

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МЕЖДУНАРОДНАЯ АКАДЕМИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ  
СОЮЗ МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ  
РЯЗАНСКОЙ ОБЛАСТИ  
РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

# **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ**

## **СТНО-2019**

### **II МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКИЙ ФОРУМ**

**Сборник трудов**

**Том 4**

Рязань  
Book Jet  
2019

УДК 004 + 001.1 + 681.2+ 681.2+ 681.3+681.5  
С 568

Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2019 [текст]: сб. тр. II междунар. науч.-техн. форума: в 10 т. Т.4./ под общ. ред. О.В. Миловзорова. – Рязань: Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2019; Рязань. – 222 с.,: ил.

Сборник включает труды участников II Международного научно-технического форума «Современные технологии в науке и образовании» СТНО-2019.

В сборнике освещаются вопросы математического моделирования, новых технологий в радиотехнике, телекоммуникациях, электротехнике и радиоэлектронике, вопросы полупроводниковой наноэлектроники, приборостроения, лазерной, микроволновой техники, силовой промышленной электроники, новые технологии в измерительной технике и системах, биомедицинских системах, алгоритмическое и программное обеспечение вычислительной техники, вычислительных сетей и комплексов, вопросы систем автоматизированного проектирования, обработки изображений и управления в технических системах, перспективные технологии в машиностроительном и нефтехимическом производствах, новые технологии и методики в высшем образовании, в т.ч. вопросы гуманитарной и физико-математической подготовки студентов, обучения их иностранным языкам, перспективные технологии электронного обучения, в том числе, дистанционного, вопросы экономики, управления предприятиями и персоналом, менеджмента, а также вопросы гуманитарной сферы.

Авторская позиция и стилистические особенности сохранены.

УДК 004 + 001.1 + 681.2+ 681.2+ 681.3+681.5

ISBN 978-5-7722-0301-9

© Рязанский государственный  
радиотехнический университет, 2019  
© Издательство «Book Jet»,  
макет, 2019

## **ИНФОРМАЦИЯ О МЕЖДУНАРОДНОМ ФОРУМЕ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ» СТНО-2019**

II Международный научно-технический форум «Современные технологии в науке и образовании» СТНО-2019 состоялся 27.02.2019-01.03.2019 в г. Рязань в Рязанском государственном радиотехническом университете.

В рамках II Международного форума «Современные технологии в науке и образовании» СТНО-2019 состоялись четыре Международные научно-технические конференции:

«Современные технологии в науке и образовании. Радиотехника и электроника», секции

- Радиотехнические системы и устройства;
- Телекоммуникационные системы и устройства;
- Цифровые информационные технологии реального времени;
- Промышленная силовая электроника, электроэнергетика и электроснабжение;
- Физика полупроводников, микро- и наноэлектроника;
- Микроволновая, оптическая и квантовая электроника;
- Современные методы обработки данных;
- Актуальные задачи химических технологий;

«Современные технологии в науке и образовании. Вычислительная техника и автоматизированные системы», секции

- Алгоритмическое и программное обеспечение вычислительных систем и сетей;
- ЭВМ и системы;
- Системы автоматизированного проектирования;
- Информационные системы и защита информации;
- Математические методы в научных исследованиях;
- Обработка изображений и управление в технических системах;
- Геоинформационные и космические технологии;
- Автоматизация производственно-технологических процессов в приборо- и машиностроении;

• Информационно-измерительные устройства и системы в технике и медицине;

«Современные технологии в науке и образовании. Экономика и управление», секции;

• Проблемы рынка: экономика и управление;

• Актуальные проблемы государственного, муниципального и корпоративного управления;

- Менеджмент и организация производства;
- Бухгалтерский учет, анализ и аудит;
- Управление персоналом;
- Экономическая безопасность;

«Современные технологии в науке и образовании. Новые технологии и методы в высшем образовании», секции

- Современные технологии электронного обучения;
- Иностранный язык в техническом вузе;
- Лингвистика и межкультурная коммуникация;
- Направления и формы гуманитаризации высшего образования;
- Методы преподавания и организация учебного процесса в вузе;
- Гуманитарная подготовка студентов;
- Физико-математическая подготовка студентов;
- Технологии обучения и воспитания на военной кафедре.

