллера, считывать измеряемые им данные, а также формировать и посылать ему соответствующие команды, сформированные на языке X-Robot. На основе данного компонентного подхода будет разработана компьютерная лаборатория по дисциплине «Автоматизация проектирования систем и средств управления», являющейся базовой дисциплиной для студентов направлений бакалавриата по направлениям «Системный анализ и управление» и «Автоматизация и управление», а также для студентов магистратуры по направлению «Управление в технических системах».

Литература

1. AVR XMEGA Microcontrollers [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.atmel.com/products/microcontrollers/avr/avr_xmega.aspx, свободный.

2. FTDI chip Home Page [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ftdichip.com/, свободный.

3. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LavVIEW 7 / Под ред. П.А. Бутырина. М.: ДМК Пресс, 2005. 264 с.

4. Дмитриев В.М. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем / В.М. Дмитриев., А.В. Шутенков., Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа. Томск: В-Спектр, 2011. 278 с.

УДК 004.942

УЧЕБНО-ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ МОДУЛИ В ИНТЕРАКТИВНОМ УЧЕБНИКЕ ПО КУРСУ «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ»

А.В. Шутенков, А.В. Сторчак

Предложен процесс построения учебно-иллюстративных модулей, способствующих более глубокому пониманию законов, принципов или методов изучаемой дисциплины. Приведен пример построения УИМа для курса «Теоретические основы электротехники».

Ключевые слова: учебно-иллюстративный модуль, компонентная цепь, схема.

Учебно-иллюстративными модулями (УИМ) будем называть программно-инструментальное приложение к интерактивному учебнику, построенное на основе многоуровневых компьютерных моделей для целей более глубокого раскрытия законов, принципов или методов, излагаемых в данной дисциплине.

Для реализации УИМов используется среда моделирования МАРС [1]. Данная среда моделирования позволяет представить моделируемый эксперимент на трех уровнях [2] (объектном, логическом и визуальном) , имеющих свои отображения в соответствующих слоях многослойного редактора.

В теоретическом материале гипертекстового учебника методистом делаются вставки – интерактивные узлы, по которым вызывается определенный УИМ в состав которого входит многослойный редактор, включающий в себя текстовый редактор с формулировкой, математический редактор, схемный редактор, а также выходные графики процессов (рис. 1). Схемный редактор содержит три слоя (объектный, логический и визуальный) для занесения информации о проводимом эксперименте.

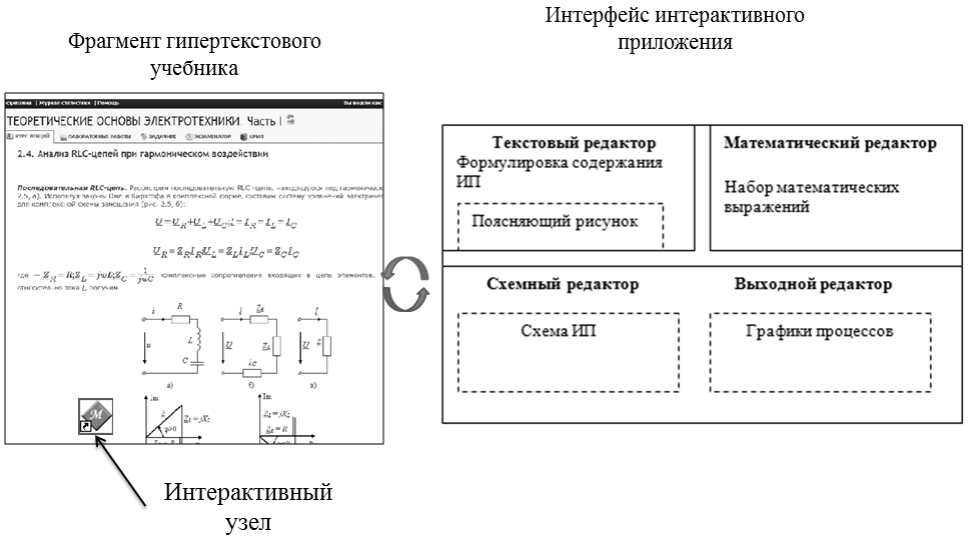


Рис. 1. Схема подключения и интерфейс УИМа

В объектном слое расположена компонентная цепь (КЦ), в логическом слое изображается логическая схема проведения эксперимента, составленная из математических компонентов системы. В визуальном слое расположены компоненты, отображающие регуляторы изменяемых параметров и получаемые в ходе эксперимента числовые значения.

В любом окне полиэкранной формы доступна возможность изменения параметров. Так, изменив значение любого компонента, будет видно изменение соответствующего графика или математического расчета.

Таким образом, интерфейс УИМа с помощью компьютерных расчетов и моделирования позволяет наглядно продемонстрировать физические процессы и методики решения задач.

Схема построения УИМа. Рассмотрим схему построения типового УИМа. Она включает в себя следующие этапы:

1. Формулировка закона (принципа).
2. Математическая трактовка закона (принципа).
3. Определение задач иллюстратора.
4. Модельная интерпретация: схема, компоненты, параметры.
5. Интерактивная математическая панель для расчета параметров КЦ.
6. План иллюстративного эксперимента:

а) вариация параметров источников;

б) вариация параметров преобразователей;

в) определение типов измерительных приборов и режимов их работы.

На рис. 2 представлена структурная схема УИМа, содержащая компонентную цепь (КЦ) изучаемого объекта, схему иллюстративного эксперимента, необходимые математические и информационные представления и визуальные отображения результатов эксперимента.

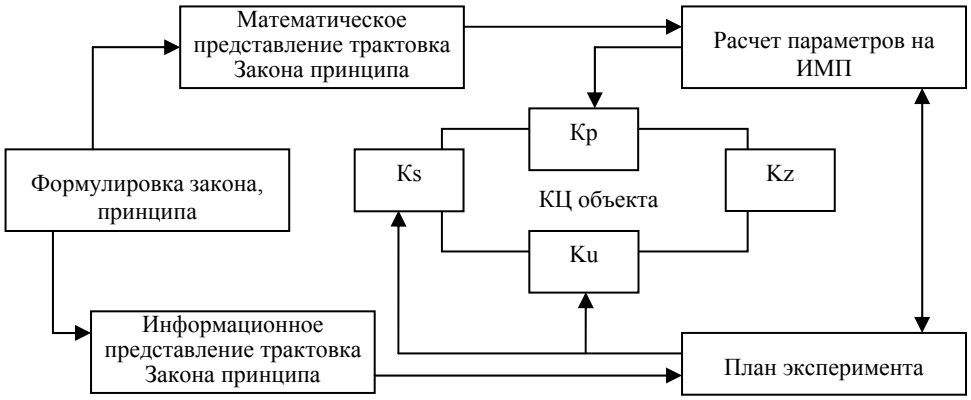


Рис. 2. Структурная схема УИМа

На представленной схеме выделены следующие компоненты: Ks – источники, Kp – компоненты-преобразователи, Kz – измерители, Ku – компоненты регулировки и управления.

На первом этапе будут выстроены УИМы, касающиеся разделов куса ТОЭ, раскрывающие основные понятия, законы и принципы дисциплины:

1. Основные понятия и законы электрических цепей.

1.1. Определение электрической цепи.

1.2. Топологические характеристики цепи.

1.3. Фундаментальные переменные цепи.

1.4. Схемы электрической цепи.

1.5. Элементы электрических цепей.

1.6. Классификация сигналов.

1.7. Понятие о компонентных и топологических уравнениях. Закон Ома. Законы Кирхгофа.

1.8. Модели электрической цепи. Анализ и синтез электрических цепей.

1.9. Классификация электрических цепей.

2. Анализ простейших линейных цепей при гармоническом воздействии.

2.1. Понятие гармонической функции.

2.2. Метод комплексных амплитуд. Комплексные числа и основные операции над ними.

2.3. Комплексные изображения гармонических функций.

2.4. Анализ RLC-цепей при гармоническом воздействии.

2.5. Активная, реактивная, полная и комплексная мощности.

2.6. Баланс мощностей.

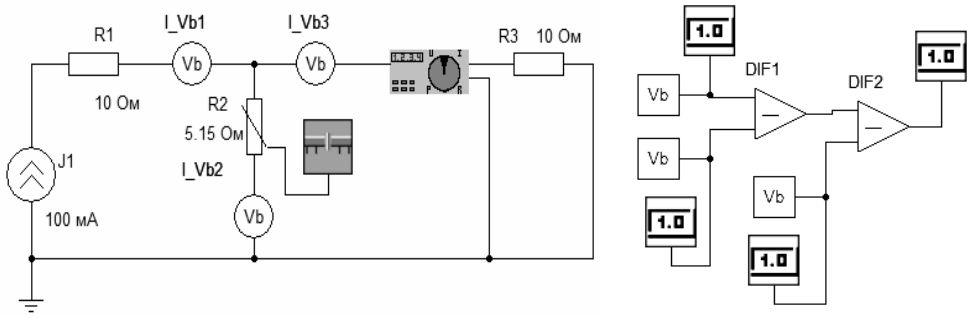
2.7. Преобразования электрических цепей.

2.8. Расчет электрических цепей с взаимной индуктивностью.

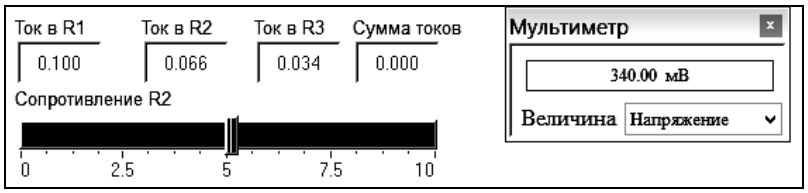
Пример построения УИМа. *УИМ «Первый закон Кирхгофа».* В объектном слое расположена схема, иллюстрирующая первый закон Кирхгофа (рис. 3, *а*).

Схема содержит источник тока *J*1, резисторы *R*1, *R*2 (переменный), *R*3, измерители потоковой переменной (тока) *Vb*.

В логическом слое изображена схема эксперимента (рис. 3, *б*), с помощью алгоритмических компонентов формируется алгоритм работы модельной иллюстрации. Показан процесс передачи значений токов в ветвях и суммарного значения в визуальный слой (рис. 3, *в*). В визуальном слое отображается также движковый регулятор сопротивления *R*2.



а *б*



в

Рис. 3. Схемы УИМа «Первый закон Кирхгофа»

Литература

1. Дмитриев В.М. МАРС – среда моделирования технических устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко, Т.В. Ганджа. Томск: В-Спектр, 2011. 278 с.

2. Дмитриев В.М. Принцип формирования многоуровневых компьютерных моделей SCADA-систем для управления сложными технологическими объектами / В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа // Информатика и системы управления. 2013. № 2(36). С. 24–35.

УДК 004.942

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПОДСИСТЕМЫ В ФОРМАТЕ МЕТОДА КОМПОНЕНТНЫХ ЦЕПЕЙ

С.К. Важенин

Целью настоящей работы было построение методик и реализация алгоритмов компьютерного моделирования теплоэнергетических процессов, происходящих в системах отопления, в среде моделирования МАРС. Использование компьютерных моделей позволяет снизить затраты времени и средств на создание адекватных моделей теплоэнергетического процесса, обеспечи-

вает большую эффективность программно-аппаратных подсистем, а также позволяет расширить класс объектов моделирования и повысить уровень автоматизации АСУ.

Ключевые слова: теплоэнергетическая система, метод компонентных цепей.

Основные понятия метода компонентных цепей. Для определения оптимальных режимов функционирования системы отопления построены модели её основных блоков в СМ МАРС [1]. В ее основе лежит метод компонентных цепей (МКЦ) [2], который является универсальным методом компьютерного моделирования сложных технических устройств и систем [3] любой физической природы, к классу которых относятся системы отопления помещениями.

Для целей моделирования в формате МКЦ протекающих в системах отопления теплоэнергетических процессов могут быть применены компонентные цепи с неоднородными векторными связями.

Каждая неоднородная векторная связь S_V (рис. 1) представляет собой совокупность нескольких энергетических и информационных связей, характеризующих распределенный по координатам и фазам многофракционный вещественный поток.

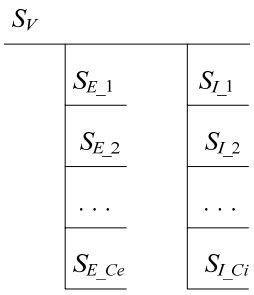


Рис. 1. Структура неоднородной векторной связи

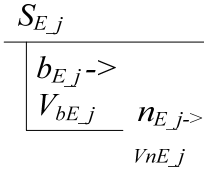


Рис. 2. Структура энергетической связи S_{E_j}

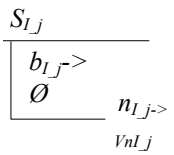


Рис. 3. Структура информационной связи

Формально такую связь S_V можно представить в виде

$$S_V = \left[S_{E_1}, S_{E_2}, ..., S_{E_Ce}, S_{I_1}, S_{I_2}, ..., S_{I_Ci}\right], \quad (1)$$

где $S_{E_1}, S_{E_2}, ..., S_{E_Ce}$ – совокупность энергетических связей, каждая из которых принадлежит определенному энергетическому субаспекту физического аспекта F_E:

$$S_{E_j} \in F_E . \quad (2)$$

Каждой энергетической связи S_{E_j} ставится в соответствие пара топологических координат – узел n_{E_j} и ветвь b_{E_j} – соответственно с потенциальной $n_{E_j} -> V_{nE_j}$ и потоковой $b_{E_j} -> V_{bE_j}$ (рис. 2).

$S_{I_1}, S_{I_2}, ..., S_{I_Ci}$ – совокупность информационных связей, каждая из которых принадлежит определенному информационному субаспекту физического аспекта F_I:

$$S_{I_j} \in F_I . \quad (3)$$

Каждой информационной связи S_{I_j} ставится с соответствие пара топологических координат – узел n_{Ij} и ветвь b_{Ij} – с одной потенциальной переменной $n_{Ij} -> V_{nI_j}$, $b_{Ij} -> \varnothing$ (рис. 3).

C_e – количество энергетических связей в составе векторной связи S_V; C_i – количество информационных связей в составе данной связи.

Образование компонентных цепей СТО, имеющих неоднородные векторные связи, производится на основании правил коммутации компонентов.

Поток теплоносителя в каждой точке СО должен характеризоваться давлением и температурой. Для построения моделей теплоэнергетических компонентов на базе неоднородной векторной связи введем в рассмотрение теплоэнергетическую связь (рис. 4)

$$S_{TE} = [S_G, S_T], \quad (4)$$

где $S_G = \{P, G\}$; P – давление [Па]; G – объемный расход [м^3/с]; $S_T = \{T, Q\}$, T – температура [К]; Q – тепловой поток [Дж/с].

Такая связь позволит в формате метода компонентных цепей характеризовать состояние теплоносителя в каждой точке соединения компонентов системы бойлерного отопления. Ввод данных связей позволит производить моделирование теплоэнергетических систем основанной на МКЦ среде компьютерного моделирования МАРС [4], представленных в таблице.

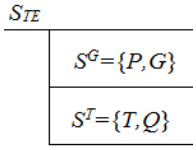
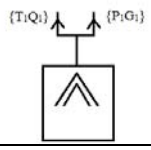
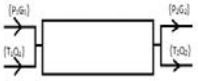
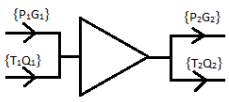
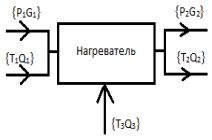
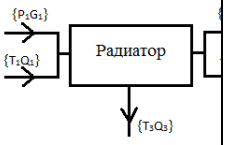
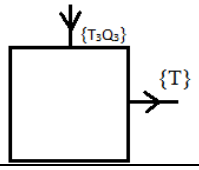


Рис. 4. Структура теплоэнергетической связи

Компоненты теплоэнергетических систем

Название и графическое изображение компонента	Математическая модель	Параметры
1	*2*	*3*
Источник теплоносителя 	$P_1 = P^{зад}$ $T_1 = T^{зад}$	$P^{зад}$ – заданное давление в узле; $T^{зад}$ – заданная температура в узле
Термогидравлическое сопротивление 	$P_1 - P_2 - R_G \times G = 0$; $G_1 - G_2 = 0$; $T_1 - T_2 - R_T \times Q_1 = 0$; $Q_1 - Q_2 = 0$;	P_1 – давление на входе, Па; P_2 – давление на выходе, Па; R_G – коэффициент гидравлического сопротивления; G – поток вещества, м^3/с; G_1 – поток вещества на входе, м^3/с; G_2 – поток вещества на выходе, м^3/с. T_1 – температура на входе, К; T_2 – температура на выходе, К; Q_1– поток теплоты на входе, Дж; Q_2– поток теплоты на выходе, Дж; R_T – термодинамическое сопротивление, К/Дж
Насос 	$P_2 - P_1 = \Delta P$, $G_1 - G_2 = 0$, $T_1 - T_2 = 0$, $Q_1 - Q_2 = 0$	ΔP – величина давления, на которую увеличивается давление на выходе насоса

1	2	3
Нагреватель без расширения 	$P_1 - P_2 - R_G \times G = 0;$ $Q_1 - Q_2 + Q_3 = 0;$ $cmT_2 - cmT_1 - Q_3 = 0;$ $T_1Q_1 - T_2Q_2 + T_3Q_3 = 0$	c – теплоемкость теплоносителя; m – масса теплоносителя в нагревателе;
Батарея 	$T_1 - T_2 = 0$ $T_2 - T_3 = 0;$ $Q_1 - Q_2 - Q_3 = 0;$ $P_1 - P_2 = 0;$ $G_1 - G_2 = 0;$ $\frac{dT_2}{dt} = \frac{1}{c*m} * Q_2$	T_1 – температура на входе, К; T_2 – температура на выходе, К; T_3 – температура на выходе Q, К; Q_1 – поток теплоты на входе, Дж; Q_2 – поток теплоты на выходе, Дж; Q_3 – поток излучаемой теплоты, Дж; P_1 – входное давление, Па; P_2 – выходное давление, Па; m – масса теплоносителя в радиаторе, кг; c – теплоемкость воды, Дж/кг×К; G_1 – поток вещества на входе, м^3/с; G_2 – поток вещества на выходе, м^3/с
Объект отопления 	$\frac{dT}{dt} = Q_2/(\rho * V * c).$	Q_3– поток теплоты, Дж; ρ –плотность воздуха, кг/м^3; V – объем объекта отопления, м^3; c – теплоёмкость воздуха в объекте отопления, Дж/кг×К
Теплоэнергетический терминатор	$P_1 = P^{зад}$ $T_1 = T^{зад}$	$P^{зад}$ – заданное давление в узле; $T^{зад}$ – заданная температура в узле

Среда моделирования МАРС позволяет смоделировать систему отопления, визуально представить модели системы отопления, расчитать теплоэнергетические процессы, настроить пользователю удобный для него интерфес блока управления системой. В процессе изучения поведения системы он может менять входные и выходные параметры, добавлять или удалять элементы системы отопления и в целом выбирать нужные варианты и режимы работы системы.

Литература

1. Дмитриев В.М., Шутенков А.В., Зайченко Т.Н., Ганджа Т.В. МАРС − среда моделирования технических устройств и систем. Томск: В-Спектр, 2011. 281 с.

2. Дмитриев В.М. Автоматизация моделирования промышленных роботов / В.М. Дмитриев, Л.А. Арайс, А.В. Шутенков. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.

3. Дмитриев В.М. Компьютерное моделирование устройств и систем / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков. Томск: Изд-во ТУСУРа, 2007. 205 с.

4. Дмитриев В.М.Среда моделирования МАРС. Монография / В.М. Дмитриев, А.В. Шутенков, Т.Н. Зайченко и др. Томск: В-Спектр, 2007. 296 с.

Секция 15

ИННОВАЦИИ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОНИКИ И УПРАВЛЕНИЯ

*Председатель секции – **Осипов Ю.М.**, д.э.н., д.т.н., профессор, зав. отделением каф. ЮНЕСКО*

УДК 621.1.53.08

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ НА КАРБИДЕ КРЕМНИЯ: ДИОД ШОТТКИ

И.В. Куфтов, М.Ю. Некрасова

Рассмотрены преимущества карбида кремния как материала силовой электроники. Описана конструкция диода Шоттки на карбиде кремния. Определены особенности технологии изготовления карбидокремниевого диода Шоттки.

Ключевые слова: карбид кремния, диод Шоттки, окисление, травление, взрывная фотолитография, электронно-лучевое напыление.

Карбид кремния существует в виде двух модификаций – кубической β(3C)-SiC и гексагональной α-SiC и имеет более 150 форм-политипов. Политип 4H-SiC предпочтительнее для силовых полупроводников благодаря большей подвижности электронов.

В таблице приводится сравнение основных электронных свойств политипов 4H-SiC и 6H-SiC с кремниевыми (Si) и арсенидгаллиевыми (GaAs) полупроводниковыми материалами.

Сравнение основных электронных свойств политипов 4H-SiC и 6H-SiC с кремниевыми (Si) и арсенидгаллиевыми (GaAs) полупроводниковыми материалами

Наименование	Si	GaAs	4H-SiC	6H-SiC
*E*g (эВ) ширина запрещенной зоны	1,12	1,4	3,25	2,86
*E*c (МВ/см) критическое значение напряженности поля	0,3	0,3	3,2	2,4
μ_n (см²/В·с) подвижность (*n*/*p*)	1400/450	8500	700/100	400/75
λ (Вт/см·К) теплопроводность	1,3	0,5	7	
Предельная рабочая температура, °С	300	400–500	1240	
Температура плавления, °С	1415	1240	Сублимация >1800	

Как видно из таблицы сравнения, карбид кремния обладает большей шириной запрещенной зоны и теплопроводностью (в разы больше, чем у Si и GaAs). Также значительно большее у него и критическое значение напряженности поля, что повышает величину пробоя в десятки раз.

Карбид кремния чрезвычайно устойчив к жесткой радиации, воздействие которой не приводит к деградации электронных свойств кристалла. Все эти свойства делают карбид кремния одним из наиболее перспективных материалов для высокотемпературной, мощной и быстродействующей электроники.

На большинстве российских электронных предприятий стоят устаревшие технологические линейки для кремниевых ИС и полупроводниковых приборов. Может ли карбидокремниевая технология реализоваться на основе таких линеек? Рассмотрим особенности технологии карбидокремниевых приборов в сравнении

с кремниевыми на примере диода Шоттки. Формирование кремниевого диода Шоттки осуществляют в следующей последовательности:

– формирования партии пластин с эпитаксиальной структурой;

– химическая обработка, термическое окисление;

– фотолитография «Охранное кольцо», травление SiO_2, ионное легирование бором, разгонка бора;

– фотолитография «Контакт», травление SiO_2;

– нанесение плёнки молибдена магнетронным распылением, фотолитография «Металл–1», травление плёнки молибдена;

– последовательное нанесение слоёв различных металлов магнетронным распылением, фотолитография «Металл–2»;

– травление многослойной металлической структуры;

– утонение пластин шлифовкой обратной стороны связанным абразивом, нанесение слоёв титана, сплава никель–ванадий, серебра магнетронным распылением на обратную сторону кремниевой пластины.

Рассмотрим теперь структуру карбидокремниевого диода Шоттки (рис. 1).

На карбидокремниевой подложке n^+-типа выращен эпитаксиальный слой n^--тип. Ионной имплантацией сформированы охранные кольца. Окислением крбида кремния сформирован диэлектрический слой, изолирующий катод от анода по поверхности. Электронно-лучевым распылением сформирован контакт Шоттки. Выбор металла для контакта Шоттки влияет на высоту барьера (остаточное напряжение) и обратные токи. Выполнена металлизация катода, сформирован омический контакт.

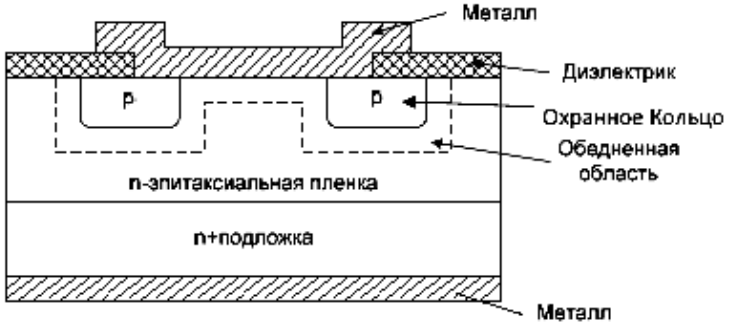


Рис. 1. Упрощенная структура кристалла планарного диода Шоттки [1]

Рассмотрим особенности технологии производства диодов Шоттки на SiC, операции, специфические для карбидокремниевого диода.

Окисление. Тонкие плёнки оксида кремния играют такую же роль, как и в кремниевом производстве. Карбидокремниевая поверхность может быть термически окислена с использованием сухого и влажного кислорода при температуре около 1000 °С на установках СДОМ-100-3М. Скорость окисления всех политипов SiC намного ниже, чем у Si, и зависит от ориентации кристаллографической решётки SiC [2, 4]. Термическое окисление проходит по формуле

$$2SiC+3O_2 \rightarrow 2SiO_2+2C.$$

Ионное легирование, отжиг. Применение диффузии в SiC затруднено очень низкими коэффициентами диффузии для большинства примесей при разумных с технологической точки зрения температурах. Поэтому легирование SiC осуществляется путем ионной имплантации с энергией пучка 10–60 МэВ и выше. Од-

нако у карбида кремния низкая доза аморфизации, и ионную имплантацию следует вести при высоких температурах для достижения приемлемого профиля распределения примеси, поэтому российские установки типа «Везувий» для этой цели не подходят. После имплантации проводят высокотемпературный отжиг (от 1200 до 1800 °С) для достижения максимальной электрической активации внедрённой примеси [2].

В России пока нет установок ионного легирования с энергией пучка 10–60 МэВ. Одним из лидеров по изготовлению полупроводниковых систем ионной имплантации и электронных систем лучевой обработки является голландская компания HVE, и установки этой компании весьма дороги.

Нанесение углеродистого покрытия «cap layer». При высокотемпературном отжиге из карбида кремния начинает испаряться кремний, оставляя на поверхности слой графита. В целях защиты карбидокремниевой поверхности от испарения кремния, используют углеродистое покрытие. Оксид кремния не может служить хорошим защитным слоем из-за его относительно низкой температуры плавления. Графитовый слой – легкий и недорогой способ формирования эффективной защиты. Однако в России таких установок нет.

Травление. Метод влажного химического травления не подходит для карбида кремния из-за сильной связи кремния и углерода, поэтому используют реактивное ионное травление во фторсодержащей плазме [3]. Процесс может быть осуществлен с использованием стандартного оборудования для реактивного ионного травления кремния Alcatel GIR 263. Скорость травления порядка сотен ангстрем в минуту. Хорошо оптимизированный процесс РИТ SiC, как правило, сильно анизотропный с небольшими подсечками травления под маску и гладкой поверхностью.

Фотолитография. Наряду с обычной контактной фотолитографией для формирования высокочистых металлических межсоединений используют технологию фотолитографии с аммиачным переворачиванием фоторезиста и метод «взрывной» **(«lift-off»)** литографии. Рассмотрим этот метод более подробно.

При использовании взрывной литографии материал элемента не подвергается травлению, так как он напыляется на подложку через уже сформированную на ее поверхности маску, поэтому точность воспроизведения размеров элемента может быть выше. Технологические этапы взрывной литографии представлены на рис. 2.

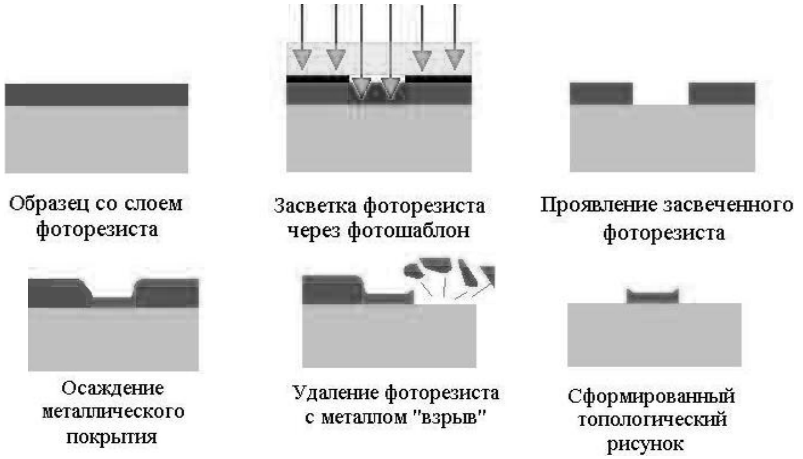


Рис. 2 Схема взрывной литографии [2]

Сначала на подготовленную поверхность полупроводникового образца наносят слой фоторезиста. Далее проводится осаждение многослойного или однослойного металлического покрытия. Важно отметить, что этот процесс подразумевает образование слоев металла на всей площади образца, обращенной к источнику материала. После осаждения покрытия образец погружается в органический растворитель, растворяющий фоторезист и обеспечивающий его удаление с поверхности полупроводника. При этом вместе с фоторезистом удаляются ненужные слои осажденного металла. В результате на поверхности полупроводника образуется требуемый рисунок контактной топологии. На большинстве российских предприятий установок взрывной фотолитографии (как и ФЛГ с аммиачным переворачиванием) нет.

Электронно-лучевое напыление. В основе метода лежит принцип испарения рабочего материала (мишени) за счет воздействия на мишень потока электронов, генерируемого катодом электронно-лучевого испарителя. Испарение происходит в сверхвысоком вакууме (до 10^{-8} Па), что обеспечивает высокую чистоту процесса. Кроме того, карбид кремния в процессе напыления не должен нагреваться. Установка «Оратория» не удовлетворяет этим требованиям и даже не может быть модернизирована под карбид кремния. Для электронно-лучевого напыления используется установка STE (есть в России). Особенность этой установки – отсутствие нагрева подложки в процессе испарения, так как они располагаются на большом расстоянии от испарителя (30–40см), что позволяет реализовывать на базе этого процесса технологию «взрывной» («lift-off»).

Наконец, самое главное – в России нет производства карбидокремниевых подложек.

В настоящее время ведущими фирмами-производителями монокристаллического карбида кремния являются Cree Inc (США), II-IV Inc (США), Dow Corning (США), TDI Inc (США), SiCrystalAG (Германия). Cree Inc является лидером по изготовлению пластин с эпитаксиальными слоями.

Заключение

1. Приведена последовательность формирования структуры кремниевого диода Шоттки и особенности технологи окисления, фотолитографии, травления при формировании диода Шоттки на карбиде кремния.

2. Обоснована необходимость в принципиально новом оборудовании для операций высокотемпературного отжига и ионного легирования, а также электронно-лучевого напыления для успешного освоения карбидокремниевых технологий в России, при условии покупки зарубежный карбидокремниевых структур с эпитаксиальными слоями.

Литература

1. Иванов П.А. Высоковольтные (1800В) планарные *p*−*n*-переходы на основе 4H-SiC с плавающими охранными кольцами / П.А. Иванов, И.В. Грехов, Н.Д. Ильинская, Т.П. Самсонова, А.С. Потапов // Физика и техника полупроводников. Т. 43, вып. 4. СПб., 2009.

2. C-M Zetterling (Ed.) Process Technology for Silicon Carbide Devices. IEE, 2003.

3. Recent trends in silicon carbide device research: Mj. Int. J. Sci. Tech, 2008, 2(03), 444-470 5. Silicon carbide Schottky barrier diode / J.H. Zhao, K. Sheng, R.C. Lebron-Velilla // International Journal of High Speed Electronics and Systems. 2005. Vol. 15, № 4. С. 821–866.

4. Silicon carbide – the power semiconductor material of the future: SiC power semiconductors, ABB Review, 1996.

УДК 007.52

РЕАЛИЗАЦИЯ РОБОТА LEGO MINDSTORMS NXT 2.0, ИМЕЮЩЕГО ВОЗМОЖНОСТЬ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

К.В. Левин, И.Е. Черепанов

Предложено создание ПО для дистанционного управления роботом с помощью приложения, написанного под Android по технологии Bluetooth.
Ключевые слова: Android, Bluetooth, дистанционное управление.

Задача реализации приложения дистанционного управления. В настоящее время значительный интерес в плане научных исследований и практического применения представляют дистанционно управляемые роботы. Это вызвано тем, что развитие новых технологий даёт возможность использовать роботов для решения широкого диапазона задач, в которых требуется дистанционное присутствие оператора-эксперта. К числу задач применения роботов с дистанционным управлением относится использование в таких сферах, как работа в местах экологических и техногенных катастроф; обезвреживание подозрительных предметов в местах массового скопления людей; военные операции; космос [1].

Необходимость разработки методов дистанционного управления обусловлена тем, что они могут применяться для различных типов манипуляторов (крупногабаритных манипуляторов, манипуляторов для экстремальных сред).

Актуальность работы по направлению разработки методов дистанционного управления подтверждается также тем, что она выполнялась в рамках исследований, проводимых в соответствии с Федеральной космической программой (программы «Пилот» и «Обслуживание») [2], международным проектом INTAS-94-1234, а также в соответствии с выполнением ряда НИР.

Новое перспективное направление научных исследований, имеющее важное практическое значение – дистанционное беспроводное управление роботами. Среди возможных приложений – дистанционное обучение, удаленное управление автоматизированными производствами, использование дистанционно управляемых роботов для медицинских приложений, для работы в экстремальных средах.

Список разработанных к настоящему времени систем управления роботами представлен на сервере телеробототехники NASA [3]. Из отечественных разработок отметим систему дистанционного управления натурной моделью бортового манипулятора космического корабля «Буран», разработанную в ЦНИИРТК (В.А. Лопота, В.С. Заборовский, 2002), и систему управления лабораторными манипуляторами МИРЭА (И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов, 2001 и 2002).

Однако прогресс сдерживается ограничениями на скорость передачи информации. Основная проблема управления – наличие существенных произвольных временных задержек в канале связи. Это делает управление затруднительным, а во многих случаях невозможным.

Разработанные к настоящему времени системы, управление роботами в которых основано на передаче телеизображений, обладают такими недостатками, как наличие существенных задержек в канале обратной связи и неудобная для оператора среда управления [4]. Помимо существенных задержек при передаче видеоизображений, их размер и качество затрудняют оператору оценивание положения робота и расстояний между объектами рабочего пространства.

Новые методы повышения эффективности управления роботами связаны с уменьшением передаваемых объемов данных. Идея подхода состоит в том, что вместо больших по объему видеоизображений передается минимальный набор параметров, однозначно определяющих состояние робота и его рабочей среды. Для определения координат объектов используется система технического зрения. Если пропускной способности канала все же недостаточно для организации работы в реальном времени, то используются кинематические и динамические модели движения робота и объектов рабочей среды.

Использование предложенных методов обеспечило возможность эффективного управления даже для низких скоростей передачи информации (в среднем порядка 0,1–0,5 кб/с) при использовании каналов связи общего пользования.

Для реализации данной технологии был использован конструктор LEGO Mindstorms, на его основе была создана модель дистанционно управляемого робота через Bluetooth. Управление осуществляется через устройство с ОС Android.

В настоящее время все доступные для скачивания через Android Market приложения для дистанционного управления роботов LEGO Mindstorms NXT 2.0 обладают ограниченным функционалом. Стандартные программы, поставляемые вместе с набором LEGO Mindstorms NXT 2.0, также не дают полного набора опций, необходимых для полноценного дистанционного управления роботом. В таких приложениях, как правило, нет регулировки мощности моторов, что вызывает затруднения при управлении роботами сложных конфигураций. Кроме того, ни в одном из представленных приложений нет отображения показателей датчиков, которые можно подключить к роботу. Данные приложения подходят только для базового тестирования моторов робота и не пригодны для выполнения комплексных задач. Целью данной работы является создание приложения, которое способно предложить более широкие возможности управления роботом. Помимо регуляции мощностей моторов, планируется реализация вывода на экран устройства данных, снимаемых из различных подключаемых к роботу датчиков. Хотелось бы отметить, что вычислительные возможности устройства намного больше, чем у робота. В дальнейшем планируется использование вычислительных мощностей устройства для сложных расчётов, на основе которых робот сможет выполнить определённую последовательность команд.

Литература

1. Белоусов И.Р., Карташев В.А. Моделирование динамики космического манипулятора в масштабе реального времени // Тр. науч.-техн. конф. «Роботы в экстремальных условиях». СПб., 1992.

2. Список федеральных космических программ на сайте Роскосмос [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.federalspace.ru/115/, свободный (дата обращения: 17.10.2013).

3. Системы управления на сервере телеробототехники NASA [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://rainer.oact.hq.nasa.gov/telerobotics_page/telerobotics.shtm', свободный (дата обращения: 17.10.2013).

4. Белоусов И.Р. Эффективное телеуправление роботами через сеть Интернет // Тр. 12-й науч.-техн. конф. «Экстремальная робототехника». СПб., 2001. С. 166–170.

Секция 16

ОПТОЭЛЕКТРОНИКА И ФОТОНИКА

*Председатель секции – **Задорин А.С.**, д.ф.-м.н., профессор, зав. каф. РЗИ*

УДК 621.396.41

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ К ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ВАСКУЛЯРНОГО РИСУНКА ЛАДОНИ

Н.Н. Алексеева, А.С. Иргит, А.А. Куртова, Ш.Ш. Монгуш, М.В. Побаченко

Предложены алгоритмы распознавания васкулярного рисунка ладони, основанные на методах SURF, Виолы-Джонса, бинаризации, моментных инвариантов. На основе полученных результатов разработана программа для сравнения двух изображений.

Ключевые слова: метод Виола–Джонса, SURF, моментные инварианты, бинаризация, васкулярный рисунок, сравнение изображений.

С каждым годом возрастают требования к системам безопасности. Все чаще для решения поставленных задач применяются биометрические признаки человека. Большинство из основных типов биометрии, используемых для контроля доступа, состоит из технологий, основанных на распознавании: отпечатков пальцев, геометрии руки, геометрии лица, радужной оболочки, васкулярного рисунка. Каждая из технологий обладает своими достоинствами и недостатками. В результате сравнительного анализа биометрических параметров [1] были отмечены преимущества идентификации личности человека по васкулярному рисунку ладони:

- постоянство во времени;
- бесконтактный метод считывания информации;
- меньший процент ошибок при считывании;
- невозможность замены ладони живого человека неживым объектом.

Актуальность данной работы состоит в сравнительном анализе эффективности использования различных методов распознавания на примере васкулярного рисунка ладони.

Бинаризация изображения – процесс преобразования изображений в двоичные массивы, состоящие из 0 и 1, при этом единицы обозначают белый цвет, нули – черный. В большинстве случаев бинаризация изображения проводится в виде пороговой обработки изображения по уровню яркости [2].

В задаче распознавания васкулярного рисунка ладони данный метод применяется для первичной обработки исходного изображения. На рис. 1 приведено исходное изображение.

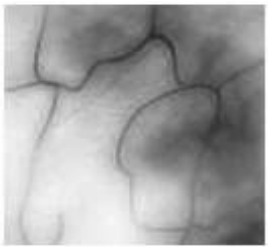


Рис. 1. Васкулярный рисунок ладони

Бинаризация изображения проводится в три этапа:

1) морфологическая обработка [2] исходного изображения для выравнивания яркости фона;

2) расчет порога бинаризации для морфологически обработанного изображения;
3) процесс бинаризации.

Бинаризированное изображение васкулярного рисунка приведено на рис. 2.

Рис. 2. Бинаризированное изображение васкулярного рисунка ладони

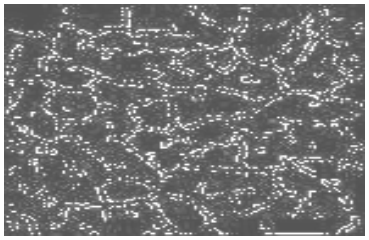
SURF (Speeded Up Robust Features) – метод распознавания изображения, основанный на поиске ключевых точек изображения и создании их дескрипторов, инвариантных к масштабу и вращению. Для реализации алгоритма *SURF* требуется определить ключевые точки, которые существенно отличают изображение от других. Поиск ключевых точек изображения реализуется с помощью матрицы Гессе – детерминант матрицы Гессе (т.н. гессиан) достигает экстремума в точках максимального изменения градиента яркости. В результате реализации алгоритма детектируются пятна, углы и края линий [3].

Алгоритм работы программы выделения ключевых точек на изображении:

1) считывание исходного изображения и отображение в виде матрицы;
2) создание нулевой матрицы с размерами матрицы изображения;
3) нахождение минимального и максимального значения элементов матрицы изображения;
4) поиск разницы элементов матрицы изображения;
5) запись в нулевую матрицу координат превышения порога разницы между элементами исходной матрицы.

На рис. 3 представлено исходное изображение васкулярного рисунка.

Рис. 3. Бинаризированное изображение васкулярного рисунка ладони



Результат работы алгоритма представлен на рис. 4 (полученные ключевые точки выделены светлым тоном).

Рис. 4. Ключевые точки исходного изображения

Недостатком метода SURF является большое количество ключевых точек, на сравнение которых уходит значительный промежуток времени.

Моментные инварианты – это признаки изображения, построенные на основе степенных моментов и описывающие силуэт некоторого объекта. (Инвариант – это величина, остающаяся неизменной при тех или иных преобразованиях.) В соответствии со своим названием данные признаки являются инвариантными к аффинным преобразованиям изображения [4]. Основным достоинством момент-

ных инвариантов являются нечувствительность к поворотам изображения, что делает их применение эффективными в качестве признаков в задаче обнаружения и распознавания на изображении объектов неизвестной ориентации [5]. Алгоритм вычисления заданного набора моментных инвариантов для каждого изображения включает следующие этапы:

1) вычисление треугольной матрицы моментов $\mu_{ks}(k+s \le K)$ до заданного порядка;

2) вычисление линейных комбинаций моментов, задающих вещественные и мнимые части требуемых комплексных моментов;

3) вычисление значений инвариантов.

На рис. 5 представлены 7 порядков моментного инварианта и вычислены их значения.

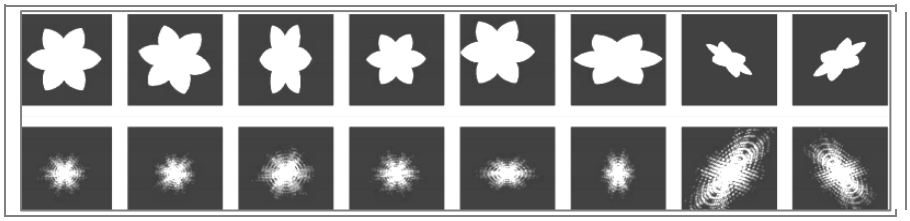


Рис. 5. Исходные изображения и их инварианты

Недостатком данного метода является то, что он предназначен для обработки изображений, описывающих силуэт объекта, в результате чего возникают трудности при обработке тонких линий васкулярного рисунка ладони.

Метод Виолы-Джонса сравнивает два изображения и выводит результат об их совпадении.

Основные положения, на которых основан метод Виолы-Джонса:

• изображения представляются в интегральном виде;

• используется принцип сканирующего окна: сканируется изображение окном поиска, а затем применяется классификатор к каждому положению окна;

• используются признаки Хаара, с помощью которых происходит поиск нужного объекта;

• используется бустинг для выбора наиболее подходящих признаков для искомого объекта на данной части изображения;

• все признаки поступают на вход классификатора, который даёт результат «верно» либо «ложь»;

• используются каскады признаков для быстрого отбрасывания окон, где не найдены искомые объекты [6].

Для реализации алгоритма программы использован принцип сканирующего окна, которое движется по изображению, и в качестве каскада признаков для быстрого отбрасывания окон, где не найдены искомые объекты, используются веса положений сканирующего окна.

Алгоритм работы программы сравнения изображений:

1) считывание изображения и запись его в матрицу;

2) фиксация всех возможных положений на изображении сканирующего окна;

3) сравнение положений сканирующего окна на двух изображениях при совпадении их весов, за исключением положений сканирующего окна с нулевым весом (белая область на изображении);

4) вывод результата о совпадении или несовпадении изображений.

Проведено тестирование программы. В качестве обрабатываемых пар изображений взяты черно-белые изображения разных размеров (рис. 6–8), выполненные в графическом редакторе Paint. В паре изображений одинакового размера одно из них сдвинуто относительно другого.

Рис. 6. Изображение 30×28 пикселей

Рис. 7. Изображение 90×60 пикселей

Рис. 8. Изображение 200×100 пикселей

В результате тестирования программы составлена таблица длительности обработки изображений разных размеров (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная таблица времени обработки изображений

Операция	Время на обработку на процессоре Triple-core с тактовой частотой 2,41 ГГц, с
Обработка изображения 30×28 пикселей	1
Обработка изображения 30×28 пикселей	1
Вычисление весов двух изображений 30×28 пикселей	1
Побитовое сравнение изображений 30×28 пикселей	1
Обработка изображения 90×60 пикселей	22,77
Обработка изображения 90×60 пикселей	22,87
Вычисление весов двух изображений 90×60 пикселей	1
Побитовое сравнение изображений 90×60 пикселей	14,8
Обработка изображения 200×100 пикселей	474 (7 мин 54 с)
Обработка изображения 200×100 пикселей	472 (7 мин 52 с)
Вычисление весов двух изображений 200×100 пикселей	1
Побитовое сравнение изображений 200×100 пикселей	480 (8 мин)

Анализируя табл. 1, можно сделать вывод, что наибольшее время на обработку изображений затрачивается при начальной обработке изображений (формирование различных позиций сканирующего окна) и поэлементном сравнении вектор-строк матриц, в которые записаны изображения. Начальная обработка изображений ускорена путем сокращения количества операций присвоения и предварительного выделениея памяти для матриц (табл. 2). Поэлементное сравнение вектор-строк ускорено путем сокращения количества используемых в программе переменных и количества операций присваивания (табл. 3).

Таблица 2

Сравнительная таблица времени начальной обработки изображений

Операция	Время на обработку ускоренной программой, с	Время на обработку неускоренной программой, с
Обработка изображения 30×28 пикселей	1	1
Обработка изображения 90×60 пикселей	1	22,77
Обработка изображения 200×100 пикселей	1	474 (7 мин 54 с)

Таблица 3

Сравнительная таблица времени поэлементного сравнения вектор-строк

Операция	Время на обработку ускоренной программой, с	Время на обработку неускоренной программой, с
Побитовое сравнение изображений 30×28 пикселей	1	1
Побитовое сравнение изображений 90×60 пикселей	3	14,8
Побитовое сравнение изображений 200×100 пикселей	47,85	480 (8 мин)

Для сокращения времени обработки изображений и повышения достоверности их совпадения необходимо выделить несколько критериев сравнения. Для решения данной задачи были объединены основные составляющие нескольких методов обработки изображений: метод Виолы-Джонса, метод бинаризации и метод SURF. Алгоритм работы реализованной программы:

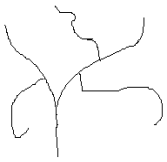


Рис. 9. Изображение 320×240 пикселей

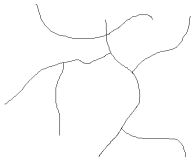


Рис. 10. Изображение 640×480 пикселей

- считывание изображения и запись его в матрицу;
- бинаризация изображения по порогу яркости (метод бинаризации);
- утончение линий изображения;
- поиск ключевых точек: конец линии, ветвление линий (метод SURF);
- выделение сканирующим окном областей вокруг ключевых точек (метод Виолы-Джонса);
- вычисление сумм весов каждого положения сканирующего окна;
- сравнение выделенных областей при совпадении весов;
- вывод результата о совпадении или несовпадении изображений.

При тестировании программы обрабатывались следующие изображения.

В качестве ключевых точек рассматривались окончания линий (рис. 11) и их ветвления (рис. 12).

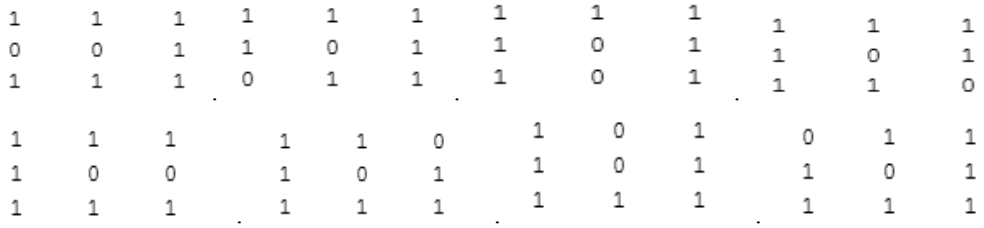


Рис. 11. Ключевые точки концов линий

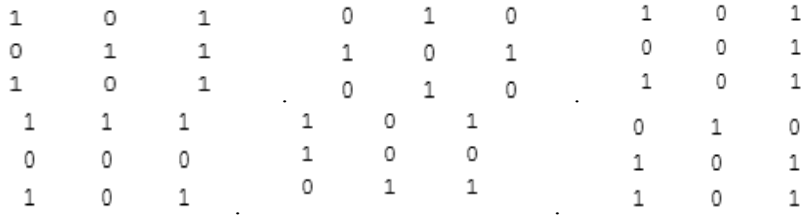


Рис. 12. Ключевые точки ветвлений линий

Результаты быстродействия программы обработки изображений приведены в табл. 4.

Таблица 4

Сравнительная таблица времени обработки изображений

Операция	Время на обработку на процессоре Triple-core с тактовой частотой 2,41 ГГц, с
Сравнение изображений 320×240 пикселей	1
Сравнение изображений 640×480 пикселей	1

Данный алгоритм не позволяет сравнивать повернутые относительно друг друга изображения. Для поворота изображения без искажений решено применить аффинные преобразования.

Аффинное преобразование – отображение плоскости или пространства в себя, при котором прямые переходят в прямые [7].

Для осуществления поворота необходимо определить матрицу поворота:

```
angle=40*pi/180;
sc= cos(angle);
ss= sin(angle);
T=[ sc -ss; ss  sc; tx  ty]  [8].
```

После этого создается структура TFORM и осуществляется поворот:

```
t_lc=maketform('affine', T);
I_linearconformal=imtransform(I, t_lc) [8].
```

Поворот изображений реализован следующим способом: при отрицательном результате сравнения изображений запускается цикл поворота изображения на 1 град, изображение поворачивается и сравнивается с исходным изображением.

При сравнении повернутых изображений из-за перебора возможных положений изображения увеличилась длительность работы программы, которая доходит до 35 с.

Заключение. В результате анализа нескольких методов распознавания васкулярного рисунка ладони было выяснено, что наиболее эффективным является метод Виолы-Джонса, поскольку данный метод проще в реализации, кроме этого, скорость его работы выше. Объединение нескольких методов обработки изображений позволяет выделить несколько критериев сравнения, что повышает достоверность совпадения, а также сокращает длительность обработки изображений. Однако алгоритм программы не позволяет сравнивать изображения, повернутые относительно друг друга, что является его существенным недостатком. Грубое решение проблемы методом перебора приводит к существенному увеличению времени обработки. Следовательно, необходима разработка метода распознавания, позволяющего исключить метод перебора по углу поворота.

Литература

1. Морозова М.А., Салтанова О.Б. Система контроля и управления доступом по биометрическим параметрам // Научная сессия ТУСУР–2011: матер. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 4–6 мая 2011 г. Томск: В-Спектр, 2011: в 6 ч. Ч. 2. 348 с.

2. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде Matlab. М.: Техносфера, 2006, С. 351–367.

3. Обнаружение устойчивых признаков изображения: метод SURF [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://habrahabr.ru/blogs/algorithm/103107/, свободный (дата обращения: 15.05.2013).

4. Корнилов В.Ю. Система моментных инвариантов изображения. СПб.: Автометрия, 2002. 80 с.

5. Глумов Н.Г. Построение и применение моментных инвариантов для обработки изображений в скользящем окне. 9 с.

6. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://habrahabr.ru/blogs/algorithm/133826/, свободный (дата обращения: 23.02.2012).

7. Аффинное преобразование [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/, свободный (дата обращения: 15.05.13).

8. Журавель И.М. Краткий курс теории обработки изображений [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book2/37.php, свободный (дата обращения: 15.05.13).

УДК 535.421

АКУСТООПТИЧЕСКИЕ МОДУЛЯТОРЫ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ RKTP

Л.Я. Серебренников, В.А. Краковский, М.В. Чуманов, И.А. Паргачёв, С.М. Шандаров

Проведен расчет геометрических параметров тонкопленочной периодической возбуждающей структуры типа встречно-штыревого пьезопреобразователя (ВШП) на поверхности высокоомного кристалла RKTP. Изготовлен образец модулятора с периодом ВШП 400 мкм и полосой рабочих частот 400 МГц.

Ключевые слова: акустооптика, нелинейный кристалл, акустооптический модулятор, встречно-штыревой пьезопреобразователь.

Акустооптические (АО) модуляторы лазерного излучения применяются для модуляции добротности лазерных резонаторов, анализа высокочастотных радиосигналов, химического анализа среды, оптической обработки информации. На основе акустооптических устройств реализуются спектральные фильтры и фильтры пространственных частот, системы оптической связи и оптические процессоры. Устройства, основанные на акустооптических модуляторах, находят применение в промышленных лазерных установках, в медицине, в криминалистике, в экологических и астрономических исследованиях.

Существует множество материалов, используемых в акустооптических модуляторах. Материалы для акустооптики можно разделить по признакам удобства технологической реализации на два класса: обладающие и не обладающие собственными пьезоэлектрическими свойствами. Акустооптические материалы, не обладающие пьезоэлектрическими свойствами, требуют для возбуждения акустических волн применения отдельных преобразователей в виде тонкопленочных пьезослоев, получаемых методом вакуумного нанесения, либо в виде тонких (до 10 мкм) пластинок из пьзоактивного материала, что усложняет технологию изготовления АО-модуляторов и ограничивает частотный диапазон в случае использования пластинчатых преобразователей. Пьезоэлектрики позволяют возбуждать акустические волны непосредственно с поверхности оптического материала, например периодической структурой из металлических электродов. Из них наиболее распространенным, благодаря удачному сочетанию пьезоэлектрических и акустооптических свойств, является ниобат лития. АО-модуляторы с поверхно-

стным возбуждением акустических волн работают в более высокочастотной части радиоспектра. Главным недостатком большинства нелинейных кристаллов является малая оптическая прочность (20 МВт/см^2 для ниобата лития), что ограничивает их использование с мощными источниками излучения.

Высокоомный кристалл RKTP производства компании «Кристалл Т» обладает высокой оптической прочностью (2500 МВт/см^2), является пьезоэлектриком и имеет относительно высокий показатель акустооптического качества. Полезным качеством RKTP является высокая скорость распространения акустической волны (~7,4·10^3 м/с) [4], что обеспечивает повышенное быстродействие таких устройств, как АО-модуляторы добротности лазерных резонаторов и АО-дефлекторы. Кроме того, кристаллы семейства KTP негигроскопичны, химически устойчивы и прозрачны в широком диапазоне длин волн (0,35÷4,5 мкм). Такой набор электрофизических и оптических свойств кристаллов RKTP представляет возможность рассматривать АО-модуляторы на RKTP в качестве хорошей альтернативы для АО-модуляторов, использующих другие материалы.

Упрощенный расчет геометрии встречно-штыревого пьезопреобразователя. Для расчета геометрии системы возбуждения объемной акустической волны необходимо знать примерный частотный диапазон, в котором должен работать АО-модулятор, и выбрать центральную частоту для этого диапазона. Зная скорость распространения акустической волны в звукопроводе, можно определить оптимальный период расположения электродов:

$$d = \frac{n\upsilon_a^2}{\lambda f_0^2}, \qquad (1)$$

где n – показатель преломления звукопровода, λ – оптическая длина волны, υ_a – акустическая скорость, f_0 – центральная частота.

Количество штырей (электродов) определяется:

$$N = \frac{8\upsilon_a^2 n}{\Delta f^2 \lambda d} + \frac{a}{d} + 1, \qquad (2)$$

где Δf – заданная полоса частот, a – ширина одного электрода ВШП.

Длина набора штырей пьезопреобразователя определяется следующим образом:

$$L = (N - 1)d - a, \qquad (3)$$

Полоса рабочих частот определяется по следующей формуле:

$$\Delta f = 2\sqrt{2}\frac{\upsilon_a}{\sqrt{L\lambda}}. \qquad (4)$$

Расчет проводится в приближении малой расходимости как акустического, так и оптического пучков. Учет расходимости приведет к более громоздким соотношениям с множеством дополнительных параметров [1, 2].

Используя вышеописанную методику для элемента кристалла RKTP размерами 8×8×10 с встречно-штыревым преобразователем, сформированным на одной из граней z-среза кристалла, можно найти рабочую полосу частот и центральную частоту.

Центральная частота определяется из выражения (1), преобразованного к виду

$$f_0 = \sqrt{\frac{n\upsilon_a^2}{\lambda d}}, \qquad (5)$$

Учитывая, что показатель преломления n = 1,8, скорость акустической волны υ_a = 7400 м/с и длина волны света λ = 535 нм, центральная частота равна f_0 = 679,4 МГц.

Используя формулу (4) и учитывая, что длина набора штырей L =8,6 мм, получаем рабочую полосу частот 414 МГц.

Описание методики эксперимента. Для измерения частотной характеристики модулятора была собрана экспериментальная установка, приведенная на рис. 1.

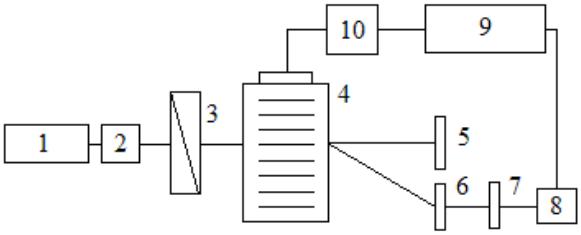


Рис. 1. Экспериментальная установка для определения рабочей полосы частот АО-модулятора: *1* – Лазер YAG:Nd (1064 нм); *2* – элемент для генерации второй гармоники; *3* – поляроид; *4* – АО модулятор; *5* – ловушка; *6* – пространственный фильтр; *7* – фокусирующая линза; *8* – фотодиод ФД288Б; *9* – характериограф Х1-42; *10* – высокочастотный усилитель

В качестве источника излучения используется инфракрасный лазер (*1*). Измерения проводятся на длине волны 532 нм. Для этого в схеме используется элемент ГВГ для преобразования во вторую гармонику (*2*). С помощью поляроида (*3*) задается линейная поляризация света, вектор которой при этом ориентирован вдоль распространения волнового фронта акустических возмущений. Акустический пучок, образующий объемную дифракционную решетку в кристалле, сосредоточен в области ВШП излучателя и направлен вдоль оси Z кристалла. Свет, проходя через дифракционную решетку в АО-модуляторе (*4*), делится на основной и дифрагированный. Основной пучок поглощается ловушкой (*5*). Дифрагированный пучок, проходя через пространственный фильтр (*6*) и фокусирующую линзу (*7*), попадает на фотодиод (*8*). Интенсивность дифрагированного пучка фиксируется характериографом (*10*). Период дифракционной решетки определяется частотой высокочастотного сигнала на выходе характериографа (*9*). Высокочастотный сигнал предварительно проходит через усилитель мощности (*10*). Характериограф строит зависимость интенсивности дифрагированного пучка от частоты сигнала. Изменением угла между волновым фронтом акустического пучка и лазерным лучом настраивается полоса рабочих частот.

На рис. 2 изображена зависимость интенсивности дифрагированного пучка от частоты сигнала, снятая с характериографа. Характериограф работает в режиме линейно-частотно-модулируемого сигнала в диапазоне от 500 до 1200 МГц и длительностью развертки 0,5 с.

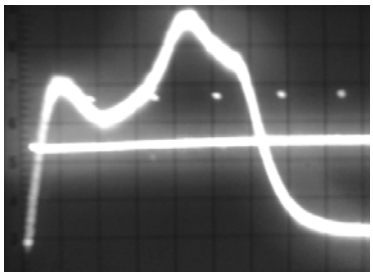


Рис. 2. Полоса рабочих частот АО-модулятора

На диаграмме частотные метки расположены с периодом 100 МГц. Начало развертки положено на 600 МГц.

Заключение. Изготовлен АО-модулятор с длиной набора ВШП 6 мм, периодом расположения электродов 400 мкм и шириной электрода 200 мкм.

Для полученного модулятора была измерена рабочая полоса, которая примерно составляет 400 МГц в диапазоне от 550 до 950 МГц, что совпадает с расчетными значениями, полученными описанной выше методикой.

Литература

1. Магдич Л.Н., Молчанов В.Я. Акустооптические устройства и их применение / Л.Н. Магдич, В.Я. Молчанов. М.: Советское радио, 1978. 112 с.

2. Пуговкин А.В., Серебренников Л.Я., Шандаров С.М. Введение в оптическую обработку информации. Томск.: Изд-во ТГУ, 1981. 60 с.

3. Демидов А.Н. Акустооптоэлектронные устройства обработки радиосигналов, методы и техника эксперимента: метод. пособие / А.Н. Демидов, А.В. Пуговкин, Л.Я. Серебренников, С.М. Шандаров. Томск: Изд-во ТИАСУР, 1988. 28 с.

4. Elastic and elastooptic properties of $KTiOPO_4$ / Zubrinov, V.K. Sapozhnikov, E.V. Pestrykov and V.V. Atuchin // Fundamental Problems of Optoelectronics and Microelectronics. June 16. 2003. Vol. 249.

5. Сильвестрова И.М. Упругие и пьезоэлектрические свойства кристаллов $KTiOPO_4$ // Кристаллография. 1992. Т. 37, №5. С. 1227–1231.

УДК 620.97;621.31

СИСТЕМНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Д.В. Дубинин, В.Е. Лаевский (V. Geringer), В. Поль (V. Pohl), Дж. Хайлиг (J. Heilig)

Представлена установка тестирования работы солнечных батарей в реальных условиях эксплуатации. Системный комплекс позволяет проводить анализ энергетической эффективности стационарно установленных элементов с элементами, находящимися на платформе двухосевой/одноосевой системы автоматического слежения за углом стояния Солнца, исследовать процессы и создавать модели потери производительности за счёт старения элементов, сопоставлять характеристики батарей различных технологий и производителей и их соответствие компьютерным моделям.

Ключевые слова: солнечная батарея, выходная мощность, энергетическая эффективность, модуль экстремального регулирования.

Актуальность проблемы. В настоящее время широкое применение находят системы преобразования солнечной энергии в электричество. Солнечная энергия широко доступна и обладает безграничными ресурсами. Это направление является наиболее перспективным и активно развиваемой отраслью экологически чистых регенеративных источников энергии. Для прямого преобразования солнечной энергии в электрическую используется явление фотоэффекта. Коэффициент преобразования солнечной энергии фотоэлектрических установок в электричество имеет небольшое значение. В настоящее время средний коэффициент полезного

действия солнечных батарей массового производства составляет 13–18%. Суммарная эффективность большинства индустриальных солнечных полупроводниковых систем электроснабжения не превышает 8–12% [1].

В связи с этим на базе кафедры регенеративных источников энергии (Faculty of Engineering / Studiengang TEU) в г. Фридрихсхафен была поставлена задача создания системного комплекса тестирования солнечных панелей разных производителей в реальных режимах эксплуатации с целью сравнения основных характеристик, проведения анализа энергетической эффективности стационарно установленных элементов с элементами, находящимися на платформе двухосевой системы автоматического слежения за углом стояния Солнца, а также исследования процессов и создания адекватных им компьютерных моделей потери производительности солнечных батарей за счёт их старения.

Краткое техническое описание комплекса. Исследуемые солнечные панели были разделены на две группы. Первая группа солнечных батарей состоит из 40 панелей, расположенных на крыше контейнера. Конструкция позволяет менять наклон батарей к плоскости крыши. Всего возможны шесть фиксированных положений.

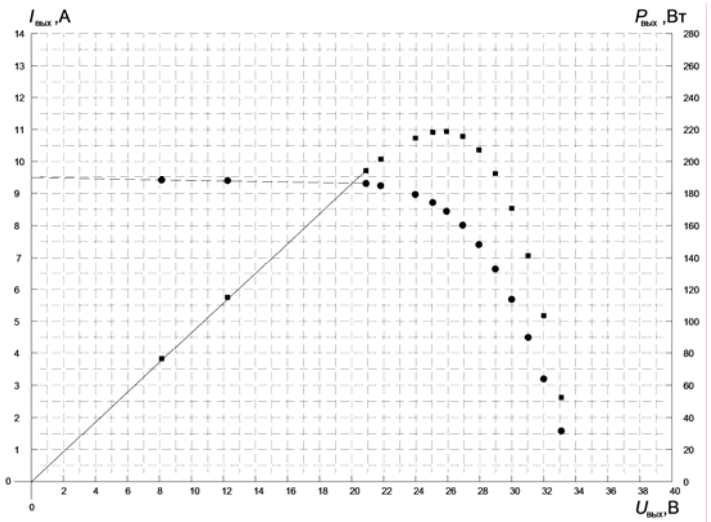
Вторая группа солнечных батарей размещена на платформе двухосевой системы автоматического слежения фирмы «DEGERenergie GmbH». Система DEGERtraker 5000HD позволяет сохранять нормальное положение Солнца относительно плоскости несущей платформы. Сектор поворота платформы по азимуту составляет 300 град, по углу места от 20 до 90 град. Максимальная площадь несущей платформы составляет 43,5 м^2. В год система слежения DEGERtraker 5000HD потребляет 8 кВт·ч. Общий вид комплекса показан рис. 1.

Рис. 1. Вид системного комплекса

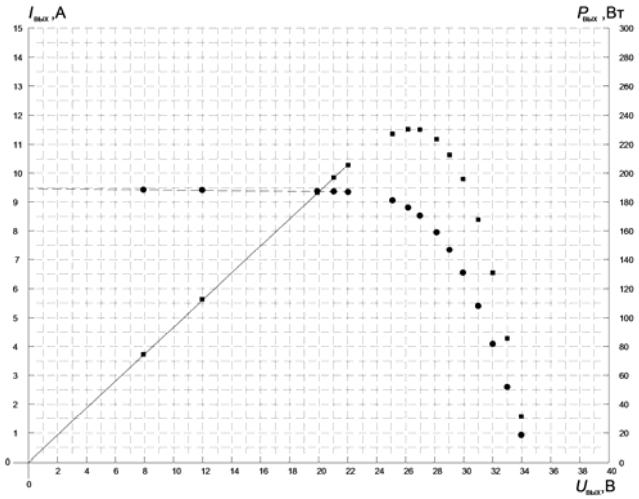
При выборе солнечных батарей предпочтение было отдано изделиям тех фирм, которые наиболее распространены на рынке Европы в этой области: SW270 MONO фирмы Solar World, LG280N1C фирмы LG, SI M 60 260 фирмы Bosch, 255 W 60M фирмы Asola, SF220 245W фирмы Hanwha, KD245GH-4YB2 фирмы Kyocera, REC245PE фирмы REC, UF L 95-115 фирмы Q. Cells.

Такой выбор позволяет проводить исследования различных технологий создания солнечных батарей, изготовленных из монокристаллического (панели фирм SolarWorld, LG, Bosch, Asola) и мультикристаллического (панели фирм Hanwha, Kyocera, REC) кремния, а также тонкоплёночных фотоэлектрические преобразователей фирмы Q. Cells.

ВАХ солнечных батарей были измерены с помощью анализатора I-V400 HT-Instruments, который позволяет проводить измерения и протоколирование плотности потока мощности солнечного освещения, температурные измерения рабочего режима солнечной батареи. Измерения могут проводиться как для отдельных модулей, так и последовательно соединённых батарей. После обработки экспериментальных данных были получены значения напряжений холостого хода (U_{XX}), токов короткого замыкания (I_{K3}), значений напряжений (U_{MMP}) и токов (I_{MMP}) в точке максимальной мощности MPP (Maximum Power Point), расчёт коэффицента заполнения *FF* (Fill Factor) для каждой солнечной панели. Результаты измерений приведены на рис. 2.

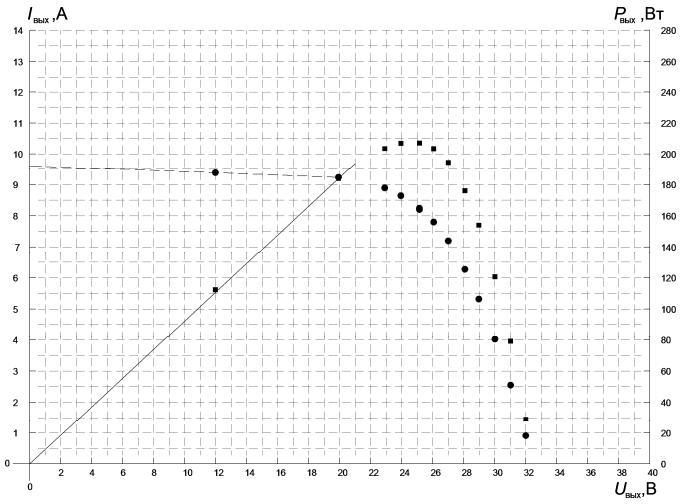


SW 270 MONO

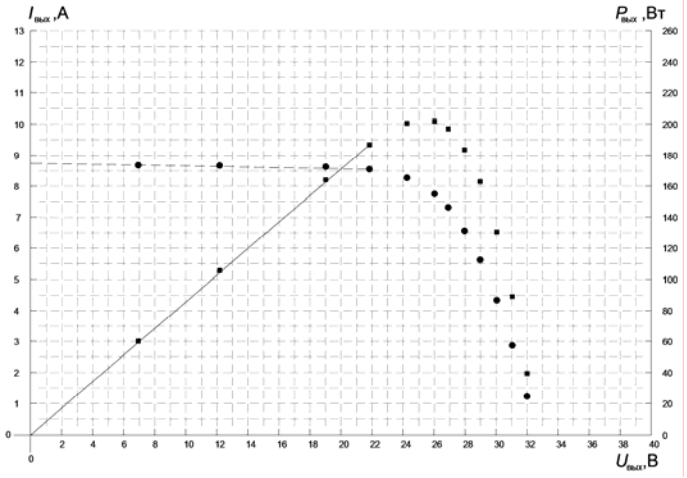


LG 280 N1C

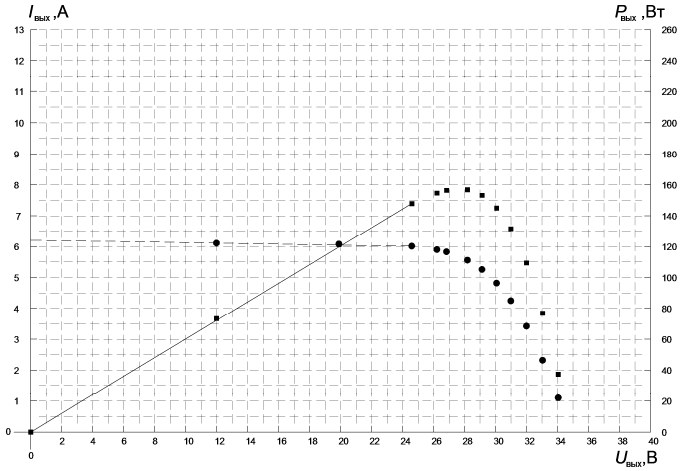
Рис. 2 (начало)



CSIM 60260

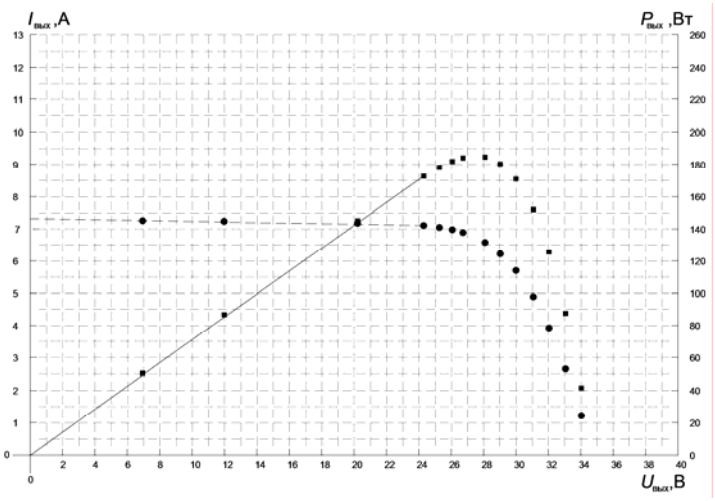


255 W 60M

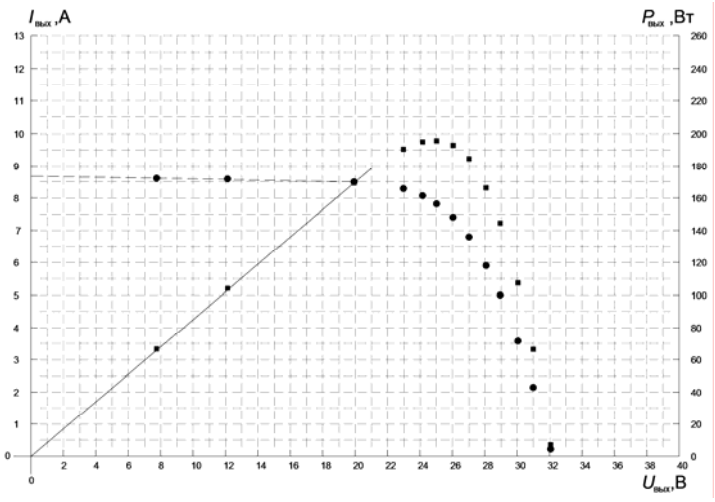


SF 22030 P 245

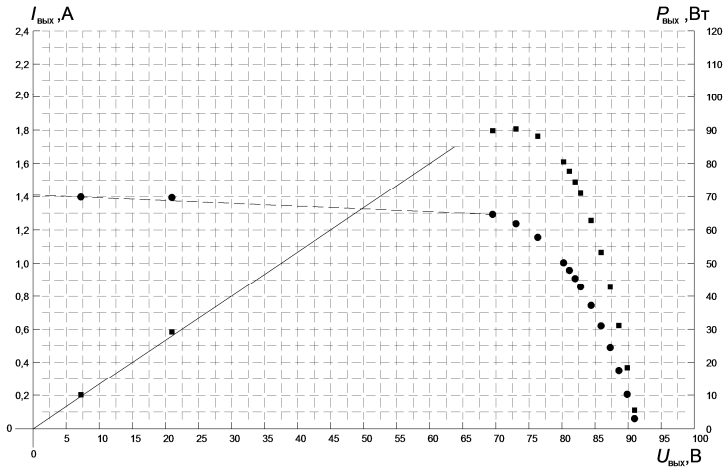
Рис. 2 (Продолжение)



KD 245 GH-2YB



REC 245 PE



SMART UF L 115

Рис. 2 (окончание). ВАХ солнечных батарей

Максимальный сбор мощности от солнечной батареи возможен только при осуществлении непрерывного регулирования положения рабочей точки в области MPP [1, 2]. Чтобы это обеспечить, в дальнейшем планируется установить на каждой солнечной батарее модуль экстремального регулирования мощности фирмы «SolarEdge». Данный модуль позволяет производить поиск рабочей точки в интервале от 5 до 75 В, с максимальным входным током до 10 А. Ожидаемая усреднённая точность регулирования экстремума мощности солнечной батареи 98,8%, максимальная – 99,5%. Энергия, производимая системным комплексом, будет сохраняться в блоке «Engion Family» фирмы BARTA. Базовая платформа допускает аккумулировать энергию от 3,7 до 13,8 кВт·ч. Это решение позволит при необходимости использовать системный комплекс в автономном режиме работы. Избыток выработаной энергии планируется передавать в центральную систему электроснабжения г. Фридрихсхафена.

Заключение. В данной работе дано краткое описание системного комплекса тестирования работы солнечных батарей в реальных режимах эксплуатации. Приведены направления возможных исследований. Проект финансируется в рамках развития кафедры регенеративных источников энергии DHBW-Ravensburg. Финансирование произвоится министерством образования земли Баден-Вюртемберга.

Литература

1. Шиняков Ю.А. Повышение энергетической эффективности автономных фотоэлектрических энергетических установок / Ю.А. Шиняков, Ю.А. Шурыгин, О.Е. Аркатова // Доклады ТУСУРа. 2010. №2(22), ч. 2. С. 102–107.

2. Шиняков Ю.А. Сопоставительный анализ энергетической эффективности преобразования энергии солнечной батареи преобразователями постоянного напряжения / А.В. Осипов, Ю.А. Шиняков, Ю.А. Шурыгин, А.И. Отто, М.М. Черная // Доклады ТУСУРа. 2013. № 1(27), ч. 1. С. 14–19.

УДК 621.372.8

ЧИСЛОВАЯ АПЕРТУРА МИКРОСТРУКТУРИРОВАННОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА С КАНАЛАМИ, ЗАПОЛНЕННЫМИ РАСТВОРОМ РОДАМИНА В ИЗОПРОПАНОЛЕ, ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТА

Д.А. Конкин, Н.А. Дашин, Р.В. Литвинов, А.А. Шибельгут

Представлены результаты экспериментального исследования зависимости числовой апертуры на выходе микроструктурированного оптического волокна с каналами, заполненными раствором родамина 6Ж в изопропаноле, от мощности лазерного источника возбуждения с длиной волны 532 нм.

Ключевые слова: микроструктурированное оптическое волокно, родамин в изопропаноле, нелинейный оптический отклик, числовая апертура.