### **Организационный комитет Форума:**

Чиркин М.В., и.о. ректора, д.ф.-м.н., проф. – председатель

Гусев С.И., проректор по научной работе, д.т.н., проф. – зам. председателя;

Бухенский К.В., проректор по учебной работе, к.ф.-м.н., доц. – зам. председателя;

Миловзоров О.В., зам. директора института магистратуры и аспирантуры, к.т.н, доц. – координатор;

Устинова Л.С., начальник отдела информационного обеспечения – отв. за информационную поддержку;

Трубицына С.Г., вед. инженер – секретарь оргкомитета;

Благодарова И.А., ведущий программист – секретарь оргкомитета;

### **члены оргкомитета:**

Авилкина С.В., к.п.н., доцент кафедры «Государственное, муниципальное и корпоративное управление»;

Алпатов Б.А., д.т.н., профессор кафедры «Автоматика и информационные технологии в управлении»;

Бабаян П.В., к.т.н., доц., зав. кафедрой «Автоматика и информационные технологии в управлении»;

Витязев В.В., д.т.н., проф., зав. кафедрой «Телекоммуникации и основы радиотехники»;

Евдокимова Е.Н., д.э.н., проф., декан Инженерно-экономического факультета; зав. кафедрой «Экономика, менеджмент и организация производства»;

Еремеев В.В., д.т.н., проф., директор НИИ «Фотон»;

Ерзылева А.А., к.э.н., доцент кафедры «Экономика и финансовый менеджмент»;

Есенина Н.Е., к.п.н., доц., зав. кафедрой Иностранных языков;

Жулев В.И., д.т.н., проф., зав. кафедрой "Информационно-измерительная и биомедицинская техника";

Иваненко Р.В., полковник, начальник Военной кафедры;

Кириллов С.Н., д.т.н., проф., зав. кафедрой "Радиоуправление и связь";

Клейносова Н.П., к.п.н., доц., директор Центра дистанционного обучения;

Ключко В.К., д.т.н., профессор кафедры «Автоматика и информационные технологии в управлении»;

Коваленко В.В., к.т.н., доц., зав. кафедрой «Химическая технология»;

Корячко В.П., д.т.н., проф., зав. кафедрой «Системы автоматизированного проектирования вычислительных средств»;

Костров Б.В., д.т.н., проф., зав. кафедрой «Электронные вычислительные машины»;

Кошелев В.И., д.т.н., проф., зав. кафедрой «Радиотехнические системы»;

Круглов С.А., к.т.н., доц., зав. кафедрой «Промышленная электроника»;

Куприна О.Г., к.п.н., доцент кафедры Иностранных языков;

Лукьянова Г.С., к. ф.-м.н., доцент кафедры «Высшая математика»;

Мусолин А.К., д.т.н., проф., зав. кафедрой «Автоматизация информационных и технологических процессов»;

Овечкин Г.В., д.т.н., профессор кафедры «Вычислительная и прикладная математика»;

Паршин Ю.Н., д.т.н., проф., зав. кафедрой «Радиотехнические устройства»;

Перфильев С.В., д.э.н., проф., зав. кафедрой «Государственное, муниципальное и корпоративное управление»;

Пржегорлинский В.Н., к.т.н., доц., зав. кафедрой «Информационная безопасность»;

Пылькин А.Н., д.т.н., проф., декан факультета Вычислительной техники, зав. кафедрой «Вычислительная и прикладная математика»;

Рохлина Т.А., к.филол.н., доцент кафедры Иностранных языков;

Серебряков А.Е., к.т.н., зам. зав. кафедрой «Электронные приборы»;

Соколов А.С., д.и.н., зав. кафедрой «Истории, философии и права»;

Таганов А.И., д.т.н., проф., зав. кафедрой «Космические технологии»;

Холомина Т.А., д.ф.-м.н., проф., зав. кафедрой «Микро- и наноэлектроника»;

Чеглакова С.Г., д.э.н, проф., зав. кафедрой «Экономическая безопасность, анализ и учет».