Применение микроструктурированных оптических волокон для нелинейных преобразований оптических сигналов обладает рядом преимуществ перед обычными ступенчатыми волокнами. Во-первых, возможно создание оптических волокон, обладающих малым диаметром поля моды, что позволяет получить высокий нелинейный коэффициент [1–4]. Следующим их преимуществом является возможность создания волокон с заданной дисперсионной характеристикой, что

позволяет более эффективно использовать такие волокна для нелинейного преобразования сигналов [5–12]. Еще одним преимуществом такого типа волокон является возможность использования различных жидких и газообразных веществ для изменения их направляющих свойств [13–17]. В настоящее время данный тип волокон широко используется в различных системах, использующих оптическое преобразование сигналов, такое как генерация суперконтинуума [6–8], генерация стоксова и антистоксова излучения [9–12] и т.д.

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования зависимости числовой апертуры микроструктурированного оптического волокна на основе полиметилметакрилата (PMMA) с каналами, заполненными раствором родамина 6Ж в изопропаноле, от мощности лазерного источника возбуждения волокна. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Она состоит из лазера (*1*), работающего на длине волны 532 нм, с максимальной мощностью 200 мВт. Часть излучения отделялась с помощью светоделительного кубика (*2*) и регистрировалась измерителем мощности (*3*), что позволяло осуществлять контроль мощности лазера. Оставшаяся часть пучка вводилась в исследуемое оптическое волокно (*5*) с помощью системы ввода (*4*). На выходе волокна регистрировалась интенсивность поля в дальней зоне с помощью системы (*6*), содержащей цифровую камеру разрешением 2 Мп. В качестве образца использовался отрезок полимерного микроструктурированного волокна с эквивалентным градиентным профилем показателя преломления длиной 1 м. Заполнение волокна раствором осуществлялось за счет капиллярного эффекта, форсированного действием ультразвукового излучения. Для контроля процесса заполнения использовалась люминесценция раствора под действием излучения с длиной волны 532 нм.

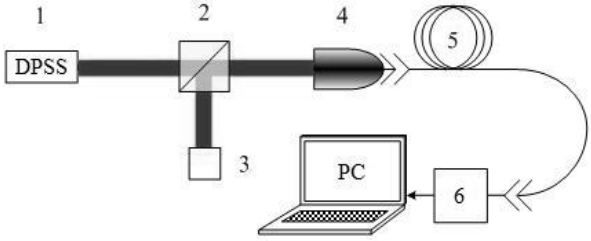
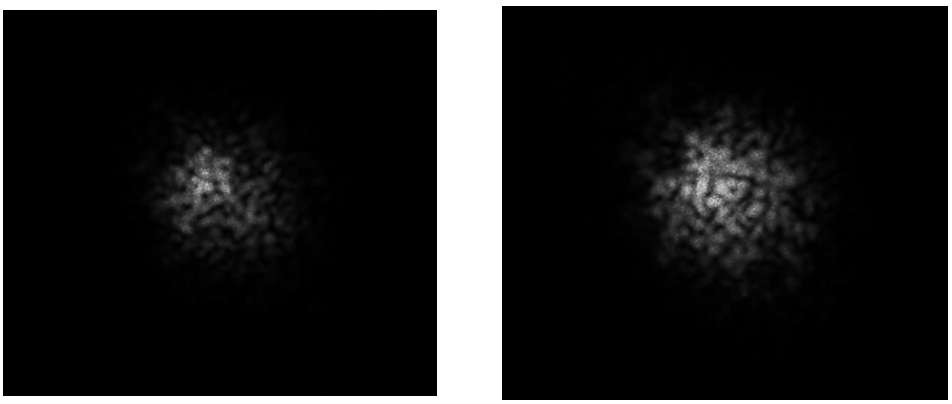


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

При увеличении мощности лазерного возбуждения исследуемого волокна, начиная с величины порядка 10 мВт, становились заметными изменения в распределении интенсивности на выходе волокна в дальней зоне. Характерные нормированные распределения поля представлены на рис. 2, *а* и *б* для мощности возбуждения 40 и 160 мВт соответственно. Как видно из представленного рисунка, при изменении мощности возбуждения происходит как изменение пространственного распределения поля на выходе волокна, так и изменение числовой апертуры волокна. При обработке экспериментальных результатов числовая апертура определялась по 5%-му уровню в распределении интенсивности поля в дальней зоне и усреднялась по всему угловому спектру.

Зависимость числовой апертуры от мощности возбуждения волокна представлена на рис. 3. Из полученных экспериментальных данных видно, что изменение числовой апертуры от мощности возбуждения на участке от 5 до 100 мВт является практически линейным. При превышении мощности 100 мВт наблюдается резкий скачкообразный рост числовой апертуры, который в экспериментах был хорошо заметен визуально. Такое поведение не характерно для оптических волокон, не обладающих нелинейным оптическим откликом.



а *б*

Рис. 2. Распределение интенсивности поля в дальней зоне для мощности возбуждения 40 мВт (*а*) и 160 мВт (*б*)

Как известно, в этом случае числовая апертура *NA* ступенчатых оптических волокон является постоянной величиной, которая хорошо описывается выражением [18]

$$NA = \sqrt{{n_{co}}^2 - {n_{cl}}^2} \,, \tag{1}$$

где n_{co} и n_{cl} – показатели преломления сердцевины и оболочки волокна, соответственно. Оценить изменения числовой апертуры оптических волокон за счет оптической нелинейности керровского типа [19] можно, полагая в формуле (1) показатель преломления сердцевины зависящим от световой интенсивности по линейному закону

$$n_{co} = n_0 + n_2 I \,, \tag{2}$$

где n_0 и n_2 – линейный и нелинейный показатели преломления соответственно. Из уравнений (1) и (2) следует, что для малых нелинейных возмущений $n_0 \gg n_2 I$ числовая апертура линейно зависит от интенсивности

$$NA \approx \sqrt{{n_0}^2 - {n_{cl}}^2} + n_2 I \,. \tag{3}$$

Заменяя реальное микроструктурированное волокно на эквивалентное ступенчатое с тем же самым диаметром модового поля d и учитывая отношение $I = 4P/\pi d^2$, связывающее интенсивность светового поля I со средней мощностью P, измеряемой фотодетектором, нетрудно получить связь числовой апертуры с мощностью источника возбуждения, которая будет иметь вид линейного соотношения $NA(P) = aP + b$. Подгонка этой линейной зависимости под экспериментальную зависимость числовой апертуры, полученную на интервале изменения мощности от 5 до 100 мВт (рис. 3), позволила определить показатель преломления оболочки эквивалентного волокна, равный n_{cl} = 1,489 (при показателе преломления сердцевины на основе ПММА n_{co} = 1,492), и нелинейный коэффициент, равный $n_2 = 6 \cdot 10^{-15}$ м^2/Вт. Полученная величина нелинейного коэффициента на несколько порядков больше, чем величина этого коэффициента у обычных кварцевых волокон и полимерных волокон на основе ПММА. Подобную большую величину коэффициента n_2 имеют некоторые типы полимеров [20] и стекла, легированных эрбием [21]. Следует отметить, что представленная выше

модель не объясняет скачкообразного изменения числовой апертуры при превышении мощности возбуждений пороговой величины порядка 100 мВт (см. рис. 3). Такие изменения могут быть вызваны изменением агрегатного состояния раствора, заполняющего каналы волокна, сопровождающегося резким изменением его оптических свойств.

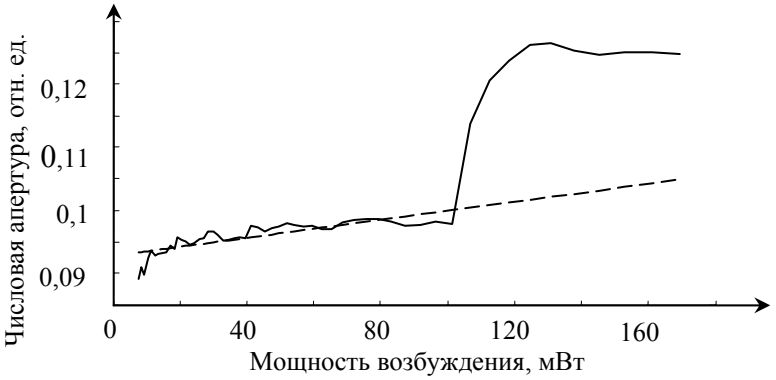


Рис. 3. Зависимость числовой апертуры на выходе волокна от мощности возбуждения (сплошная кривая) и её аппроксимация прямой (штриховая линия)

Таким образом, заполнение каналов полимерного микроструктурированного оптического волокна на основе PMMA раствором родамина 6Ж в изопропаноле приводит к значительному увеличению нелинейного оптического отклика, характерного для оптических волокон на основе специальных типов полимеров и легированных стекол.

Литература

1. Recent advances in highly nonlinear microstructured optical fibers for telecom applications / F. Poletti, X. Feng, A. Camerlingo, P. Petropoulos, W.H. Loh, D.J. Richardson // Proceedings of 2nd Workshop on Specialty Optical Fibers and Their Applications. 2010. P. 783903-1–783903-10.

2. Enhanced nonlinearity in photonic crystal fiber by germanium doping in the core region / T. Sun, G. Kai, Z. Wang et al. // Chinese Optics Letters. 2008. Vol. 6, № 2. P. 93–95.

3. Highly nonlinear and high numerical aperture bithmuth-based photonic crystal fiber / K. Arakaki, Y. Namihira, T. Kinjo et al. // Proceedings of The International Conference on Electrical Engineering. 2008. № O-066.

4. Linear and nonlinear characterizations of chalcogenide photonic crystal fibers / J. Fatome, C. Fortier, T.N. Nguyen et al. // IEEE Journal of Lightwave Technology. 2009. Vol. 27, Iss. 11. P. 1707–1715.

5. Multiplex Frequency Conversion of Subnanojoule Femtosecond Pulses in Microstructure Fibers / S.O. Konorov, A.B. Fedotov, W. Boutu et al. // Laser Physics. 2004. Vol. 14, № 1. P. 100–105.

6. Frequency-tunable supercontinuum generation in photonic-crystal fibers by femtosecond pulses of an optical parametric amplifier / A.B. Fedotov, A.N. Naumov, A.M. Zheltikov et al. // J. Opt. Soc. Am. B. 2002. Vol. 19, № 9. P. 2156–2164.

7. Nonlinear photonic crystal fiber with a structured multi-component glass core for four-wave mixing and supercontinuum generation / V. Tombelaine, A. Labruyère, J. Kobelke et al. // Optics Express. 2009. Vol. 17, № 18. P. 15392–15401.

8. Driben R., Zhavoronkov N. Effective Soliton Fusion Process at the Advanced Stage of Supercontinuum Generation in Photonic Crystal Fibers // Optics and Photonics Journal. 2012. Vol. 2. P. 211–215.

9. Andresen E.R., Keiding S.R., Potma E.O. Picosecond anti-Stokes generation in a photonic-crystal fiber for interferometric CARS microscopy // Optics Express. 2006. Vol. 14, Iss. 16. P. 7246–7251.

10. Zheltikov A.M. Microstructure-fiber frequency converters // Laser Phys. Lett. 2004. Vol. 1, № 5. P. 220–233.

11. Efficient and wavelength-tunable anti-Stokes frequency conversion with good beam quality in the fundamental mode of photonic crystal fiber / J.-H. Yuan, X.-Z. Sang, C.-X. Yu et al. // Appl Phys B. 2011. Vol. 105. P. 685–688.

12. Nonlinear wavelength conversion in photonic crystal fibers with three zero dispersion points / S.P. Stark, F. Biancalana, A. Podlipensky, P.St.J. Russell // Phys. Rev. A. 2011. Vol. 83. P. 023808-1–023808-5.

13. Propagation properties of photonic crystal fibers filled with nematic liquid crystals / T.R. Wolinski, K. Szaniawska, K. Bondarczuk et al. // Opto-Electron. Rev. 2005. Vol. 13, № 2. p. 177–182.

14. High Pressure Gases in Hollow Core Photonic Crystal Fiber: A New Nonlinear Medium / M. Azhar, G.K.L. Wong, W. Chang et al. Russell [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://arxiv.org/abs/1210.3482, свободный (дата обращения: 12.11.2013).

15. Couny F., Benabid F. Optical frequency comb generation in gas-filled hollow core photonic crystal fibres // J. Opt. A: Pure Appl. Opt. 2009. Vol. 11. P. 103002-1–103002-16.

16. Hollow-Core Photonic Crystal Fiber High-Pressure Gas Cell / Q. Sun, Q. Mao, E. Liu et al. // Proceedings of 19th International Conference on Optical Fibre Sensors. 2008. P. 700455-1–700455-4.

17. Nonlinear optics in hollow-core photonic crystal fiber filled with liquid argon / M. Azhar, G.K.L. Wong, W. Chang et al. // CLEO 2012: OSA technical digest – 2012.

18. Снайдер А. Теория оптических волноводов / А. Снайдер, Дж. Лав. М.: Радио и связь, 1987. 650 с.

19. Agrawal G.P. Nonlinear fiber optics. San Diego: Academic Press, 2007. 534 p.

20. Weber M.J. Handbook of optical materials. – New York: CRC Press, 2001. 499 p.

21. Nonlinear refractive index of erbium-doped Y_2O_3 integrated-optical waveguides / T.H. Hoekstra, B.J. Offrein, P.V. Lambeck, Th.J.A. Popma // Optics Letters. 1993. Vol. 18, № 20. P. 1718–1720.

УДК 621.396.621

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

А.А. Лукина, А.В. Максимов, М.В. Побаченко

Представлен информационно-измерительный комплекс для лабораторных работ по УПОС, использующий возможности? предоставляемые средой Labview.

Ключевые слова: LabVIEW, устройства приема и обработки сигналов, амплитудно-частотная характеристика, лабораторный комплекс.

Постановка задачи. В настоящее время оборудование лабораторий университетов устарело не только физически, но и морально, в связи с чем актуальна задача разработки устройств приема и обработки сигналов (УПОС) на новых принципах и современной элементной базе компонентов.

Современная элементная база позволяет реализовать в одном устройстве различные типы структурных схем приемников: супергетеродинной; прямого усиления; прямого преобразования.

Управление модулем УПОС также осуществляется с помощью программного обеспечения National Instruments – LabView. Среда разработки виртуальных приборов LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) используется в качестве стандартного инструмента для проведения измерений, анализа данных, управления приборами и исследуемыми объектами [1].

Структурная схема устройства приема и обработки сигналов. Для исследовательских целей приемник реализуется на основе трех схем: прямого преобразования, прямого усиления и супергетеродинного типа. Исходя из этого, устройство должно содержать следующие узлы: входные цепи, резонансный усилитель высокой частоты с регулировкой усиления и полосы пропускания, балансный смеситель с выходным фильтром, синтезатор частот (гетеродин), усилитель промежуточной частоты, детектор, усилитель низкой частоты, выходное устройство, микроконтроллер, а также устройства, имитирующие мешающие сигналы соседней станции и шумы [2]. Структурная схема модуля приведена на рис. 1.

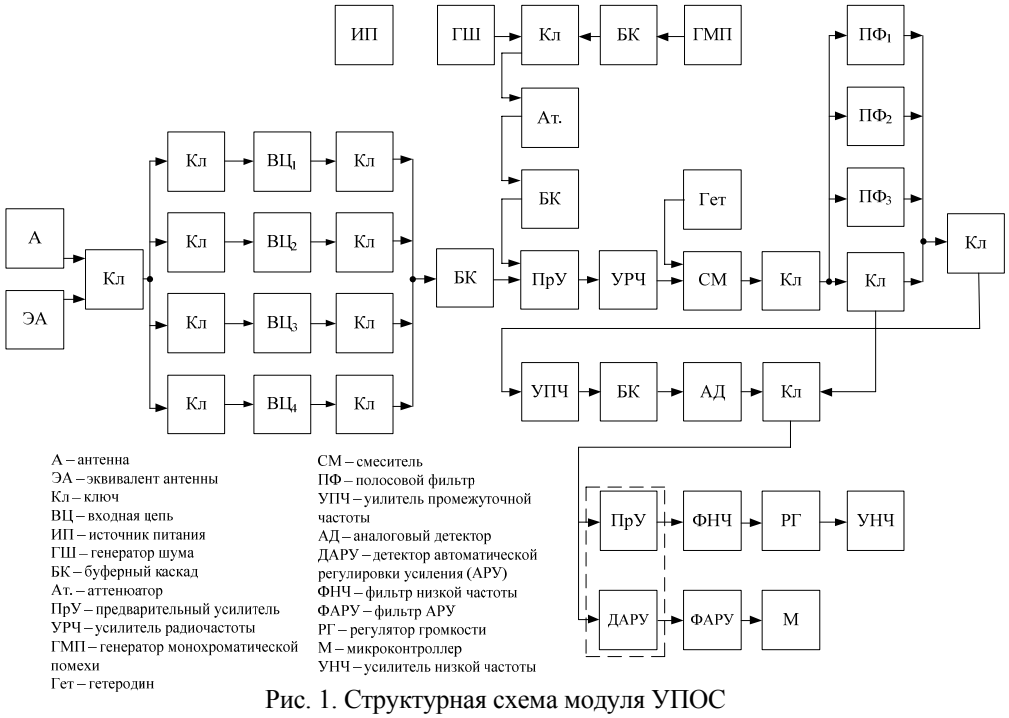


Рис. 1. Структурная схема модуля УПОС

Алгоритм программного обеспечения УПОС. В модуле УПОС осуществляется управление:

– выбором антенного входа или входа с генератора сигналов с эквивалентом антенны;

– переключением типов входных цепей;

– коэффициентами усиления трактов ВЧ и ПЧ;

– настройками частоты входных цепей и усилителя РЧ;

– избирательностью усилителя РЧ и тракта ПЧ;
– включением генератора шума и его амплитудой;
– включением узкополосной помехи, её частотой и амплитудой;
– частотой синтезатора гетеродина;
– усилением тракта НЧ и отключением выхода на динамическую головку.

Программное обеспечение. Программа состоит из нескольких модулей, каждый из которых отвечает за отдельный вид исследования [3]:

– установки;
– амплитудно-частотные характеристики (АЧХ);
– резонансные характеристики;
– спектральный анализ и осциллограммы.

Результаты работы

1) Исследование входных цепей.

Входным устройством (входной цепью) называется часть схемы приемника, связывающая антенну или антенный фидер со входом первого каскада приемника.

По типу связи различают ВЦ:

– с емкостной связью;
– с индуктивной (трансформаторной) связью;
– с комбинированной связью.

Параллельно включенные варикапы ВВ182 с катушкой индуктивности образуют контур ВЦ. Ёмкость варикапов при изменении на них напряжения смещения меняется в пределах 6–140 пФ. Напряжение смещения на варикапах регулируется с помощью широтно-импульсного модулятора (ШИМ) микроконтроллера, ФНЧ и УПТ. На рис. 2 и 3 приведены графики зависимостей напряжения смещения от резонансного коэффициента передачи и резонансной частоты при различных (одиночных) видах связи.

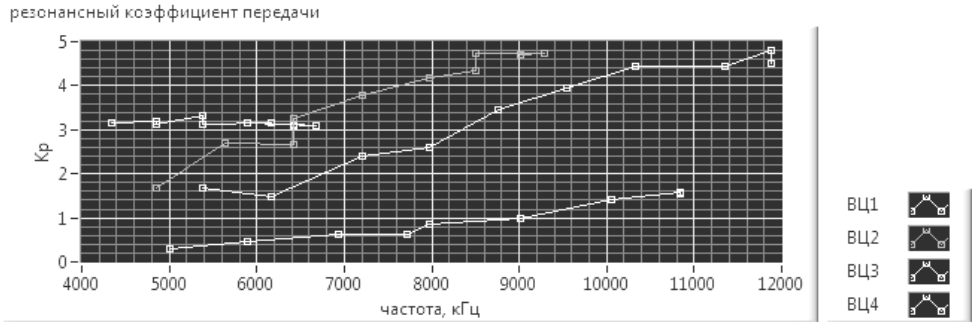


Рис. 2. График зависимости $K_p(f)$

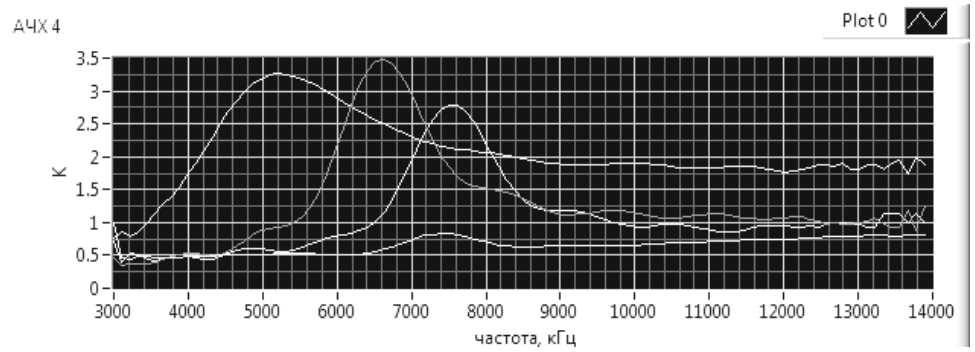


Рис. 3. АЧХ входных цепей

2) Исследование тракта усилителя радиочастоты.

Усилитель радиочастоты состоит из буферного каскада, резонансного усилителя, реализованных на операционных усилителях (ОУ) ADA4857-1, и усилителя с регулируемым коэффициентом усиления AD8324. Для согласования УРЧ с входными цепями необходимо вычислить коэффициенты формулы сопряжения. Для этого нужно описать характеристику, приведенную на рис. 4, соответствующей формулой.

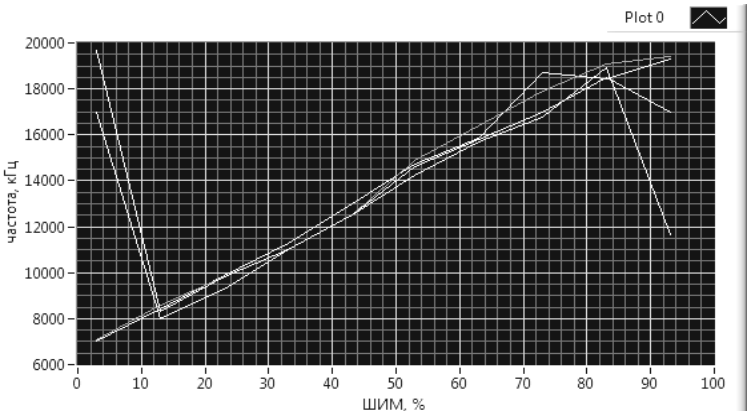


Рис. 4. График зависимости резонансной частоты от напряжения на варикапе УРЧ

Вставляем коэффициенты в соответствующие окна и снимаем график зависимости $K_p(f)$.

Исследуем влияние шунтирования на характеристики УРЧ при различных видах связи.

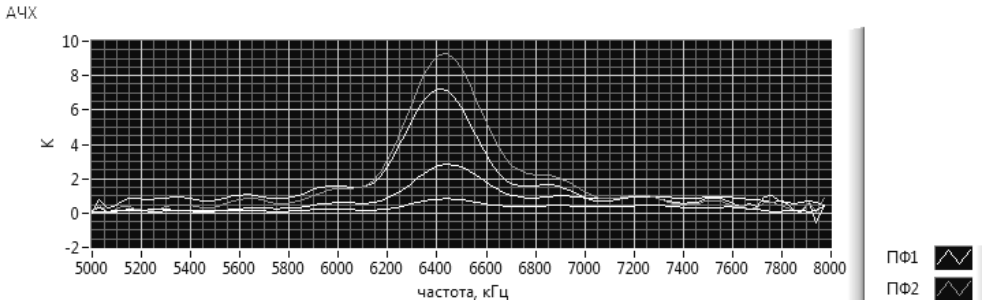


Рис. 5. АЧХ на резонансной частоте 6,4 МГц без шунтирования с различными видами связи входных цепей

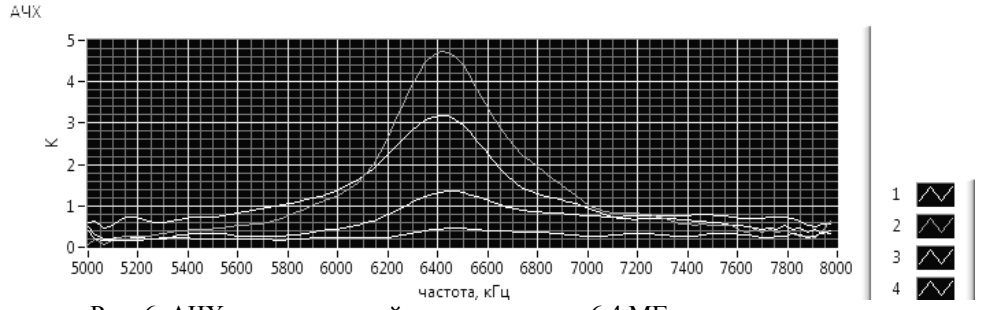


Рис. 6. АЧХ на резонансной частоте частоте 6,4 МГц с шунтированием

Как видно из рис. 5 и 6, при шунтировании добротность падает, а полоса увеличивается, что соответствует теории. УРЧ являются более узкополосными и выделяют необходимую частоту более точно.

3) Исследование преобразователя частоты.

Преобразователь частоты состоит из двойного балансного смесителя и синтезатора частоты. Благодаря тому, что гетеродин реализован на микросхеме синтезатора частоты с прямым цифровым синтезом, можно реализовать три вида приемников:

- приемник прямого усиления $f_{гет}$= 0 (90 град перекос);
- приемник прямого преобразования $f_{гет}=f_{сиг}$;
- супергетеродинный приемник $f_{гет}=f_{сиг}-f_{пр}$, где $f_{пр}$= 455 кГц.

На рис. 7–12 приведены внешний вид и спектр сигнала на выходе смесителя.

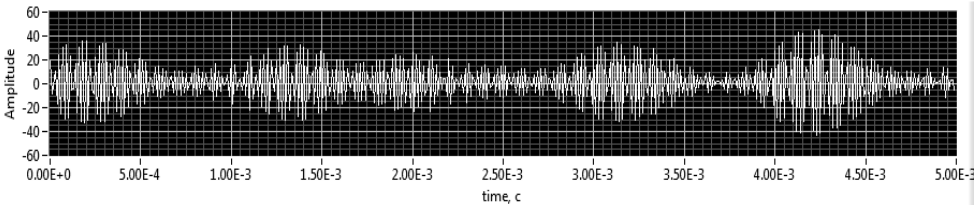


Рис. 7. Вид сигнала супергетеродинного приемника на выходе смесителя

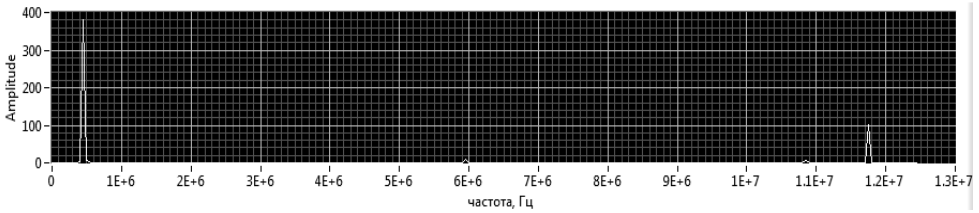


Рис. 8. Спектр сигнала супергетеродинного приемника на выходе смесителя

Супергетеродинный приемник переносит сигнал на низкие частоты (в нашем случае 455 кГц).

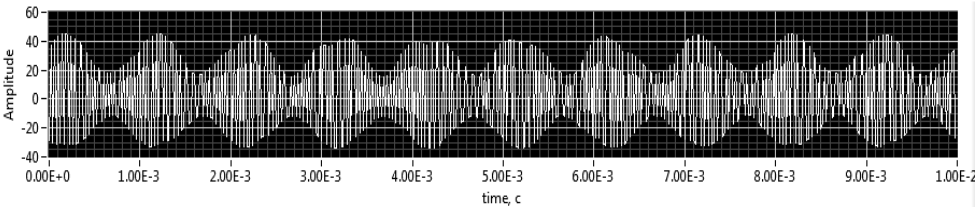


Рис. 9. Вид сигнала приемника прямого усиления на выходе смесителя

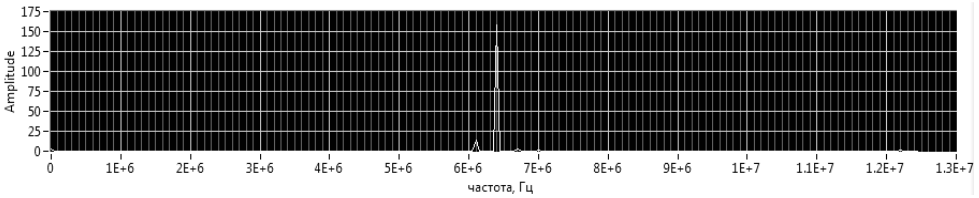


Рис. 10. Спектр сигнала приемника прямого усиления на выходе смесителя

Приемник прямого усиления не преобразовывает входной сигнал. В нашем случае смеситель усиливает входящий сигнал за счет дифференциального усили-

теля, встроенного в двойной балансный смеситель. Этот приемник является простейшим и имеет низкую избирательность по соседнему каналу, так как не имеет фильтров УПЧ.

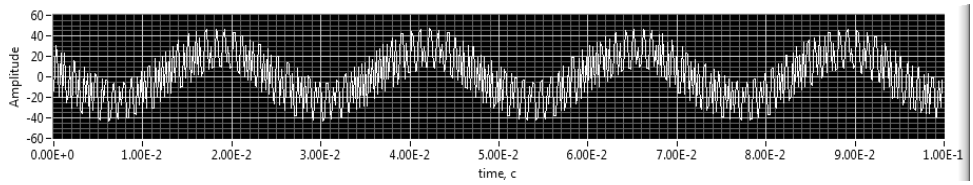


Рис. 11. Вид сигнала приемника прямого преобразования на выходе смесителя

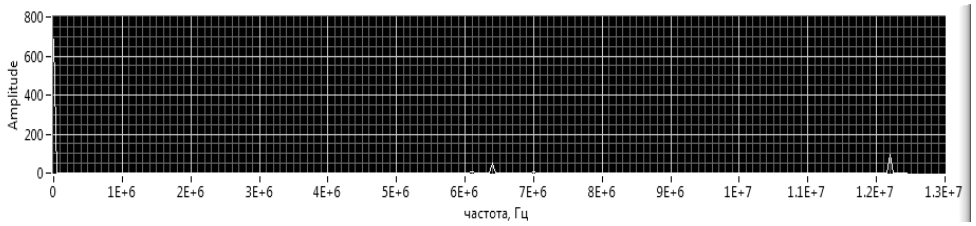


Рис. 12. Спектр сигнала приемника прямого преобразования на выходе смесителя

Приемник прямого преобразования переносит высокочастотный сигнал на нулевую частоту. Считается более простым, так как нет необходимости в УПЧ и детекторе. Ранее такие приемники практически не применялись из-за значительной нестабильности обычных LC-генераторов гетеродинов.

В данной части дается базовое представление о различных видах приемников.

4) Исследование тракта усилителя промежуточной частоты.

Тракт промежуточной частоты радиоприемника отвечает за формирование и преобразование промежуточной частоты. Формирование промежуточной частоты происходит в смесителе, а далее уже идет тракт ее усиления от выхода смесителя до входа детектора.

В модуле УПОС выбрана промежуточная частота 455 кГц и соответствующие фильтры с полосой пропускания 4, 15, 36, кГц (рис. 13).

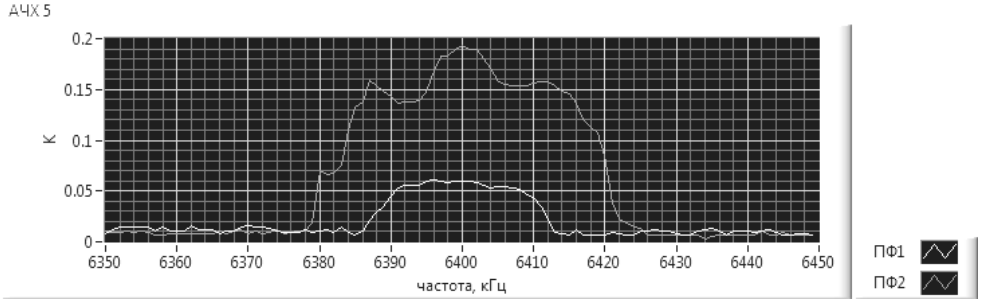


Рис. 13. АЧХ фильтров с полосой 36 и 15 кГц

5) Исследование влияния помех на сигнал.

Монохроматическая помеха

В качестве генераторов монохроматической помехи и гетеродина используются микросхема AD9834, синтезатор частоты, основанный на методе прямого цифрового синтеза.

Монохроматическая помеха имитирует сигнал соседней станции. На рис. 14–17 показано прохождение помехи через УПОС.

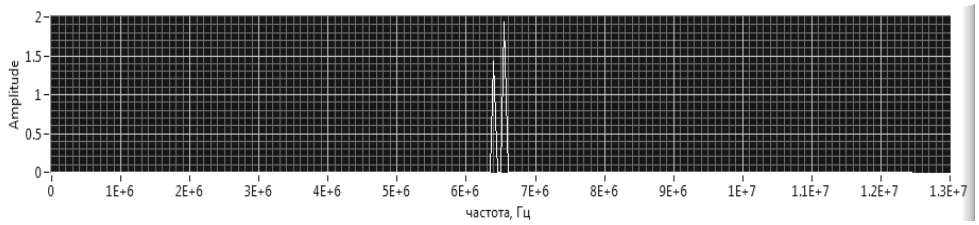


Рис. 14. Спектр сигнала с помехой на КТ ВЦ

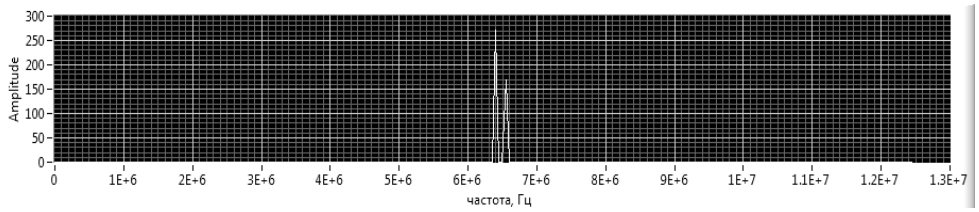


Рис. 15. Спектр сигнала с помехой на КТ УРЧ

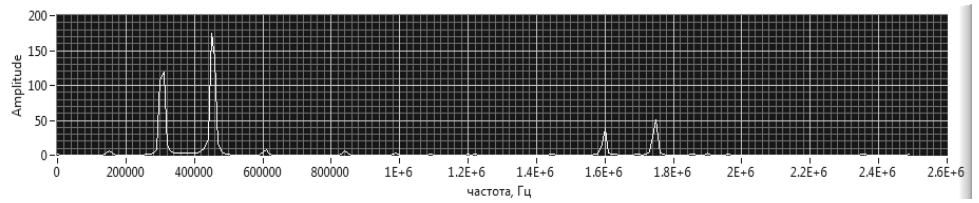


Рис. 16. Спектр сигнала с помехой после преобразования

После преобразования помеха перенесена вместе с сигналом и образовала комбинационные составляющие которые видны на рис. 16.

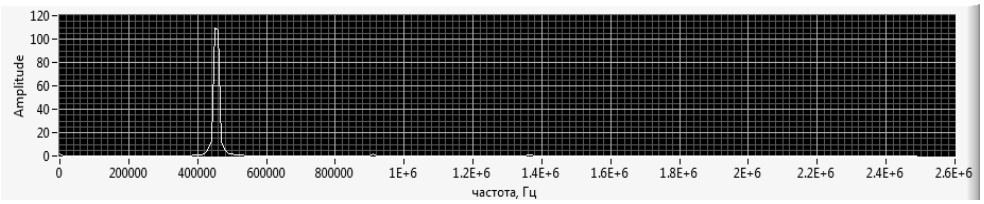


Рис. 17. Спектр сигнала с помехой на КТ УПЧ

Узкополосные фильтры после преобразователя выделяют только полезный сигнал на частоте 455 кГц, что и видно на рис. 17.

Белый шум

Генератор шума выполнен на формирователе ПСП 2^{23}-1. При тактовой частоте много больше частоты сигнала, можно утверждать, что для полезного сигнала такой сигнал будет выглядеть как «белый» шум.

На рис. 18–21 показано прохождение шума через УПОС.

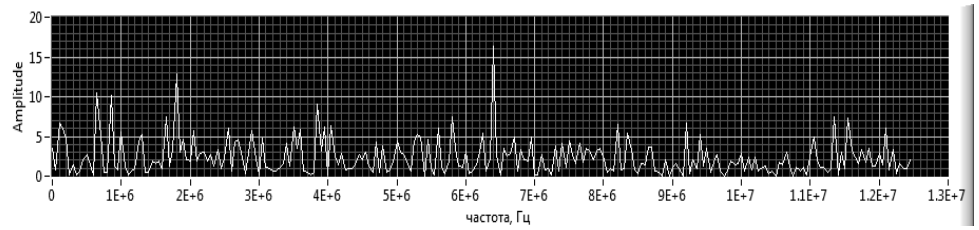


Рис. 18. Спектр сигнала с шумом на КТ ВЦ

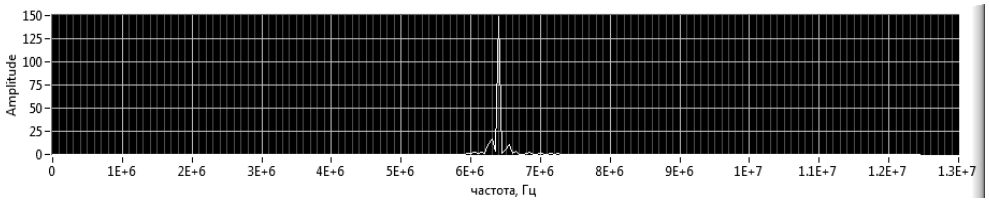


Рис. 19. Спектр сигнала с шумом на КТ УРЧ

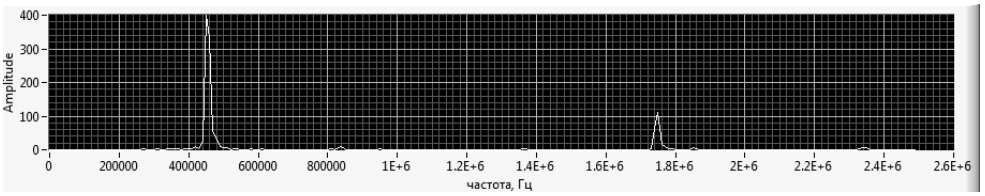


Рис. 20. Спектр сигнала с шумом после преобразования

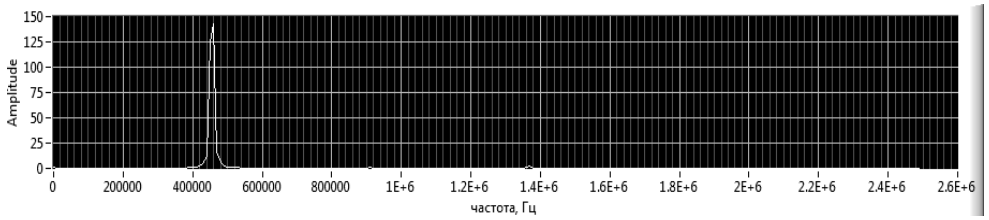


Рис. 21. Спектр сигнала с шумом на КТ УПЧ

Белый шум имитирует фоновые помехи, которые присутствуют всегда. Как видно из рисунков УПОС успешно фильтрует (подавляет) шумы. Успешность подавления зависит от уровня сигнала и уровня шума.

6) Исследование детектора.

На структурном уровне детектор состоит из выпрямителя и фильтра низких частот. Выпрямитель реализуется по схеме точного выпрямителя. Выделение звуковой частоты осуществляется ФНЧ. Предварительно перед подачей на ФНЧ сигнал усиливается. Вид сигнала на выходе детектора показан на рис. 22–23.

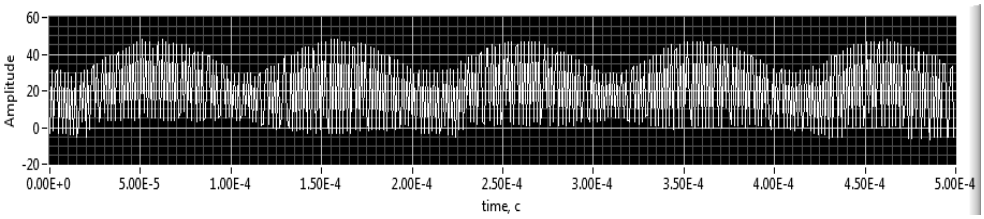


Рис. 22. Вид выпрямленного сигнала

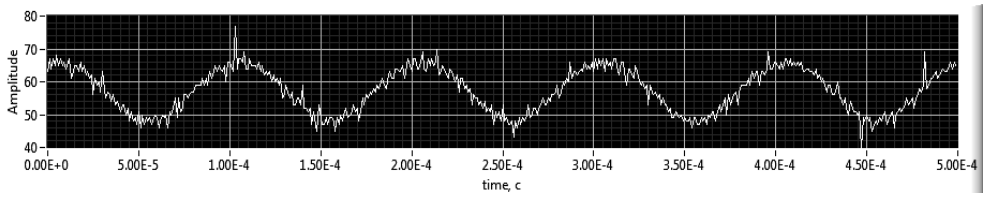


Рис. 23. Вид продетектированного сигнала

Выводы. Разработана информационно-измерительная система с применением среды Labview: осциллографа, генератора, характериографа, спектроанализатора и УПОС с реальными и виртуальными приборами. Разработанная ИИС предназначена для изучения студентами устройств, процессов и характеристик, рассматриваемых в дисциплине УПОС.

Литература

1. Бутырин П.А., Васьковская Т.А., Каратаева В.В., Материкин С.В. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 / Под ред. А.П. Бутырина. М.: ДМК Пресс, 2005. 264 с.

2. Побаченко М.В., Максимов А.В. Приемник амплитудно-модулированных сигналов // Матер. докл. междунар. науч.-практ. конф. (8–10 ноября 2012 г.): в 2 ч. Ч. 2. Томск: В-Спектр, 2012. С. 116–120.

3. Лукина А.А., Максимов А.В. Информационно-измерительная система для исследования характеристик устройств приёма и обработки сигналов // Матер. докл. междунар. науч.-практ. конф. (8–10 ноября 2012 г.): В 2 ч. Ч. 2. Томск: В-Спектр, 2012. С. 112–116.

УДК 62-533.7

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ АМПЛИТУДОЙ МОЩНЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С СОГЛАСОВАННЫМ ВХОДОМ

А.А. Титов

Рассмотрено устройство управления амплитудой мощных гармонических сигналов, в котором использован эффект двухстороннего ограничения мощных сигналов биполярным транзистором с закрытыми переходами. Согласование по входу, в процессе управления, достигается благодаря применению последовательного включения двух направленных ответвителей.

Ключевые слова: управление, амплитуда, согласование, мощность.

Недостатком известных схемных решений построения устройств управления (УУ) амплитудой гармонических сигналов является их малая выходная мощность [1]. Задача построения устройств управления амплитудой мощных электрических сигналов успешно решается благодаря использованию свойства биполярного транзистора с закрытыми переходами по двухстороннему ограничению мощных сигналов [2].

Постановка задачи. Различные схемные решения построения УУ амплитудой мощных гармонических сигналов, в которых использован эффект двухстороннего ограничения мощных сигналов биполярным транзистором с закрытыми переходами, описаны в [3–8]. Недостатком указанных УУ является большой коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) как по входу, так и по выходу. Это обусловлено изменением среднего за период сопротивления управляющего биполярного транзистора в процессе регулирования.

Устройство управления с согласованным входом. Для создания УУ с согласованным входом в [9] предложено использовать устройство независимого сложения сигналов изображения и звукового сопровождения телевизионных передатчиков, выполненное на двух включенных последовательно направленных

ответвителях [10]. На рис. 1 приведена принципиальная схема УУ, в котором использованы достоинства схемных решений, описанных в [8, 9], где $U_{упр}$ – напряжение управления, НО1 и НО2 – направленные ответвители (НО).

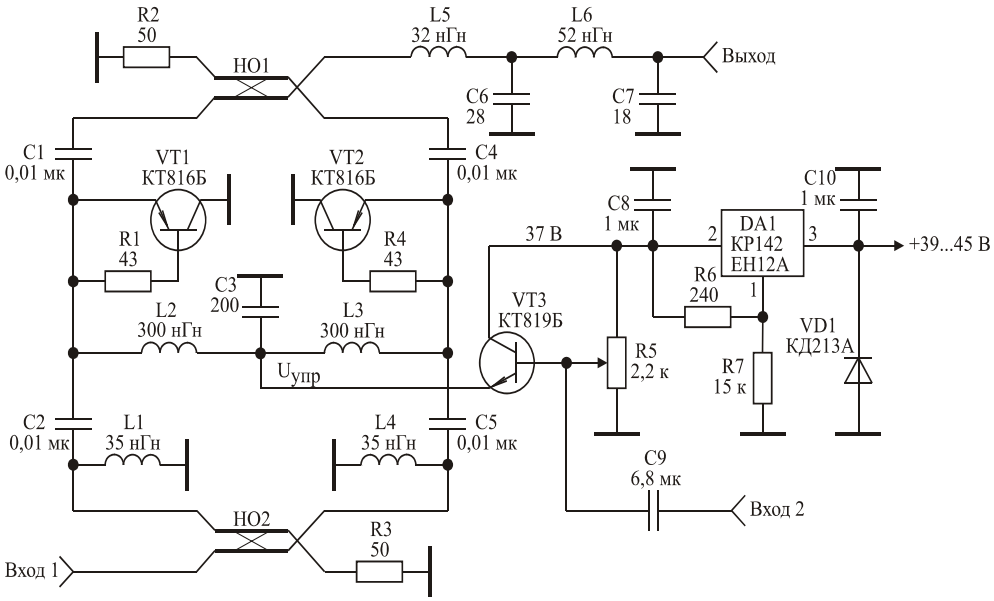


Рис. 1. Устройство управления с согласованным входом

Согласованное устройство управления амплитудой мощных гармонических сигналов предназначено для использования в согласованных трактах и работает следующим образом. Высокочастотный управляемый сигнал подается на вход *1*, поступает на вход второй линии второго направленного ответвителя НО2 и делится на две части, которые проходят на вход его первой линии и выход второй линии. Далее эти сигналы проходят через конденсаторы С1, С2 и С5, С4 и поступают на вход второй линии и выход первой линии первого направленного ответвителя НО1. Складываясь в фазе на первом направленном ответвителе НО1, управляемый сигнал поступает на выход устройства управления.

В моменты, когда переходы эмиттер–коллектор транзисторов VT1 и VT2 оказываются открытыми, вход первой линии и выход второй линии второго направленного ответвителя НО2 оказываются рассогласованными. Отраженные от мест рассогласования сигналы складываются в фазе в балластном резисторе R3 второго направленного ответвителя НО2. В этом случае в процессе управления не возникает переотражений между входом УУ и выходом генератора высокочастотного управляемого сигнала. Отсутствуют и искажения сигнала на выходе устройства управления, обусловленные указанными переотражениями.

Элементы L5, L6, C6, C7 образуют фильтр нижних частот, предназначенный для фильтрации высших гармонических составляющих в спектре выходного сигнала УУ. Элементы L2, L3, C3 устраняют шунтирование высокочастотного тракта малым выходным сопротивлением устройства формирования напряжения управления на транзисторе VT3. Индуктивности L1 и L4 совместно с емкостями коллекторных переходов транзисторов VT1 и VT2 образуют параллельные коле-

бательные контуры, уменьшающие начальные потери в УУ, обусловленные шунтированием высокочастотного тракта указанными емкостями.

Изготовление и настройка УУ состоят из следующих этапов. Печатная плата (рис. 2) размером 98×85 мм изготавливается из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 2…3 мм. Для удобства изготовления печатной платы на рис. 2 показана миллиметровая сетка.

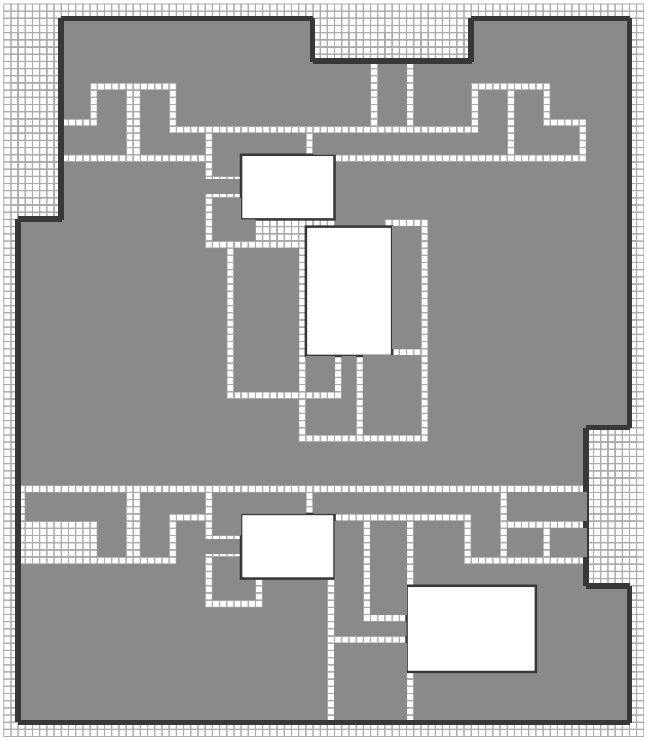


Рис. 2. Печатная плата устройства управления

На рис. 3 показано расположение элементов устройства управления. Пунктирной линией показаны места металлизации торцов печатной платы, что необходимо для устранения паразитных резонансов и заземления нужных её участков. Особо следует иметь в виду необходимость металлизации торцов платы в местах припаивания коллекторов транзисторов VT1 и VT2.

На рис. 4 приведена фотография внешнего вида устройства управления.

Технические характеристики устройства управления:

• рабочий диапазон частот …… 180…220 МГц;
• максимальная амплитуда входного сигнала ……50 В;
• диапазон регулирования амплитуды выходного сигнала ……..3…46 В;
• подавление высших гармоник на выходе, не менее …….30 дБ;
• максимальная частота модулирующего сигнала ……..100 кГц;
• коэффициент стоячей волны напряжения по входу, не более ……1,6;
• при работе в режиме ограничителя изменение амплитуды входного сигнала в диапазоне 8…50 В приводит к изменению амплитуды выходного сигнала в пределах ……..….4,5…5 В;
• сопротивление генератора и нагрузки …….50 Ом.