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ.  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА  
И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ»**

**СЕКЦИЯ «АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ»**

УДК 004.738.5; ГРНТИ 20.51.23

**ПРОБЛЕМЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СЕТИ ИНТЕРНЕТ**

**А.В. Пруцков**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Россия, Рязань, <http://prutzkow.com>*

*Аннотация.* Основными проблемами сети Интернет являются распространение недостоверной информации и использование конфиденциальных данных злоумышленниками. Тенденции развития сети Интернет будут определяться противодействием этим злоупотреблениям. Необходимость соблюдения конфиденциальности приводит к парадоксам. Для разрешения парадоксов необходимо законодательное признание сети Интернет публичной сферой. Это повысит доверие к информации из этой сети, но снизит значимость сети Интернет.

*Ключевые слова:* сеть Интернет, тенденции развития.

**PROBLEMS AND EVOLUTION TRENDS OF THE INTERNET**

**A.V. Prutzkow**

*Ryazan State Radio Engeneering University,  
Russian Federation, Ryazan, <http://prutzkow.com>*

*Abstract.* Primary problems of the Internet are the inauthentic information spread and the use of confidential data by the criminals. Internet evolution trends will be determined by counteraction to these abuses. The need for observance of confidentiality leads paradoxes. Resolution of the paradoxes is the legislative recognition of the Internet as a public sphere. It will increase the credibility of information from this network, but will reduce importance of the Internet.

*Keywords:* Internet, evolution trends.

**Введение**

Глобальная информационно-коммуникационная сеть Интернет делает доступной информацию пользователям этой сети во всем мире. Именно поэтому часть научных методов и алгоритмов реализованы автором статьи в виде Интернет-приложения [1]. Анализ результатов работы Интернет-приложения представлен в [2-3]. Также в сети Интернет были размещены учебные материалы для студентов и дополнительные материалы к учебникам [4]. Работа с сетью Интернет натолкнула автора статьи на размышления, которые будут изложены далее.

Целью работы является выявление современных проблем сети Интернет и тенденций ее развития.

**Современное состояние и проблемы сети Интернет**

К настоящему времени сеть Интернет стала хранилищем знаний, глупостей и лжи. Сеть Интернет, как и любая система, составной частью которой является человек, вырождается. Причиной вырождения являются злоупотребления возможностями этой сети.

Наиболее значимыми являются два типа злоупотреблений:

1. Распространение недостоверной или неполной информации в своих интересах. Классификация недостоверной информации, обзор ее распространителей, характерных черт и способов выявления обсуждаются в [5].

2. Использование чужих личных данных в своих интересах. Личные данные – это фотографии и видеозаписи, размещенные на узлах сети Интернет, личные записи в социальных сетях, данные об использовании других сайтов (пароли, статистика посещения сайтов, статистика поисковых запросов и др.), а также персональные данные (в терминологии федерального закона от 27 июля 2006 года № 152-ФЗ «О персональных данных»).

Перечисленные типы злоупотреблений стали глобальными проблемами, препятствующими развитию сети Интернет.

### **Тенденции развития сети Интернет**

Дальнейшее развитие этой сети будет определяться тенденциями, противодействующими этим злоупотреблениям:

1. Создание подсети сети Интернет, данным из которой можно доверять (Trusted Internet). Это направление было предложено в [4].

2. Разработка подходов, гарантирующих конфиденциальность личных данных.

Рассмотрим эти тенденции более подробно.

### **Сеть Интернет, которой можно доверять (Trusted Internet)**

Проверить правильность всей информации невозможно. Также информация может нести субъективный оттенок. Поэтому для противодействия размещению недостоверной информации необходимо создать авторитетную некоммерческую организацию, подтверждающую авторство публикаций и ведущую статистику публикации недостоверной информации. В результате сайты, размещающие недостоверную информацию или информацию с неподтвержденным авторством, станут менее посещаемыми.

Одним из способов подтверждения авторства является ввод номеров удостоверений личности граждан при идентификации пользователя на сайте. Такая практика существует в Республике Корея. Согласно закону этой страны, принятому в 2007 году, все пользователи веб-сайта, количество посетителей которого превышает 100 тыс. в день, должны подтверждать свое настоящее имя при входе на веб-сайт или написании публикаций на нем [6]. Однако это повлекло массовые утечки конфиденциальных данных пользователей [7]. В результате руководство Республики Корея вынуждено было пойти на ограничение сбора номеров удостоверений [8].

В свободной энциклопедии Википедии для повышения достоверности требуется указывать ссылки на источники утверждений в статьях этой энциклопедии. Однако этот подход также не гарантирует полной достоверности [9].

### **Подходы, гарантирующие конфиденциальность личных данных**

Одним из подходов, гарантирующих конфиденциальность личных данных, является создание децентрализованной инфраструктуры для хранения личных данных.

Примером такой инфраструктуры является платформа Solid [10] (сокращение от Social Linked Data – связанные социальные данные), одним из авторов которой является Тим Бернерс-Ли. Платформа Solid подразумевает, что каждый пользователь имеет одну или несколько персональных ячеек для хранения данных (в терминологии платформы Solid – personal online datastore или pod). Ячейка хранится на личном сервере или сервере оператора и доступна в сети Интернет. Операторы могут предлагать различные условия хранения и конфиденциальности, также зависящие от законов страны, на территории которой хранится

ячейка. Пользователи могут выбирать и менять операторов. В работе [10] рассматриваются аналогичные инфраструктуры, выявляются их преимущества и недостатки.

### **Парадоксы сети Интернет**

Необходимость соблюдения конфиденциальности приводит к двум парадоксам:

1. Если пользователей обязывают подписывать открытые записи своими подлинными именами, то нарушается конфиденциальность авторов. И наоборот, анонимность порождает безнаказанность за публикацию недостоверной информации.

2. Личные данные гражданина не должны использоваться никем, в том числе и операторами их хранящими, кроме самого этого гражданина и теми, кому этот гражданин даст такое право. Однако правоохранительные органы могут потребовать доступ к этим данным при проведении следственных действий. В результате личные данные перестают быть неприкосновенными.

**Сеть Интернет и государство.** Чтобы выбрать направление разрешения этих парадоксов, необходимо определить взаимосвязь сети Интернет и государства. Можно выделить два типа взаимосвязи.

1. Государство не должно вмешиваться в работу сети Интернет, так как сеть Интернет – это саморегулируемое сообщество. Поэтому в сети Интернет можно делать все, что не нарушает ее правил. Однако в случае нанесения материального ущерба в сети Интернет потерпевшие забывают о саморегулируемости этой сети и обращаются к государству за помощью в наказании виновных.

2. В результате остается принять, что государство должно законодательно регулировать деятельность в сети Интернет, разыскивать и наказывать правонарушителей. Другим аргументом в пользу контроля государства над сетью Интернет является то, что государство имеет значительное представительство в сети. К примеру, государственные учреждения имеют сайты, через которые предоставляют услуги населению.

### **Разрешение парадоксов**

Исходя из второго типа взаимосвязи, парадоксы могут быть разрешены следующим образом:

1. Признать как законодательно, так и морально, что сеть Интернет – это публичная сфера и все данные, размещенные в ней как в открытом, так и ограниченном доступе, не могут быть анонимными. Под данными в открытом доступе понимаются данные, доступные для всех пользователей сети Интернет без их идентификации, например, статьи, страницы и комментарии на веб-сайтах. Под данными в ограниченном доступе понимаются данные, доступные после идентификации пользователя сети Интернет, например, почтовая переписка.