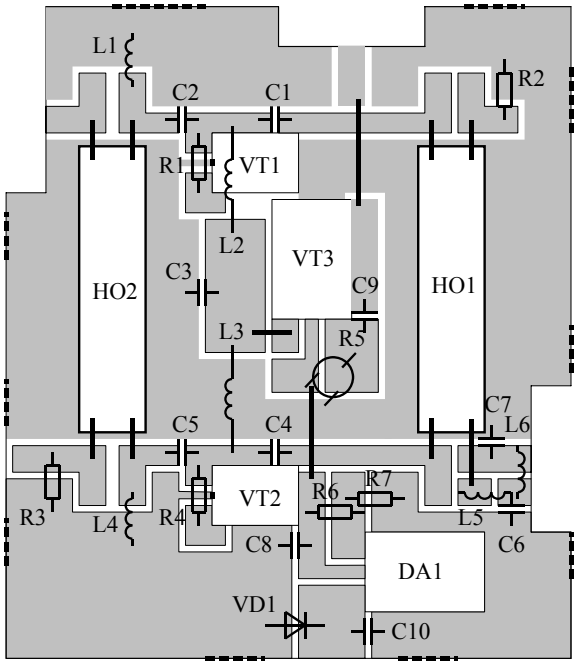


Рис. 3. Расположение элементов устройства управления

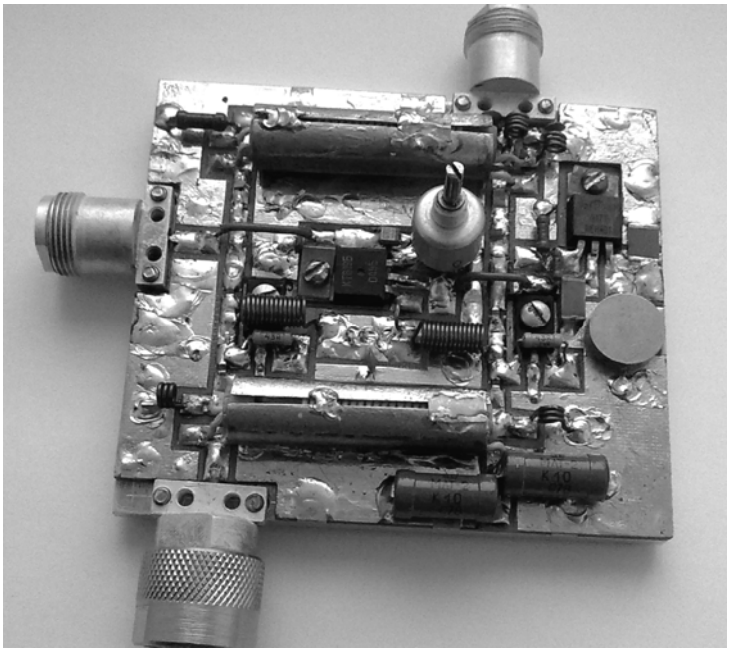


Рис. 4. Общий вид устройства управления

Расчет элементов УУ для требуемого диапазона частот и заданных равных значений сопротивлений генератора и нагрузки может быть осуществлен по следующим соотношениям.

Элементы фильтра нижних частот определяются по формулам:

$$L5 = \frac{0{,}817\,R_{н}}{2\,\pi f_0};\quad L6 = \frac{1{,}31\,R_{н}}{2\,\pi f_0};\quad C6 = \frac{1{,}77}{2\pi f_0 R_{н}};\quad C7 = \frac{1{,}11}{2\pi f_0 R_{н}},$$

где $R_{н}$ – сопротивление нагрузки устройства управления; f_0 – центральная частота сигналов, подаваемых на вход устройства управления.

Разделительные конденсаторы C1, C2, C4, C5 и элементы цепи управления L2, L3, C3 рассчитываются исходя из неравенств:

$$C1 = C2 = C4 = C5 \geq \frac{200}{2\pi f_0 R_{н}};\quad L2 = L3 \geq \frac{10\,R_{н}}{2\,\pi f_0};\quad C3 \geq \frac{12}{2\pi f_0 R_{н}}.$$

Резисторы R1 и R4 определяют линейность зависимости выходного напряжения УУ от напряжения управления $U_{упр}$ и находятся экспериментально либо в процессе расчетов. Оптимальное значение сопротивлений резисторов R1 и R4 зависит от типа используемого управляющего транзистора и лежит в пределах от 10 до 400 Ом. В качестве начального приближения можно принять:

R1 = R4 = 60 Ом.

Резисторы R2 и R3 являются балластными и выбираются равными сопротивлению нагрузки:

$$R2 = R3 = R_{н}.$$

Транзисторы VT1 и VT2 выбираются из условий:

$$I_{к\,доп} \geq U_{вх\,max} / \sqrt{2} R_{н};\quad P_{к\,доп} \geq U^2_{вх\,max} / 4R_{н};$$

$$U_{кэ\,доп} \geq U_{вх\,max};\quad C_{к} \leq 3/\pi f_0 R_{н},$$

где $I_{к\,доп}$ – максимально допустимый ток коллектора; $U_{вх\,мах}$ – максимальное значение амплитуды сигнала, подаваемого на вход устройства управления; $P_{к\,доп}$ – максимально допустимая рассеиваемая мощность коллектора; $U_{кэ\,доп}$ – максимально допустимое напряжение коллектор–эмиттер; $C_{к}$ – емкость коллекторного перехода транзисторов VT1 и VT2, определенная при напряжении коллектор–эмиттер, равном значению $U_{вх\,мах}$.

Минимальная величина индуктивности катушек индуктивности L1 и L4 находится из соотношения

$$L1 = L4 \geq R_{н} / 12\pi f_0.$$

Заключение. Предлагаемое схемное решение построения устройств управления амплитудой мощных гармонических сигналов позволяет создавать устройства управления с регулируемой выходной мощностью до нескольких десятков ватт при одновременном сохранении согласования по входу во всем диапазоне регулирования.

Литература

1. Радиопередающие устройства / В.В. Шахгильдян, В.Б. Козырев, А.А. Ляховкин и др.; под ред. В.В. Шахгильдяна. М.: Радио и связь, 2003. 560 с.

2. Титов А.А. Устройства управления амплитудой мощных сигналов. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2013. 136 с.

3. Титов А.А., Ильюшенко В.Н. Устройство для защиты усилителя мощности от перегрузки. Патент РФ № 2217861. Опубл. 27.11.2003. Бюл. № 33.

4. Титов А.А., Ильюшенко В.Н. Амплитудный модулятор мощных сигналов. Патент РФ № 2240645. Опубл. 20.11.2004. Бюл. № 32.

5. Титов А.А., Ильюшенко В.Н. Модулятор амплитуды мощных сигналов. Патент РФ № 2307452. Опубл. 27.09.2007. Бюл. № 27.

6. Титов А.А., Семенов А.В. Модулятор амплитуды мощных гармонических сигналов. Патент РФ № 2459347. Опубл. 20.08.2012. Бюл. № 23.

7. Титов А.А., Семёнов А.В., Акрестина И.А. Устройство управления амплитудой мощных гармонических сигналов. Патент РФ № 2461954. Опубл. 20.09.2012. Бюл. № 26.

8. Титов А.А., Семёнов А.В., Покровский М.Ю. Устройство управления амплитудой мощных периодических сигналов. Патент РФ № 2487461. Опубл. 10.07.2013. Бюл. № 19.

9. Титов А.А., Семенов А.В., Шибельгут А.А. Модулятор амплитуды мощных гармонических сигналов. Патент РФ № 2450419. Опубл. 10.05.2012. Бюл. № 13.

10. Иванов В.К. Оборудование радиотелевизионных передающих станций. М.: Радио и связь, 1989. 336 с.

УДК 62-533.7

УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ АМПЛИТУДОЙ МОЩНЫХ ИМПУЛЬСОВ С ПОВЫШЕННЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ДИАПАЗОНОМ

А.А. Титов

Рассмотрены устройства управления амплитудой мощных импульсов, реализованные на биполярных транзисторах. Для расширения динамического диапазона этих устройств предложено использовать корректирующие цепи первого порядка. Показано, что использование указанных устройств в импульсных СВЧ-генераторах на диодах Ганна позволило уменьшить изменение частоты генерации в диапазоне температур ±50 °С с 200 до 65 МГц, изменение выходной мощности с 1,24 до 0,6 дБ, сжать спектр излучаемого радиоимпульса с 5 до 2 МГц.

Ключевые слова: импульсы, амплитуда, управление, СВЧ-генератор.

В [1, 2] описаны две модификации импульсных СВЧ-генераторов на диодах Ганна, предназначенных для замены СВЧ-генераторов на магнетронах в системах ближней радиолокации. Указанные генераторы обладают преимуществами перед СВЧ-генераторами на магнетронах, однако имеют значительную нестабильность частоты генерации, выходной мощности и ширины спектра излучаемого радиоимпульса при изменении напряжения питания возбудителя генераторного диода и температуры окружающей среды.

Постановка задачи. Указанные недостатки обусловлены изменением выходных характеристик возбудителя при изменении напряжения питания и температуры. Сложность устранения этих недостатков заключается в необходимости разработки возбудителя генераторного диода, обеспечивающего стабильность амплитуды импульсов возбуждения, возможность плавного изменения указанной амплитуды, неизменность мгновенного значения амплитуды импульсов возбуждения при изменении их длительности.

Устройства управления амплитудой мощных импульсов. Для решения задачи создания возбудителя с улучшенными характеристиками были разработаны различные схемные решения построения устройств управления (УУ) амплитудой мощных импульсов с параллельным [3–5] и последовательным [3, 6, 7] включением управляющих транзисторов и нагрузки.

Примеры реализации УУ с параллельным включением управляющих транзисторов и нагрузки приведены на рис. 1 и 2.

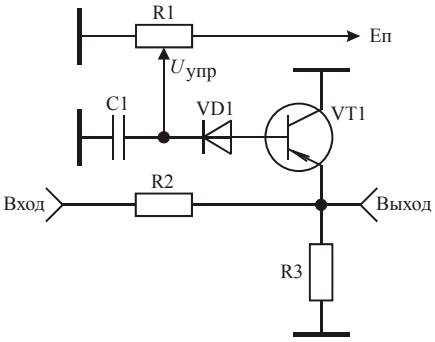


Рис. 1. УУ на одном транзисторе

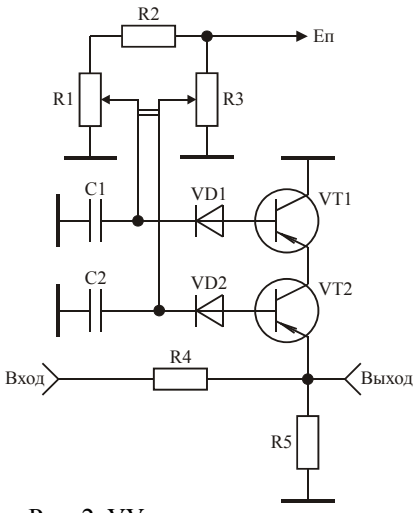


Рис. 2. УУ на двух транзисторах

При подаче на вход УУ (см. рис. 1) импульсов положительной полярности, имеющих амплитуду, превышающую постоянное напряжение управления $U_{упр}$, диод *VD*1 открывается, и амплитуда импульсов на выходе устройства устанавливается равной $U_{упр}$. Устройство управления (см. рис. 2) работает аналогично и позволяет получать на выходе импульсное напряжение от нескольких вольт до удвоенного значения допустимого напряжения коллектор–эмиттер используемых управляющих транзисторов *VT*1 и *VT*2.

Примеры реализации УУ с последовательным включением управляющих транзисторов и нагрузки приведены на рис. 3 и 4.

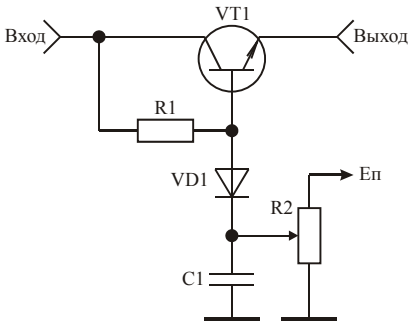


Рис. 3. УУ на одном транзисторе

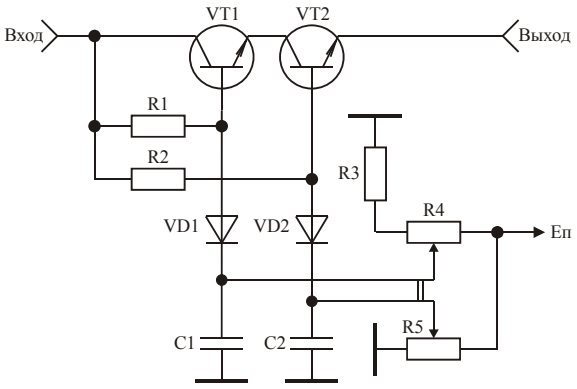
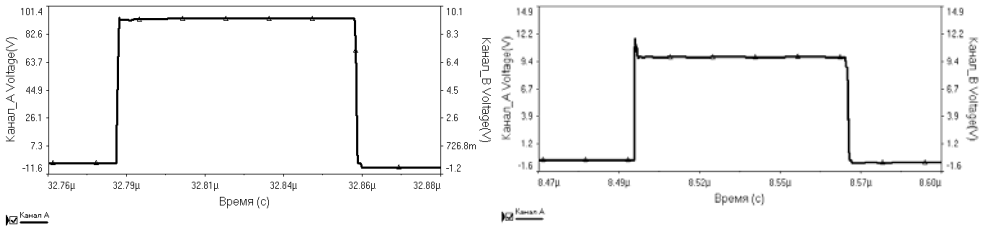


Рис. 4. УУ на двух транзисторах

В отличие от схем УУ с параллельным включением управляющих транзисторов и нагрузки данные УУ позволяют управлять амплитудой импульсов с мгновенной мощностью в несколько киловатт, поскольку не содержат ограничивающих резисторов, включенных последовательно в тракт передачи.

Недостатком УУ (см. рис. 1–4) является то, что в процессе регулирования, при малых амплитудах выходных импульсов, появляется выброс на их переднем

фронте. Для примера на рис. 5 приведены результаты расчетов в среде Multisim 11.0 формы сигнала на выходе УУ (см. рис. 3), реализованного на транзисторе MJE344, при амплитуде входного импульса 100 В, сопротивлении нагрузки 200 Ом и амплитудах выходных импульсов 97 и 10 В.



$U_{вых}$ = 97 В $U_{вых}$ = 10 В

Рис. 5. Результаты расчетов формы выходного сигнала в зависимости от его амплитуды

В УУ с параллельным включением управляющих транзисторов появление выброса обусловлено наличием индуктивностей выводов этих транзисторов. В УУ с последовательным включением управляющих транзисторов появление выброса обусловлено прямым прохождением сигнала на выход через барьерную ёмкость коллектор–эмиттер указанных транзисторов.

Рассматриваемый недостаток является причиной малого динамического диапазона УУ, ограниченного допустимой величиной выброса на переднем фронте выходных импульсов. Под динамическим диапазоном УУ при этом понимается отношение максимального значения амплитуды выходного импульса к его минимальному значению.

Увеличение динамического диапазона устройств управления. Увеличение динамического диапазона УУ возможно благодаря использованию цепей коррекции, простейшими из которых являются корректирующая индуктивность и корректирующая *RC*-цепь. Примеры их использования приведены на рис. 6 и 7.

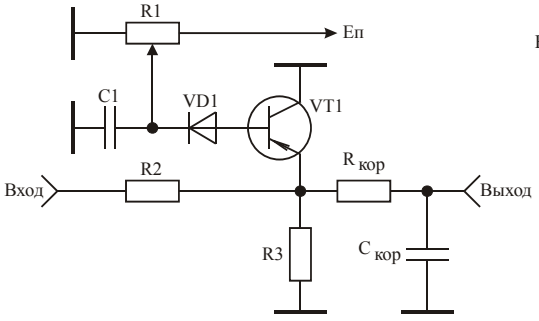


Рис. 6. Принципиальная схема УУ с корректирующей *RC*-цепью

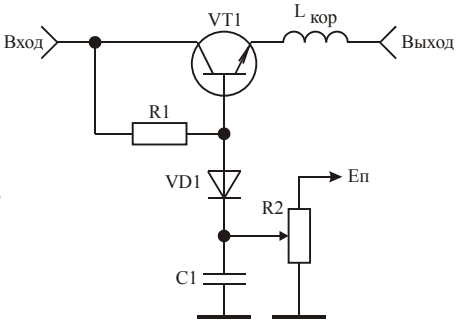


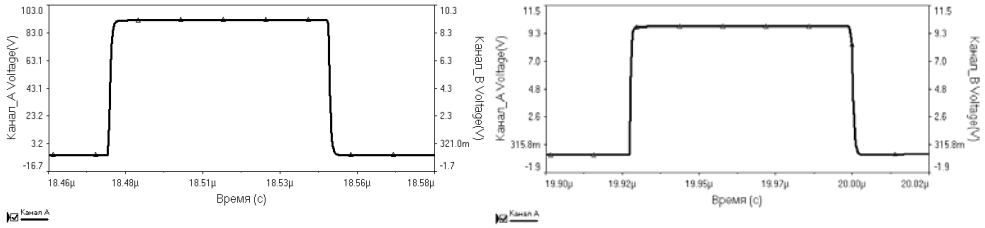
Рис. 7. Принципиальная схема УУ с корректирующей индуктивностью

Цепи коррекции позволяют увеличить динамический диапазон УУ, однако одновременно приводят к увеличению времени установления фронта импульсов на их выходе. При заданном допустимом значении времени установления фронта выходных импульсов $t_{\text{у}}$ параметры корректирующей индуктивности и корректирующей *RC*-цепи могут быть найдены из условий:

$$\left.\begin{aligned} L_{\text{кор}} &= t_{\text{у}} \cdot R_{\text{н}} / 2{,}2; \\ R_{\text{кор}} &= \Delta \cdot R_{\text{н}}; \\ C_{\text{кор}} &= t_{\text{у}} \cdot \left(R_{\text{н}} + R_{\text{кор}}\right) / \left(2{,}2 \cdot R_{\text{н}} \cdot R_{\text{кор}}\right), \end{aligned}\right\}$$

где $R_{\text{н}}$ – сопротивление нагрузки УУ; $\Delta = \left(U_{\text{вых1}} - U_{\text{вых2}}\right)/U_{\text{вых1}}$ – относительное уменьшение максимальной амплитуды выходных импульсов, обусловленное использованием корректирующей *RC*-цепи; $U_{\text{вых1}}$ – максимальная амплитуда выходных импульсов УУ без использования корректирующей *RC*-цепи; $U_{\text{вых2}}$ – максимальная амплитуда выходных импульсов УУ при использовании корректирующей *RC*-цепи.

На рис. 8 приведены результаты расчетов в среде Multisim 11.0 формы сигнала на выходе УУ (см. рис. 3), полученные при тех же условиях, что и результаты, приведенные на рис. 5, но при использовании корректирующей индуктивности равной 150 нГн.



$U_{\text{вых}}$ = 97 В $U_{\text{вых}}$ = 10 В

Рис. 8. Результаты расчетов формы выходного сигнала в зависимости от его амплитуды при использовании корректирующей индуктивности

Время установления фронта выходных импульсов, представленных на рис. 5, не превышает 1 нс. Введение в схему УУ (см. рис. 3) корректирующей индуктивности 150 нГн приводит к возрастанию времени установления фронта выходных импульсов до 2 нс. Однако это позволяет полностью устранить выброс на переднем фронте в диапазоне изменения выходных амплитуд от 10 до 97 В. Как показывают результаты расчетов и экспериментальных исследований, эффективность использования рассматриваемых схем коррекции зависит от допустимой величины выброса на переднем фронте выходных импульсов и от используемых управляющих транзисторов. При малых допустимых выбросах, ограниченных 3÷5 % от амплитуды, увеличение динамического диапазона, благодаря применению схем коррекции, приводит к пропорциональному увеличению времени установления фронта выходных импульсов.

СВЧ-генераторы с повышенными техническими характеристиками. В [8] дано описание СВЧ-генератора, в котором на выходе возбудителя диода Ганна использована схема УУ, приведенная на рис. 7 и реализованная на полевом транзисторе КП778В. Её использование позволило обеспечить неизменность мгновенного значения амплитуды импульсов возбуждения при изменении их длительности и возможность плавного изменения амплитуды возбуждения при настройке СВЧ-генератора. Однако последовательное включение управляющего транзистора в тракт передачи приводит к нестабильной работе СВЧ-генератора

при температурах ниже минус 25 °С и «рассыпанию» спектра излучаемых радиоимпульсов.

Этот недостаток отсутствует при использовании схемы УУ, приведенной на рис. 6. На рис. 9 представлена принципиальная схема возбудителя СВЧ-генератора, состоящего из возбудителя и резонаторной камеры с установленным в неё диодом Ганна типа 3А762Г либо 3А750Г [9].

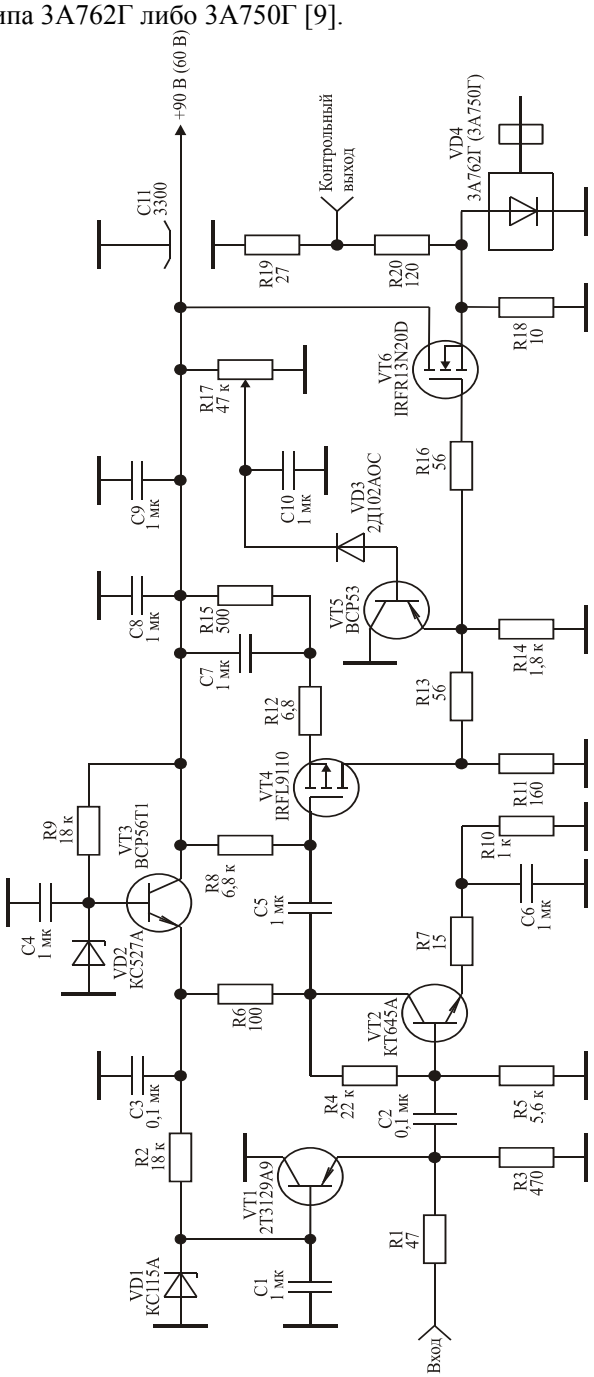


Рис. 9. Принципиальная схема возбудителя СВЧ-генератора

На входе возбудителя установлен самоуправляемый ограничитель на транзисторе *VT*1. Ограничитель, реализованный на основе схемы (см. рис. 1), обеспечивает стабилизацию амплитуды и длительности импульсов на входе импульсного усилителя возбудителя. Экспериментальные исследования показали, что при изменении амплитуды входных импульсов в пределах 2,5÷15 В амплитуда импульсов на выходе ограничителя изменяется в пределах 2,2÷2,34 В.

На входе выходного каскада возбудителя, реализованного на транзисторе *VT*6, установлено УУ на транзисторе *VT*5, где в качестве корректирующей емкости использована входная емкость выходного каскада. Использование УУ позволило сжать спектр излучаемого радиоимпульса, стабилизировать выходную мощность СВЧ-генератора и частоту генерации в диапазоне температур ± 50 °С и при изменении напряжения питания в пределах 55…100 В, то есть добиться минимизации влияния дестабилизирующих факторов на характеристики СВЧ-генератора. На рис. 10 показан общий вид возбудителя.

Рис. 10. Общий вид возбудителя

Технические характеристики СВЧ-генератора:

- амплитуда сигнала запуска ……..2,5–15 В;
- рабочий диапазоном частот ……..…….8–12 ГГц;
- длительность импульсов запуска ……..……...0,1…1,5 мкс;
- длительность фронта генерируемых радиоимпульсов, не более …....10 нс;
- скважность генерируемых импульсов, не менее ……700;
- диапазон рабочих температур …….……±50 °С;
- выходная мощность СВЧ-генератора на диоде 3А762Г, не менее ……30 Вт;
- выходная мощность СВЧ-генератора на диоде 3А750Г, не менее ….10 Вт;
- изменение СВЧ-мощности в диапазоне рабочих температур …….±0,3 дБ;
- изменение частоты генерации в диапазоне рабочих температур …65 МГц;
- спектр излучаемого радиоимпульса ……..2 МГц.
- напряжение источника питания ……...….100 В;
- максимальный потребляемый ток ……..30 мА.

Заключение. Использование устройств управления амплитудой мощных импульсных сигналов в возбудителях СВЧ-генераторов на диодах Ганна позволило уменьшить изменение частоты генерации в диапазоне температур ±50 °С с

200 до 65 МГц, изменение выходной мощности с 1,24 до 0,6 дБ, сжать спектр излучаемого радиоимпульса с 5 до 2 МГц.

Литература

1. Титов А.А., Пушкарев В.П., Авдоченко Б.И. Мощный импульсный СВЧ-генераторный модуль // Изв. вузов. Приборостроение. 2010. № 5. С. 47–52.
2. Титов А.А., Пушкарев В.П., Авдоченко Б.И. и др. Импульсный СВЧ-генератор на диоде Ганна // Электронная техника. Сер. СВЧ-техника. 2010. Вып. № 3. С. 38–46.
3. Титов А.А. Устройства управления амплитудой мощных сигналов. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2013. 136 с.
4. Пат. 2 477 563 РФ, МПК H 03 G 3/00. Устройство регулирования амплитуды высоковольтных однополярных импульсов / А.А. Титов, А.В. Семёнов. № 2 011 117 238 / 08; заявл. 28.04.11; опубл. 10.11.12, Бюл. № 7. 7 с.
5. Заявка на изобретение № 2 013 117 500 РФ, МПК H 03 G 3/30. Устройство управления амплитудой высоковольтных однополярных импульсов / А.А. Титов, А.В. Семёнов, Р.Ш. Ахтямов. Приоритет от 16.04.2013.
6. Пат. 2 395 897 РФ, МПК H 03 G 3/00. Устройство управления амплитудой мощных однополярных импульсов / А.А. Титов, А.В. Семёнов, В.П. Пушкарев, В.И. Юрченко. № 2 009 102 150 / 09; заявл. 22.01.09; опубл. 27.07.10. Бюл. № 21. 7 с.
7. Заявка на изобретение № 2 013 143 104 РФ, МПК H 03 G 3/30. Устройство управления амплитудой высоковольтных импульсов / А.А. Титов, А.В. Семёнов. Приоритет от 23.09.2013.
8. Титов А.А., Пушкарев В.П., Пелявин Д.Ю., Шухлов И.В. Импульсный сверхвысокочастотный генератор для систем ближней радиолокации и радионавигации // Приборы и техника эксперимента. 2011. № 5. С. 111 –115.
9. Пушкарев В.П., Титов А.А., Бахарева Д.В. и др. Унифицированный СВЧ-генератор для систем ближней радиолокации // Матер. докл. 22-й Междунар. Крым. конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии», Украина, Севастополь, 10–14 сентября 2012 г. Севастополь, 2012. С. 108–109.

Секция 17

ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

*Председатель секции – **Пустынский И.Н.**, д.т.н., профессор, зав. каф. ТУ*

УДК 004.932, 004.415.2, 621.383

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СВ-СИНТЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОПРИЕМНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО И ИК-ДИАПАЗОНОВ

В.В. Белозерских, П.Ю. Гуляев, В.И. Иордан

Статья посвящена вопросам общего проектирования интеллектуальной системы управления процессом СВ-синтеза на новом технологическом уровне – программно управляемом синтезе материалов. Программное управление процессом СВ-синтеза использует результаты анализа тепловизионных изображений и предсказательного моделирования в процессе распространения фронта волны горения.

Ключевые слова: интеллектуальная система управления, процесс СВ-синтеза, анализ тепловизионных изображений, предсказательное моделирование.

Явление волновой локализации автотормозящихся твердофазных реакций высокотемпературного синтеза в многокомпонентной экзотермически реагирующей среде вызывает большой интерес в области материаловедения и физикохимии получения и обработки порошковых материалов с момента его открытия в 1967 г. академиком А.Г. Мержановым. К настоящему времени в волне СВ-синтеза традиционно различают четыре области:

1) зону предварительного прогрева (излучением или фильтрующимися газами), 100–400 °С;

2) предвоспламенительную (эвтектика или расплав легкоплавкого компонента реакции, T_{liq} плавления 658 °С для Al), $T_{liq} < T < T_{ign}$ (T_{ign} – температура зажигания 750–800 °С для Al);

3) высокотемпературную зону реакции СВС – экзотермическая реакция с адиабатическими температурами T_{ad}, (T_{ad} находится в диапазоне 1500–2600 °С);

4) зону догорания (структурообразования, закалки и диффузионных процессов), $T < T_{ad}$.

Заключительные стадии формирования зоны реакции СВ-синтеза достаточно хорошо поддаются исследованию новейшими методами высокоскоростной микропирометрии [1], которые позволяют не только определять ряд важных теплофизических свойств материалов в экстремальных температурных условиях [2], но и выявить механизмы структурообразования пористых СВС-материалов [3] и эффекты неустойчивых режимов горения [4]. Совершенно неизученными остаются аналогичные вопросы исследования тепломассопереноса и пространственной структуры тепловых полей на двух начальных низкотемпературных стадиях развития волны СВ-синтеза, потому что ИК-излучение таких зон реакции лежит за пределами спектрального диапазона чувствительности неохлаждаемых крем-

ниевых фотоприемников, а применение термопарной методики с множеством точек измерения в пористых структурах микропорошков практически неосуществимо без внесения существенных искажений в механизм теплообмена.

Сформулируем первоочередные задачи экспериментального исследования тепловых явлений на первых стадиях СВС, необходимые для понимания закономерностей эволюции тепловых структур в процессе СВС при разработке технологических принципов управления реакцией синтеза на протяжении всей последовательности физико-химических изменений в ходе передела исходной смеси порошков в проницаемый спеченный материал из пористой металлокерамики. При этом будем рассматривать низкотемпературные стадии СВС-процесса не только как начальные «стартовые» условия, определяющие химическую кинетику и теплообмен в ходе развития реакции, но и в качестве стадии, предопределяющей возникновение различных специфических явлений. В качестве примеров таких явлений можно указать на:

– «сверхадиабатический» эффект Алдушина–Сеплярского (при фильтрационном горении);

– коалесценцию и конгруэнтное плавление агломератов тугоплавкой компоненты в оболочке расплава или эвтектики легкоплавкого компонента (образование «блинчиков» Мержанова или мелких сфер в виде дискретных «дробинок» конечного продукта);

– инверсию теплового фронта горения на микроскопических неоднородностях пористой смеси порошков с последующим образованием нестехиометрического состава и эффектов самоочистки типа зонной плавки;

– особенности начальной стадии СВ-синтеза в режиме теплового взрыва (формирование и равновесный распад критических зародышей новой фазы виртуальных интерметаллидов) и пр.

Разработка средств регистрации и контроля таких явлений важна для развития СВС-технологии на новом технологическом уровне – программно управляемом синтезе материалов, исключающем непосредственное участие человека-оператора:

– тонкопленочная «сэндвич»-технология СВС (замена легкоплавких порошков фольгой, между слоями которой запрессовываются тугоплавкие компоненты реакции СВ-синтеза), при которой «сэндвич» прижимается и нагревается на поверхности подложки (область применения – разработка ремонтных комплектов термохимических пленок для экстренной герметизации станций космического или лунного базирования);

– установки высокотемпературной экструзии (высокотемпературные 3D-принтеры с внешней электрической дугой) из исходных (полых или плакированных) порошков реакционной смеси и послойного 3-мерного формирования изделия из продуктов СВ-синтеза (металлокерамики);

– интегральные технологии непрерывного «порошкового» литья (например, литье труб из металлокерамики в центрифуге – см. http://www.ism.ac.ru/news/prospectr.pdf).

Таким образом, можно обозначить общие для всех новых видов технологических типов СВС задачи тепловизионного контроля и изучения особенностей процессов обработки порошков на низкотемпературных стадиях СВС:

1. Визуализация в зоне 1 предварительного прогрева тепловых потоков фильтрующихся горячих газов из высокотемпературных зон и расчет изменения

начальных условий зажигания (времени химической индукции) реакции технологического горения (постоянной времени зажигания).

2. Визуализация в зоне 2 фильтрующегося под напорным давлением газа потока расплава легкоплавкого компонента (капиллярно смачивающего) для выявления механизма формирования проницаемой пористости и расчета локальной нестехиометрии (анализ возникновения виртуальных интерметаллидов и их дальнейшей эволюции на высокотемпературной стадии догорания).

3. Визуализация движения тепловой волны предварительного прогрева на границах свариваемых материалов, уплотнениях и других неоднородностях дисперсной среды, приводящей к появлению эффектов структурного распада зоны СВ-синтеза (инверсии, коалесценции, «блинчиков» и дроби»).

4. Визуализация пространственной и временной динамики зарождения и распада критических зародышей новой фазы либо виртуальных интерметаллидов на начальной стадии СВС в режиме теплового взрыва (высокотемпературного прогрева), проводимая для выяснения закономерностей устойчивости траектории реакции в температурных или молярных координатах при выявленном разбросе начальных теплофизических параметров реакции (аналог химического критерия Юм-Розари с 15% нестехиометрии начального состава смеси).

В сочетании с высокотемпературной диагностикой методы тепловизионного контроля СВС-синтеза позволяют надеяться на исследования таких фундаментальных основ материаловедения, как уточнение фазовых диаграмм бинарных смесей в области изомерных твердых растворов и низкотемпературных эвтектик.

Общее проектирование интеллектуальной системы управления процессом СВ-синтеза. Для решения сформулированных задач предлагается использование системы управления на основе мироболометрической ИК-матрицы и ПЗС-матрицы. Подсчет количества неразвившихся центров горения (с температурой, не достигшей критической) и регистрацию формирования фронта горения позволит осуществить ИК-матрица. Это особенно актуально при исследовании процессов СВ-синтеза в низкоэкзотермических смесях (плохо горящих, трудно синтезируемых), требующих для поддержания стабильности режима горения определенной стимуляции (энергоактивации), например, электрическим током или плазменной струей. Путем стимуляции процесса на основе результатов компьютерной обработки получаемых в реальном времени ИК-изображений возможно осуществление контроля и управления такими процессами как в режиме формирования соотношения компонентов для СВ-синтеза, так и в процессе синтеза. Для «высокоэкзотермических» смесей возможно определение температурного распределения во фронте и сразу за фронтом горения, что информирует о качественных показателях процесса. Принятие решения о введении в действие конкретного активатора планируется осуществлять в режиме реального времени на основе программно-аппаратной обработки изображений и их предсказательного моделирования (рис. 1).

Такой комплексный подход позволит отслеживать как медленные низкотемпературные эффекты (с помощью микроболометрической ИК-матрицы в ИК-диапазоне), так и высокоскоростное нарастание температуры в зоне очага теплового взрыва (с помощью ПЗС-матрицы в видимой области спектра). В связи с этим требования к быстродействию тракта первичной обработки и передачи данных в канале ПЗС-матрицы весьма велики. Несмотря на то, что быстродействующие ПЗС-матрицы довольно распространены, схемы их сопряжения и алгоритмы первичной обработки требуют «индивидуального» подхода к проектиро-

ванию. Совместное использование в качестве приемников изображения, различных как по принципу работы, так и по быстродействию и чувствительности, требует применения специализированных схем сопряжения, имеющих различный интерфейс в сторону приемника изображения и согласованный общий интерфейс в сторону вычислителя (процессора). Первичную обработку изображения от приемных ИК- и ПЗС-матриц и задачу сопряжения интерфейсов (с точки зрения эффективности) необходимо возложить на современные программируемые логические схемы (ПЛИС).

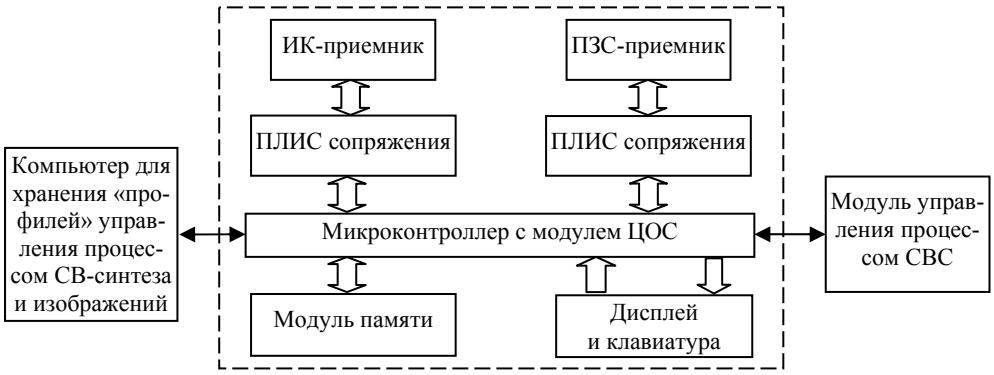


Рис. 1. Структурная схема интеллектуальной системы управления процессом СВ-синтеза

С одной стороны, чрезмерное усложнение схем сопряжения ведет к заметному снижению времени реакции и к неоправданному удорожанию системы, с другой стороны, остается не раскрытым потенциал современных ПЛИС и резко возрастают требования к пропускной способности тракта передачи к вычислителю (процессору). Следовательно, функции схемы сопряжения для ПЗС-матрицы должны ограничиваться простыми операциями обработки (усреднение, накопление, первичная фильтрация и т.д.), допускающими высокую степень параллелизма процесса обработки с целью повышения производительности. Для выполнения указанных функций достаточно будет применить ПЛИС Xilinx Virtex-7.

Использование ИК-приемника с заметно меньшим быстродействием несколько снижает требование по производительности схемы сопряжения, при этом возможно увеличение функциональной нагрузки на ПЛИС и как следствие, высвобождение ресурсов вычислителя (процессора) для управления процессом СВ-синтеза в реальном времени. Кроме того, особенности применения неохлаждаемых ИК-приемников (динамический диапазон и чувствительность к засветкам) требуют специального подхода в решении задач управления «световым» потоком. Перспективным может оказаться применение управляемых ПЛИС электрооптических фильтров.

Отдельные требования можно предъявить и к вычислителю (процессору). Осуществление первичной обработки в ПЛИС схем сопряжения позволяет снизить требования к пропускной способности шин процессора и высвободить вычислительные возможности для выполнения процессором математической обработки изображений и программных процедур, связанных непосредственно с принятием решения об акцентированном воздействии на локальные зоны СВ-синтеза (на развитие критических зародышей новой фазы). Процессорную обработку можно возложить на современный микроконтроллер, имеющий в составе архи-

тектуры сопроцессорные модули цифровой обработки сигналов, например ARM-процессоры с ядром Cortex-M4.

Конфигурации настроек системы управления процессом СВ-синтеза (наборы режимных параметров и «эталонные» изображения процессов СВС), для краткости называемые нами «профилями» управления, целесообразнее хранить в памяти персонального компьютера (ПК).

Режимы работы можно оперативно задавать как посредством ввода с клавиатуры, так и путем загрузки при помощи USB-, Ethernet-интерфейсов, а также с помощью USB-носителя. Текущий режим работы и профиль «настроек» для управления процессом СВС, характеристики текущего процесса синтеза (или характеристики хранимых в памяти процессов) отображаются на дисплее. На основе хранимых в памяти «изображений» процессов синтеза и анализа получаемых «изображений» формируются стимулирующие воздействия на СВС-процесс и производится контроль за протеканием реакции. При отклонении реакции СВС от заданного оператором режима протекания синтеза производится оповещение оператора и коррекция стимулирующих воздействий.

Таким образом, дальнейшую обработку и анализ накопленных данных («изображений» и профилей к ним) практичнее всего производить на ПК. Процессы СВ-синтеза и передачи данных разнесены во времени, поэтому для обмена данными с ПК можно использовать стандартные Ethernet- или USB-интерфейсы.

Литература

1. Garkol D.A., Gulyayev P.Yu., Evstigneyev V.V., Mukhachev A.B. A new procedure of high-rate brightness pyrometry for studying the SHS processes // Combustion, Explosion and Shock Waves. 1994. Vol. 30, № 1. P. 72–78.

2. Gulyayev P.Yu., Evstigneyev V.V., Philimonov V. Yu. The Temperature Conductivity of the Reacting Mediums // Advances In Condensed Matter & Materials Research. 2002. Vol. 2. P. 235–241.

3. Гуляев П.Ю., Иордан В.И., Калачев А.В. Исследование тепловой структуры волны горения самораспространяющегося высокотемпературного синтеза // Изв. АлтГУ. Физика. 2005. № 1(45). С. 104–109.

4. Иордан В.И., Гуляев П.Ю., Евстигнеев В.В. Комплекс методов цифровой обработки изображений для исследования эффектов локальной неустойчивости и нестационарности волны горения процесса СВС // Ползуновский вестник. 2005. №4 (ч. 1). С. 152–170.

УДК 621.372.2.052.3.018.78

ВСТРАИВАНИЕ ИНТЕРПРЕТАТОРА PYTHON В СИСТЕМУ TALGAT

Евг.В. Лежнин, А.О. Мелкозеров

Описана работа по реализации и встраиванию интерпретатора Python в рамках системы моделирования структур проводников и диэлектриков.

Ключевые слова: Python, интерпретация.

Постановка задачи. Python [1] является современным языком программирования с большим количеством модулей для решения самых разнообразных задач, в том числе математических и физических. Поэтому представляет интерес задача реализации интерпретатора языка Python в качестве средства обработки сценариев программного обеспечения, выполняющего сложные математические расчёты.

В данной работе выполняется реализация и встраивание интерпретатора Python в рамках системы моделирования структур проводников и диэлектриков.

В ТУСУРе сотрудниками НИЛ БЭМС РЭС разрабатывается система компьютерного моделирования сложных структур проводников и диэлектриков TALGAT [2]. Принцип работы системы заключается в интерпретации кода, содержащего команды, управляющие расчётами и моделированием. На данный момент в системе используется язык TALGAT Script, разработанный сотрудниками лаборатории. Цель работы: встроить в систему интерпретатор Python. Встраивание выполняется с помощью CPython, что позволяет не только использовать грамматику языка Python, но и загружать любые существующие модули языка Python. CPython – это реализация языка Python, написанная на C. CPython предоставляет функции для создания объектов языка Python и интерпретации кода Python внутри программы, написанной на C/C++. Тем не менее задача создания собственного интерпретатора является нетривиальной, так как CPython чаще всего используется для создания модулей Python, написанных на C/C++. То есть обычно можно найти пример того, как C/C++ встраивается в Python, но перед нами стояла задача сделать всё наоборот и встроить Python в C/C++.

Система TALGAT состоит из модулей, каждый модуль добавляет какую-нибудь функциональность системе, одни модули являются основными, необходимыми для работы, другие предоставляют дополнительную функциональность. Интерпретатор языка TALGAT Script находится в модуле ядра CORE. Одно из требований при выполнении данной задачи состоит в том, что код, расширяющий функциональность интерпретатора (то есть заменяющий старый интерпретатор на интерпретатор Python), должен находиться в отдельном модуле. Модули используются для того, чтобы упростить работу разработчикам системы. Таким образом, если у другого разработчика системы TALGAT, не имеющего никакого отношения к данной работе, на компьютере будет отсутствовать Python, он может просто не обращать внимания на наш модуль и работать с необходимыми ему модулями.

Создание модуля интерпретатора. В новом модуле PythonModule используется класс InterpreterPython, который отвечает за построчную интерпретацию, и InterpreterPython_Main, выполняющий регистрацию команд для InterpreterPython и управляющий доступом к нему. InterpreterPython является расширением класса Interpreter, выполняющего схожие функции, но для старого интерпретатора. InterpreterPython_Main в свою очередь расширяет Interpreter_Main.

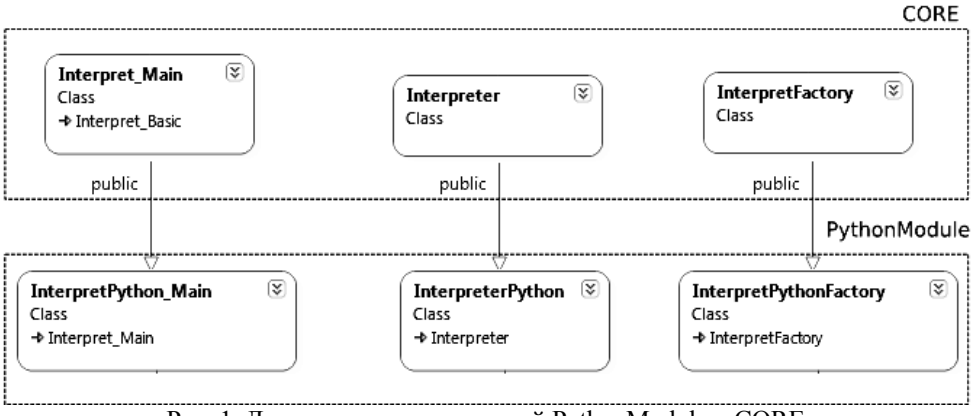


Рис. 1. Диаграма классов модулей PythonModule и CORE

Добавлен класс InterpreterFactory, разработанный по образцу паттерна «Фабрика». Объект класса InterpreterFactory создаёт объект класса Interpreter или InterpreterPython в зависимости от потребностей Interpreter_Main. В данном случае удобно применять паттерн «Фабрика», так как может возникнуть необходимость создания объекта, принадлежащего другому производному от Interpreter классу. В такой ситуации класс InterpreterPythonFactory, являющийся наследником InterpreterFactory для модуля PythonModule, подвергнется незначительным изменениям.

Дополнительно создан модуль TALGAT для загрузки из Python. Модуль позволяет встраивать функции TALGAT в код, который может выполняться вне системы TALGAT.

Автоматизация преобразования устаревших скриптов. Система TALGAT достаточно давно существует и всё это время активно используется. Естественно, уже написано большое количество скриптов, которые может выполнять только старый интерпретатор. Поэтому необходима утилита для конвертации старых скриптов в скрипты Python. Для начала необходимо узнать, сколько параметров принимает каждая команда, используемая в TALGAT. К счастью при регистрации команды, интепретатор получает строку, описывающую параметры, передаваемые команде. Строки, передаваемые при регистрации команд, использовались для создания объекта «словарь» языка Python, содержащего количество параметров для каждой команды. Синтаксис команды TALGAT script представлен следующим шаблоном:

КОМАНДА [аргумент1 аргумент2 ... аргументn] [«[«аргументn+1 аргументn+2 ... аргументk «]»] [// комментарий]

Шаблон команды для Python:

КОМАНДА([аргумент1, аргумент2, ... аргументn] [«[«аргументn+1, аргументn+2, ... аргументk «]»] [# комментарий]

Для преобразования команд из старых скриптов в скрипты Python используется конечный автомат. Посимвольно считывается строка, аргументы заносятся в стек, конечный автомат выполняет проверку синтаксиса и принимает решение по замене команды TALGAT script на команду Python.

Заключение. Интерпретатор языка Python успешно встроен в систему TALGAT, основные сценарии TALGAT script переведены на Python. Описанная функциональность в данный момент проходит тестирование. Python в качестве языка программирования системы позволит сильно расширить её функциональность за счёт существующих модулей, поднять её популярность.

Литература

1. Официальный сайт Python [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.python.org/, свободный (дата обращения: 25.10.2013).

2. Газизов Т.Р. Квазистатический анализ многопроводных электрических соединений в системе TALGAT / Т.Р. Газизов, А.О. Мелкозеров, Р.И. Аширбакиев // 9-й Междунар. симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии: сб. тр. Санкт-Петербург, 13–16 сентября 2011 г. СПб., 2011. С. 265–268.

УДК 621.372.2.052.3.018.78

ВСТРАИВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ РАБОТЫ С ПРОЕКТАМИ В СИСТЕМУ TALGAT

Ег.В. Лежнин, А.О. Мелкозеров

Описана работа по реализации и встраиванию инструментов для работы с проектами в рамках системы моделирования структур проводников и диэлектриков.

Ключевые слова: TALGAT, среда разработки.

Постановка задачи. В ТУСУРе сотрудниками НИЛ БЭМС РЭС разрабатывается система компьютерного моделирования сложных структур проводников и диэлектриков TALGAT [1]. Принцип работы системы заключается в интерпретации кода, содержащего команды, управляющие расчётами и моделированием. Это создаёт необходимость работы с множеством файлов, связанных общей задачей, содержащих код, графики и иные данные, т.е. являющихся одним проектом. Цель работы: встроить в систему инструменты, позволяющие выполнять работу с графически представленными группами файлов.

Система TALGAT имеет графический интерфейс, написанный на C++ с использованием Qt, он представляет собой клиент вычислительной части системы модулей, каждый модуль добавляет какую-нибудь функциональность системе, одни модули являются основными, необходимыми для работы, другие предоставляют дополнительную функциональность. То есть графический клиент является средой разработки, в котором выполняется редактирование исходного кода и его запуск. Для упрощения редактирования кода и сохранения результатов выполнения требуется добавить поддержку проектов, представляющую собой часть графического интерфейса, отображающего каждый проект в виде дерева файлов и позволяющего выполнять такие действия, как создание, редактирование файлов с исходным кодом, сохранение результатов его выполнения, без необходимости работы пользователя с файловой системой компьютера.

Реализация. Для реализации были использованы инструменты Qt: создано 3 класса: ProjectTree, ProjectTreeItem, ProjectTreeProject (рис. 1). ProjectTree представляет из себя реализацию графического отображения древовидной структуры, чтения и записи в файл информации об активных проектах создания zip архива (с помощью Qzip), функции обработки Drug&drop, переименования и другие функции, позволяющие работать с деревом, как с привычной системой файлов. Объект этого класса создаётся в единственном экземпляре и является частью графического интерфейса. ProjectTreeItem является элементом графического представления древовидной структуры, в которую добавлены два поля: информация об объекте и указатель на тот проект, к которому он относится. ProjectTreeProject представляет собой набор полей с информацией о проекте.

Информация и каждом отдельном проекте хранится в отдельных файлах в виде структуры, описанной с помощью языка разметки xml, это позволяет хранить информацию об объектах в текстовом виде с бесконечным вложением объектов, например:

```
<TLGProject name=«project»>
 <Dir name=«dir1»>
        <Dir name=«dirn»>
            <File name=«document2.tld»/>
```

```
            </Dir>
</Dir>
 <File name=«document1.tld»/>
</TLGProject>
```

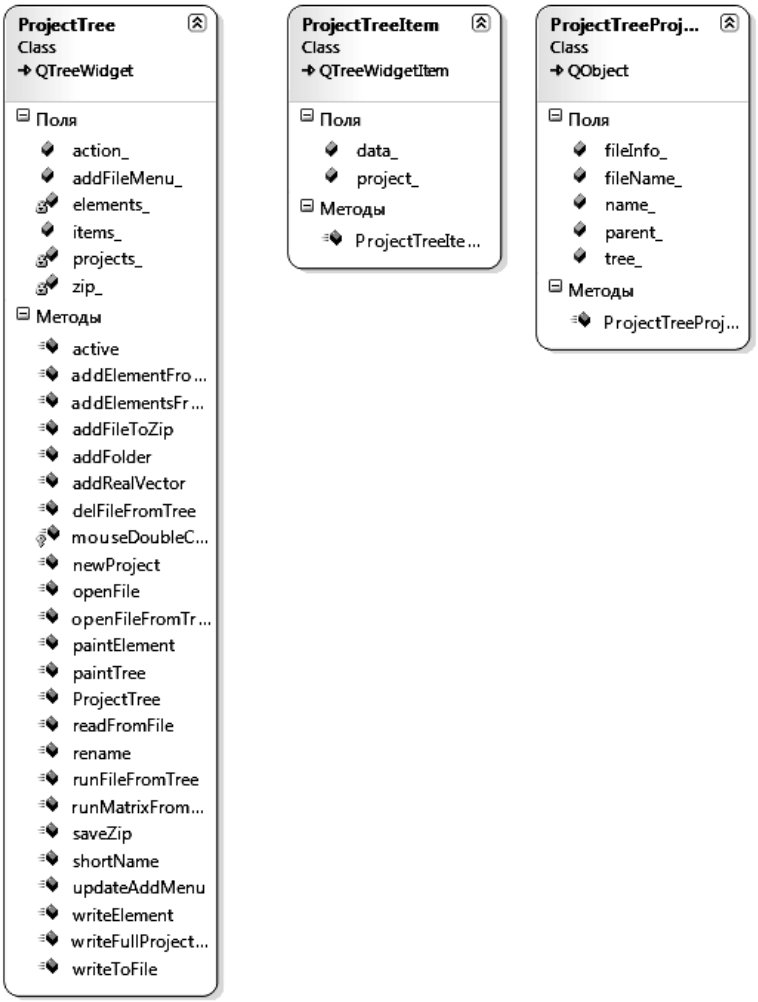


Рис. 1. Диаграма классов

Заключение. Инструменты для работы с проектами успешно встроены в систему TALGAT, позволяя избавить конечного пользователя от необходимости работы с файловой системой. Описанная функциональность в данный момент проходит тестирование.