2. В силу того, что сеть Интернет – это публичная сфера, законодательно сократить требования до минимально необходимых к обязательному размещению личных данных в сети Интернет государственными и негосударственными учреждениями.

3. В силу того, что данные не могут быть анонимными, ужесточить наказание операторов, собирающих и хранящих личные данные граждан в сети Интернет, за утечку этих данных, и лиц, хранящих личную информацию других граждан и использующих ее в своих интересах без их разрешения.

4. Опять же в силу того, что данные не могут быть анонимными, стимулировать операторов минимизировать объем личных данных граждан, хранимых для их нужд, или хранить их преобразованном виде, делающем невозможным обратное преобразование (например, в виде хэш-кодов).

### Следствия разрешения парадоксов

Следствиями такого разрешения парадокса являются следующие:

1. Сокращение объема данных, передаваемых в сети Интернет. Если данные перестанут быть анонимными и будет ужесточено наказание за неправомерное использование личных данных, то сократится объем недостоверной информации в сети, а значит и суммарный объем информации. Резервных объемов достоверной информации, способных заполнить высвободившиеся объемы, не существует.
2. Повышение доверия к информации в сети Интернет за счет запрета или сокращения объемов анонимной информации.
3. Снижение значимости сети Интернет. Запрет на анонимность данных приведет к приостановке или существенному снижению объемов некоторых видов деятельности, например, незаконное распространения текстовых, графических, аудио- и видеоматериалов без разрешения владельца авторских прав.

### Заключение

На основе представленных материалов можно сделать следующие выводы:

1. Злоупотребление возможностями сети Интернет приводит к ее вырождению. Наиболее значимые типы злоупотреблений – это распространение недостоверной или неполной информации и использование чужих личных данных.
2. Тенденции развития сети Интернет направлены на противодействие этим злоупотреблениям: создание подсети с достоверной, проверенной информацией и инфраструктуры, гарантирующей конфиденциальность данных.
3. Необходимость соблюдения конфиденциальности данных приводит к парадоксам, которые необходимо разрешить путем ужесточения наказания за утечки и незаконное использование личных данных пользователей.
4. Государство должно регулировать деятельность своих граждан в сети Интернет.

### Библиографический список

1. Пруцков А.В., Цыбулько Д.М. Интернет-приложение метода обработки количественных числительных естественных языков // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2012. – № 41. – С. 70-74.
2. Пруцков А.В., Цыбулько Д.М. Теоретико-множественное представление метода обработки количественных числительных естественных языков и особенности их перевода в различных странах // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2014. – № 50-2. – С. 69-75.
3. Prutzkow, A. Interlingua-Based Numeral Translation in Web-Application with Knowledge-Testing. In the European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EPSBS, 2017 (pp. 290-298).
4. Пруцков А.В. Интернет-ресурс для размещения результатов научной и образовательной деятельности // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2018. – № 63. – С. 84-89.
5. Kumar, S., Shah, N. False Information on Web and Social Media: A Survey. In Social Media Analytics: Advances and Applications, CRC Press, 2018.
6. Song, Y., Kim, H., Huh, J.H. On the Guessability of Resident Registration Numbers in South Korea. In Proc. of Australasian Conference of Information Security and Privacy, 2016.
7. Sweeney, L., Yoo, J. De-anonymizing South Korean Resident Registration Numbers Shared in Prescription Data. In Technology Science, September 2015.
8. Номера удостоверений личности исчезнут из баз данных на сайтах. – Режим доступа: [http://world.kbs.co.kr/service/news\\_view.htm?lang=r&Seq\\_Code=39900](http://world.kbs.co.kr/service/news_view.htm?lang=r&Seq_Code=39900) (Дата обращения: 06.11.2018).
9. Kumar, S., West, R., Leskovec, J. Disinformation on the Web: Impact, Characteristics, and Detection of Wikipedia Hoaxes. In Proc. of International World Wide Web Conference, 2016.
10. Sambra, A.V., Mansour, E., Hawke, S., Zereba, M., Greco, N., Ghanem, A., Zagidulin, D., Abounaga, A., Berners-Lee, T. Solid: A Platform for Decentralized Social Applications Based on Linked Data. Technical Report, 2017.