Литература

1. Газизов Т.Р. Квазистатический анализ многопроводных электрических соединений в системе TALGAT/ Т.Р. Газизов, А.О. Мелкозеров, Р.И. Аширбакиев // 9-й Междунар. симпозиум по электромагнитной совместимости и электромагнитной экологии: сб. трудов. Санкт-Петербург, 13–16 сентября 2011 г. СПб., 2011. С. 265–268.

УДК 004.021

РАСШИРЕННАЯ САМООРГАНИЗУЮЩАЯСЯ РАСТУЩАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ В ОНЛАЙН-РЕЖИМЕ

А.В. Проскурин

Рассмотрен алгоритм расширенной самоорганизующейся растущей нейронной сети (ESOINN), позволяющий постепенно в онлайн-режиме подстраиваться под входные данные, определяя количество и структуру кластеров. Приведена блок-схема данного алгоритма.

Ключевые слова: самоорганизующаяся растущая нейронная сеть, кластеризация данных.

В настоящее время в связи с резким ростом количества изображений и рядом проблем традиционных методов их поиска усилия многих исследователей направлены на разработку методов автоматического аннотирования изображений. Большинство предложенных методов основано на представлении изображений в виде наборов дискретных визуальных слов и последующем обучении классификатора с их помощью [1]. При этом под визуальными словами подразумеваются кластеры визуально похожих областей изображений, для формирования которых изображения сегментируются на регионы, после чего из каждого извлекается вектор признаков. Полученный набор векторов кластеризуется, формируя визуальные слова. Для кластеризации в большинстве случаев используется метод *k*-средних, что приводит к трем основным проблемам: необходимо заранее указывать количество кластеров; начальная инициализация центров кластеров сильно влияет на результат кластеризации; при добавлении новых данных необходимо проводить кластеризацию с самого начала. Таким образом, актуальна необходимость адаптивного алгоритма кластеризации, способного автоматически определить количество кластеров, а также кластеризовать данные постепенно в онлайн-режиме. В данной статье представлен алгоритм расширенной самоорганизующейся растущей нейронной сети (ESOINN), обладающей данными свойствами. Рассмотрим его подробнее.

ESOINN является нейронной сетью, единственный слой которой постепенно подстраивается под структуру входных данных, определяя количество кластеров и их топологию (модификация двухслойной сети SOINN [2]). Когда на сеть подан входной вектор, она находит самый близкий узел (победитель) и второй самый близкий узел (второй победитель) к входному вектору по заранее заданной метрике. Используя пороговые критерии подобия, сеть определяет, относится ли входной вектор к тому же самому кластеру, что и победитель или второй победитель. Поскольку распределение входных данных заранее неизвестно, порог подобия обновляется адаптивно для каждого узла в отдельности. Если узел i имеет связанные с ним соседние узлы, то порог подобия данного узла T_i вычисляется, используя максимальное расстояние между узлом i и его соседними узлами:

$$T_i = \max_{j \in N_i} \left\| \mathbf{W}_i - \mathbf{W}_j \right\|, \qquad (1)$$

где N_i – набор соседних узлов узла i; $\boldsymbol{W}_i$ – вектор весов i-го узла.

В случае когда узел i не имеет связанных с ним соседних узлов, порог подобия T_i вычисляется как расстояние между узлом i и самым близким к нему узлом из набора всех узлов сети N:

$$T_i = \min_{j \in N \setminus \{i\}} \left\| \mathbf{W}_i - \mathbf{W}_j \right\|. \quad (2)$$

Если расстояние между входным вектором и победителем или вторым победителем будет больше соответствующих им порогов подобия, входной вектор вставляется в сеть как первый узел нового класса (данную вставку называют вставкой между классами), а на вход сети подается новый входной вектор. В случае если входной вектор определен как принадлежащий к кластеру победителя или второго победителя, возраст всех связей, соединенных с победителем, увеличивается на единицу, после чего решается вопрос о необходимости создания новой связи между победителем и вторым победителем с помощью алгоритма 2, представленного ниже.

На следующем этапе обновляется плотность победителя. Плотность узла i определяется с помощью «точек плотности» p_i, вычисляемых только в том случае, когда узел i является победителем:

$$p_i = \frac{1}{\left(1 + \overline{d_i}\right)^2}, \quad (3)$$

где $\overline{d_i}$ – среднее расстояние от узла i до его соседей.

Из определения «точек плотности» видно, что если среднее расстояние от узла i до его соседей большое, то число узлов в этой области маленькое, следовательно, распределение узлов редкое и плотность будет низкой, и наоборот. В течение одной итерации вычисляется «точка плотности» только для победителя, «точки плотности» других узлов в этой итерации равны 0. Накопление «точек плотности» s_i рассчитывается как сумма «точек плотности» для узла i в процессе всего обучения. Непосредственно плотность i-го узла h_i вычисляется следующим образом:

$$h_i = \frac{1}{K} \cdot s_i = \frac{1}{K} \cdot \sum_{l=1}^{n} \sum_{k=1}^{\lambda} p_i, \quad (4)$$

где λ – число, обозначающее период обучения сети (рис. 1); n – количество прошедших периодов обучения (можно вычислить как $n = LT / \lambda$, где LT – общее количество входных векторов); K – количество периодов, в которые «точки плотности» узла i больше 0.

После обновления плотности победителя необходимо увеличить счетчик количества побед M_{win} узла-победителя win на единицу, а вектора весов победителя и его узлов-соседей обновить с помощью входного вектора $\mathbf{x}$ следующим образом:

$$\Delta \mathbf{W}_{\text{win}} = \frac{1}{M_{\text{win}}} \cdot \left(\mathbf{x} - \mathbf{W}_{\text{win}} \right), \quad (5)$$

$$\Delta \mathbf{W}_j = \frac{1}{100 \cdot M_{\text{win}}} \cdot \left(\mathbf{x} - \mathbf{W}_j \right), j \in N_{\text{win}}. \quad (6)$$

На следующем шаге удаляются все связи, возраст которых превышает заранее предустановленное значение. Если период обучения сети еще не закончен (количество векторов, загруженных в сеть, не кратно λ), то на вход сети подается новый входной вектор. В противном случае необходимо разбить уже существующие кластеры на подклассы с целью обнаружения перекрывающихся областей. Для этого используется алгоритм 1. Рассмотрим его подробнее.

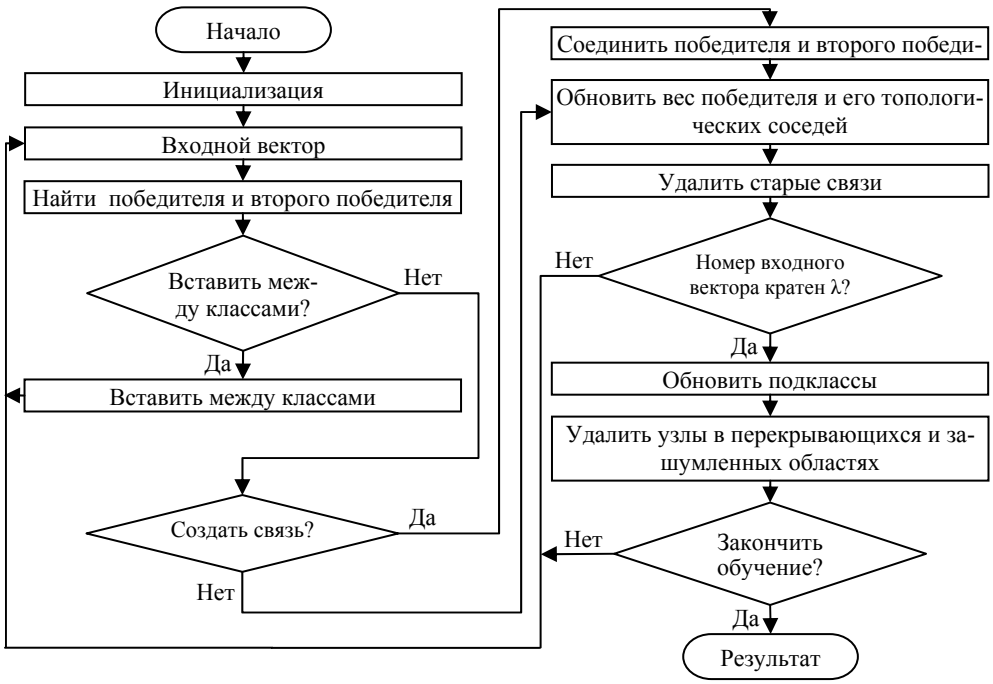


Рис. 1. Блок-схема алгоритма ESOINN

Алгоритм 1. Разделение составного кластера на подклассы

1. Узел называется вершиной подкласса, если он имеет максимальную локальную плотность. Необходимо найти все вершины в сложном кластере и присвоить им различные метки.

2. Классифицировать остальные узлы той же меткой подкласса, что и их вершины.

3. Узлы находятся в области перекрытия, если соединенные узлы имеют разные метки подклассов. Удалить связи между узлами, принадлежащими к разным подклассам.

В случае если распределение плотности узлов не является сглаженным, а имеет большое количество вершин, алгоритм 1 приведет к образованию слишком большого количества подклассов и соответственно будет обнаружено много областей перекрытия. Чтобы избежать подобной ситуации, вводится условие на объединение двух подклассов X и Y в один кластер:

$$\min\left(h_{\text{win}}, h_{\text{secwin}}\right) > \alpha_X \cdot X_{\max}, \tag{7}$$

$$\alpha_X = \begin{cases} 0, & \text{если } 2 \cdot \text{mean}_X \geq X_{\max}, \\ 0{,}5, & \text{если } 3 \cdot \text{mean}_X \geq X_{\max} > 2 \cdot \text{mean}_X, \\ 1, & \text{если } X_{\max} > 3 \cdot \text{mean}_X, \end{cases} \tag{8}$$

где $X_{\max}$ – плотность вершины подкласса X; победитель и второй победитель лежат в области перекрытия между подклассами X и Y; mean_X – средняя плотность узлов в подклассе X.

Таким образом, разделяя составной кластер на различные подклассы с последующим объединением неперекрывающихся подклассов в один подкласс, можно найти область перекрытия внутри составного кластера. После определе-

ния области перекрытия удаляются связи между узлами, принадлежащими к разным подклассам.

На основе описанного условия для объединения двух подклассов можно ввести алгоритм для создания связей между двумя узлами, используемый на первых этапах.

Алгоритм 2. Создание связей между узлами

1. Соединить два узла связью, если победитель и второй победитель являются новыми узлами (еще не определено, к какому подклассу эти узлы относятся).

2. Соединить два узла связью, если победитель и второй победитель принадлежат одному и тому же подклассу.

3. Если победитель принадлежит подклассу *X*, а второй победитель подклассу *Y*, то при выполнении неравенства (7) соединить эти узлы и объединить подклассы *X* и *Y*. В противном случае не соединять эти узлы связью; если соединение уже существует – удалить его.

На предпоследнем этапе удаляются узлы, полученные в результате шума во входных данных. С этой целью удаляются узлы *i*, имеющие двух или меньше топологических соседей и удовлетворяющие следующим условиям:

$$h_i < c_1 \cdot \sum_{j=1}^{N} h_j / N , \tag{9}$$

$$h_i < c_2 \cdot \sum_{j=1}^{N} h_j / N , \tag{10}$$

где c_1 и c_2 – параметры для выбора поведения удаления узлов.

Неравенство (10) используется при удалении узлов с двумя топологическими соседями, а неравенство (11) – для узлов с одним соседом. Узлы, не имеющие соседей, удаляются в любом случае.

При завершении работы ESOINN полученные узлы классифицируются по принадлежности к тому или иному кластеру. Для этого используется понятие пути между двумя узлами – узлы *i* и *j* связаны путем, если между ними существует непрерывная цепочка связей. Для классификации узлов используется алгоритм 3.

Алгоритм 3. Классификация узлов к различным кластерам

1. Инициализировать все узлы как неклассифицированные.

2. Случайным образом выбрать один неклассифицированный узел *i* из набора узлов *A*. Пометить узел *i* как классифицированный и назначить ему метку кластера C_i.

3. Определить в наборе узлов *A* все неклассифицированные узлы, имеющие путь до узла *i*. Пометить эти узлы как классифицированные и назначить им такую же метку кластера, как и у узла *i*.

4. Переходить к шагу 2 до тех пор, пока все узлы не будут классифицированы.

Таким образом, полный алгоритм работы сети ESOINN имеет следующий вид:

1. Инициализировать набор узлов *A* двумя векторами, выбранными случайным образом из входных данных. Инициализировать пустой набор связей *C*.

2. Подать на вход сети новый обучающий вектор *x*.

3. Определить ближайший узел (победитель) a_1 и второй ближайший узел a_2. Если дистанция между *x* и a_1 или a_2 больше соответствующих порогов подобия T_{a_1} или T_{a_2}, входной сигнал является новым узлом – добавить его в набор узлов *A* и перейти к шагу 2 для получения следующего входного вектора. Пороги подобия вычисляются по формулам (1) и (2).

4. Увеличить возраст всех связей, соединенных с узлом a_1, на 1.

5. Используя алгоритм 2, определить, нужно ли создавать связь между узлами a_1 и a_2.

а) Если необходимо создавать связь: если связь между узлами a_1 и a_2 уже существует, установить возраст этой связи равным 0, иначе создать связь между узлами a_1 и a_2, и установить возраст этой связи равным 0.

б) Если в создании связи нет необходимости и она уже существует, то удалить связь между узлами a_1 и a_2.

6. Обновить плотность победителя, используя формулу (4).

7. Увеличить накопленное количество сигналов M_{a_1} на 1.

8. Подстроить вектора весов победителя и его топологических соседей по формулам (5) и (6).

9. Удалить связи, возраст которых больше, чем предопределенный параметр age_{max}.

10. Если количество обучающих векторов, поданных на вход сети, кратно параметру λ:

а) Обновить метку подкласса для каждого узла по алгоритму 1.

б) Удалить узлы, полученные в результате шума во входных данных, используя неравенства (9) и (10).

11. Если процесс обучения закончен, классифицировать узлы к различным кластерам, используя алгоритм 3; сообщить количество кластеров, выходные прототипы векторов каждого кластера и остановить обучающий процесс.

12. Перейти к шагу 2 для продолжения процесса обучения, если обучение еще не закончено.

В процессе обучения не нужно хранить входные вектора, таким образом, данный алгоритм способен реализовать онлайн-обучение. Сеть будет обучаться новой информации, если расстояние между новыми данными и победителем или вторым победителем больше, чем порог подобия. Если расстояние между новыми данными и победителем или вторым победителем меньше порога подобия, это означает, что входные данные были хорошо усвоены ранее и никаких изменений в сети в этом случае не происходит. Этот процесс делает алгоритм пригодным для возрастающего обучения; сеть изучает новую информацию без удаления ранее усвоенных знаний.

Литература

1. Zhang D. A review on automatic image annotation techniques / D. Zhang, Md. M. Islam, G. Lu // Pattern Recognition. 2012. Vol. 45, Issue 1. P. 346–362.

2. Shen F. An Incremental Network for On-line Unsupervised Classification and Topology Learning / F. Shen, O. Hasegawa // Neural Networks. 2006. Vol. 19, № 1. P. 90–106.

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 12

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Председатель секции – **Шелупанов А.А.**, д.т.н., профессор, зав. каф. КИБЭВС, проректор по научной работе*

А.В. Ахаев, И.А. Ходашинский
ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРИГИНАЛЬНОГО ЯЗЫКА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ 3

М.М. Антонов, И.И. Емельянов, А.С. Колтайс, Т.С. Лебедева
ИЗУЧЕНИЕ И АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ ERP-СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ 1С 7

С.А. Черепанаов
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ СПОРТИВНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ 9

И.В. Горбунов
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА И АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПО КЛАВИАТУРНОМУ ПОЧЕРКУ 13

А.В. Котенко, Д.Р. Нурдавлетова, М.А. Сопов
СТРУКТУРА ИНФРАСТРУКТУРЫ ОТКРЫТЫХ КЛЮЧЕЙ 18

А.Б. Крохалева, В.М. Белов
ПОКАЗАТЕЛЬ ПОДГОТОВЛЕННОСТИ КАК ИНТЕГРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СПЕЦИАЛИСТА ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА СОВРЕМЕННОМ РЫНКЕ ТРУДА 23

А.В. Моргуненко, Д.С. Никифоров, И.Ю. Поляков, А.К. Пономарев
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ЖЕСТКОГО ДИСКА КОМПЬЮТЕРА 27

Д.С. Ризванов
НОСИТЕЛИ С НЕИЗВЛЕКАЕМЫМ ЗАКРЫТЫМ КЛЮЧОМ 28

А.С. Романов
МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА НАКОПИТЕЛЬНЫХ СУММ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОДНОРОДНОСТИ ТЕКСТА И ВЫЯВЛЕНИЯ ПЛАГИАТА 30

Ю.В. Шабля, Д.В. Кручинин
КРИТЕРИИ ПРОСТОТЫ ЧИСЛА НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДЯЩИХ ФУНКЦИЙ 38

А.С. Яценко
ПОДБОР СТАНДАРТОВ И СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПОИСКА УЯЗВИМОСТЕЙ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ 40

П.В. Жигулин, А.В. Мальцев, М.А. Мельников, Д.Э. Подворчан
АНАЛИЗ СЕТЕВОГО ТРАФИКА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ 44

Секция 13

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ И ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

*Председатель секции – **Ехлаков Ю.П.**, д.т.н., профессор, зав. каф. АОИ*

М.В. Гуцул, А.Д. Истомин, М.Д. Носков, А.А. Чеглоков
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ БЛОКОВ НА ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ 49

М.Ю. Катаев, А.А. Шмырина
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПРОЦЕССНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА 53

В.Ю. Лошкарёв, Е.И. Грибков, И.В. Безходарнов
РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТОТИПА ВОПРОСНО-ОТВЕТНОЙ СИСТЕМЫ 57

Е.К. Малаховская
СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СОЗДАНИЯ
МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ 61
А.И. Назарова, О.Н. Богомолова, А.С. Ефремов
СТРАТЕГИЯ ПРОДВИЖЕНИЯ ГИС НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ WGS3-T 65
Г.К. Сакирко, А.Д. Истомин, М.Д. Носков, А.А. Чеглоков
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПО УПРАВЛЕНИЮ ГИДРОДИНАМИКОЙ ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ УРАНА
МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ 68
Д.В. Сапрон, А.А. Сидоров
СИТУАЦИОННЫЙ ЦЕНТР КАК КАТАЛИЗАТОР ИНФОРМАЦИОННЫХ
ПРЕОБРАЗОВАНИЙ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ 73
Д.А. Сидоров, А.М. Товкач
МОДУЛЬ «НКТ-МЕНЕДЖЕР» КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ
НЕФТЕПРОМЫСЛОВОЙ ИНФОРМАЦИИ ОНИКС 77
М.Р. Тухватшин
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В WEB-ОРИЕНТИРОВАННОЙ
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ФОРМИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА
ЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА ИНЖЕНЕРНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ 80
М.Ю. Катаев, Р.И. Уколов
ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ 83

Секция 14

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ

Председатель секции – ***Дмитриев В.М.****, д.т.н., профессор, зав. каф. МОТЦ*

И.В. Ботнаренко, Я.К. Кротов, И.С. Куренков, Д.С. Терентьев
СИСТЕМА НАКОПЛЕНИЯ ЗНАНИЙ (РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА) 88
В.М. Дмитриев
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНФОРМАЦИОННЫХ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ 92
В.М. Дмитриев, Т.В. Ганджа
ФОРМИРОВАНИЕ УЧЕБНО-ИЛЛЮСТРАТИВНЫХ МОДУЛЕЙ В СРЕДЕ
МНОГОУРОВНЕВОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ MAPC 96
В.М. Дмитриев, Ю.И. Мальцев, В.В. Ганджа
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕПЕЙ С ВИРТУАЛЬНЫМИ
И ФИЗИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ УЧЕБНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ 100
Д.А. Файзулин
РАЗРАБОТКА АТЛАСА ПО ОБЩЕЙ ПАТОЛОГИИ 102
Т.В. Ганджа
МНОГОУРОВНЕВЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ СЛОЖНЫХ
ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ 104
М.И. Кочергин, К.С. Спиридонова
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИКО-ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ
ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ ОПИСАНИЯ ОБЪЕКТА МОДЕЛИРОВАНИЯ 110
Ю.И. Мальцев
ЯЗЫК УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ X-ROBOT 114
А.В. Шутенков, А.В. Сторчак
УЧЕБНО-ИЛЛЮСТРАТИВНЫЕ МОДУЛИ В ИНТЕРАКТИВНОМ УЧЕБНИКЕ
ПО КУРСУ «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ» 118
С.К. Важенин
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ПОДСИСТЕМЫ В ФОРМАТЕ МЕТОДА КОМПОНЕНТНЫХ ЦЕПЕЙ 121

Секция 15

ИННОВАЦИИ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОНИКИ И УПРАВЛЕНИЯ

*Председатель секции – **Осипов Ю.М.**, д.э.н., д.т.н., профессор, зав. отделением каф. ЮНЕСКО*

И.В. Куфтов, М.Ю. Некрасова
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ СИЛОВЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ НА КАРБИДЕ КРЕМНИЯ: ДИОД ШОТТКИ 125

К.В. Левин, И.Е. Черепанов
РЕАЛИЗАЦИЯ РОБОТА LEGO MINDSTORMS NXT 2.0, ИМЕЮЩЕГО ВОЗМОЖНОСТЬ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ 129

Секция 16

ОПТОЭЛЕКТРОНИКА И ФОТОНИКА

*Председатель секции – **Задорин А.С.**, д.ф.-м.н., профессор, зав. каф. РЗИ*

Н.Н. Алексеева, А.С. Иргит, А.А. Куртова, Ш.Ш. Монгуш, М.В. Побаченко
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ К ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ВАСКУЛЯРНОГО РИСУНКА ЛАДОНИ 131

Л.Я. Серебренников, В.А. Краковский, М.В. Чуманов, И.А. Паргачёв, С.М. Шандаров
АКУСТООПТИЧЕСКИЕ МОДУЛЯТОРЫ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ, НА НЕЛИНЕЙНО-ОПТИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛАХ RKTP 137

Д.В. Дубинин, В.Е. Лаевский (V. Geringer), В. Поль (V. Pohl), Дж. Хайлиг (J. Heilig)
СИСТЕМНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РАБОТЫ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ 140

Д.А. Конкин, Н.А. Дашин, Р.В. Литвинов, А.А. Шибельгут
ЧИСЛОВАЯ АПЕРТУРА МИКРОСТРУКТУРИРОВАННОГО ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА С КАНАЛАМИ, ЗАПОЛНЕННЫМИ РАСТВОРОМ РОДАМИНА В ИЗОПРОПАНОЛЕ, ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ СВЕТА 145

А.А. Лукина, А.В. Максимов, М.В. Побаченко
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ 149

А.А. Титов
УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ АМПЛИТУДОЙ МОЩНЫХ ГАРМОНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С СОГЛАСОВАННЫМ ВХОДОМ 157

А.А. Титов
УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ АМПЛИТУДОЙ МОЩНЫХ ИМПУЛЬСОВ С ПОВЫШЕННЫМ ДИНАМИЧЕСКИМ ДИАПАЗОНОМ 162

Секция 17

ВИДЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЦИФРОВОЕ ТЕЛЕВИДЕНИЕ

*Председатель секции – **Пустынский И.Н.**, д.т.н., профессор, зав. каф. ТУ*

В.В. Белозерских, П.Ю. Гуляев, В.И. Иордан
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СВ-СИНТЕЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФОТОПРИЕМНИКОВ ОПТИЧЕСКОГО И ИК-ДИАПАЗОНОВ 169

Евг.В. Лежнин, А.О. Мелкозеров
ВСТРАИВАНИЕ ИНТЕРПРЕТАТОРА PYTHON В СИСТЕМУ TALGAT 173

Ег.В. Лежнин, А.О. Мелкозеров
ВСТРАИВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ РАБОТЫ С ПРОЕКТАМИ В СИСТЕМУ TALGAT 176

А.В. Проскурин
РАСШИРЕННАЯ САМООРГАНИЗУЮЩАЯСЯ РАСТУЩАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ В ОНЛАЙН-РЕЖИМЕ 178

Научное издание

ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

IX Международная научно-практическая конференция

30–31 октября 2013 г.

Материалы докладов

В двух частях
Часть 2

Ответственный редактор – **Н.Д. Малютин**

Корректор – В.Г. Лихачева
Верстка В.М. Бочкаревой

Издательство «В-Спектр»
Подписано к печати 25.11.2013.
Формат $60\times84^{1}/_{16}$. Печать трафаретная.
Печ. л. 11,75. Усл. печ. 16,45.
Тираж 100 экз. Заказ 93.

Тираж отпечатан в издательстве «В-Спектр»
ИНН/КПП 7017129340/701701001, ОГРН 1057002637768
634055, г. Томск, пр. Академический, 13/24, тел. 49-09-91.
E-mail: bvm@sibmail.com