УДК 004.823; ГРНТИ 28.23.13

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ОПИСАНИЯ И ВЫЯВЛЕНИЯ ОШИБОЧНЫХ ДЕЙСТВИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНТЕРНЕТ-ПРИЛОЖЕНИЯ ОБРАБОТКИ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ЯЗЫКОВ**

**А.А. Епифанцев**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Россия, Рязань, alexey.epifantsev@gmail.com*

*Аннотация.* Предложена архитектура программной системы, реализующей подход к описанию ошибочных действий пользователей программной системы с помощью фреймовой модели представления знаний. Рассмотрены функции и особенности реализации основных модулей программной системы.

*Ключевые слова:* фреймы, представление знаний, Интернет-приложения, морфологическая обработка, согласование, хранилище фреймов.

## **DESIGNING A SOFTWARE SYSTEM FOR DESCRIBING AND IDENTIFYING ERRORNEOUS ACTIONS OF USERS OF THE INTERNET APPLICATION FOR PROCESSING OF CARDINAL NUMERALS OF NATURAL LANGUAGES**

**A.A. Epifantsev**

*Ryazan state radio engineering University,  
Russia, Ryazan, alexey.epifantsev@gmail.com*

*Abstract.* It proposed the architecture of a software system that implements an approach to the description of flawed actions of users of a software system using the frame model of knowledge representation. The functions and features of the implementation of the basic modules of the software system are considered.

*Keywords:* frames, knowledge representation, Internet applications, morphological processing, matching, frame storage.

В работе [1] предложен метод описания действий пользователей программной системы с помощью фреймовой модели представления знаний. Необходимо разработать программную систему, реализующую предложенный метод для Интернет-приложения обработки количественных числительных естественных языков [2, 3]. В работе [4] рассмотрено применение вышеописанного метода для описания ошибочных действий пользователей Интернет-приложения, предложена структура фрейма для описания ошибочной ситуации и проведена классификация возникших в работе Интернет-приложения ошибок для представления знаний о типах ошибок в виде фреймов.

Требования к программной системе:

- 1) реализовать метод согласования ошибочного действия пользователей с иерархической системой фреймов;
- 2) разработать хранилище фреймов, которое позволит организовать персистентное хранение иерархической системы фреймов;
- 3) реализовать возможность вывода пользователю сообщения о результате процесса согласования.

Предлагается архитектура программной системы, реализующей предложенный метод описания ошибочных действий пользователя с помощью фреймовой модели представления знаний. Программная система состоит из следующих модулей:

- 1) хранилище фреймов – контейнер, в котором хранятся сведения об имеющихся в системе фреймах и их организации в иерархическую систему;
- 2) модуль согласования – сервис, отвечающий за процесс согласования входной строки с системой фреймов;

3) модуль локализации – компонент, отвечающий за формирование по результатам работы модуля согласования сообщений пользователю на разных языках. Для работы использует внешнее хранилище шаблонов сообщений.

Схему работы программной системы можно схематично представить следующим образом (рисунок 1):

1) строка поступает на вход модуля согласования;

2) модуль согласования обращается к контейнеру и производит согласование входной строки с системой фреймов. На выходе модуля согласования имеем коды допущенных пользователем ошибок, предложенные исправления;

3) результаты работы модуля согласования поступают на вход модуля локализации выходных сообщений;

4) модуль локализации на основе внешнего хранилища шаблонов сообщений формирует результирующее сообщение, которое будет показано пользователю Интернет-приложения.

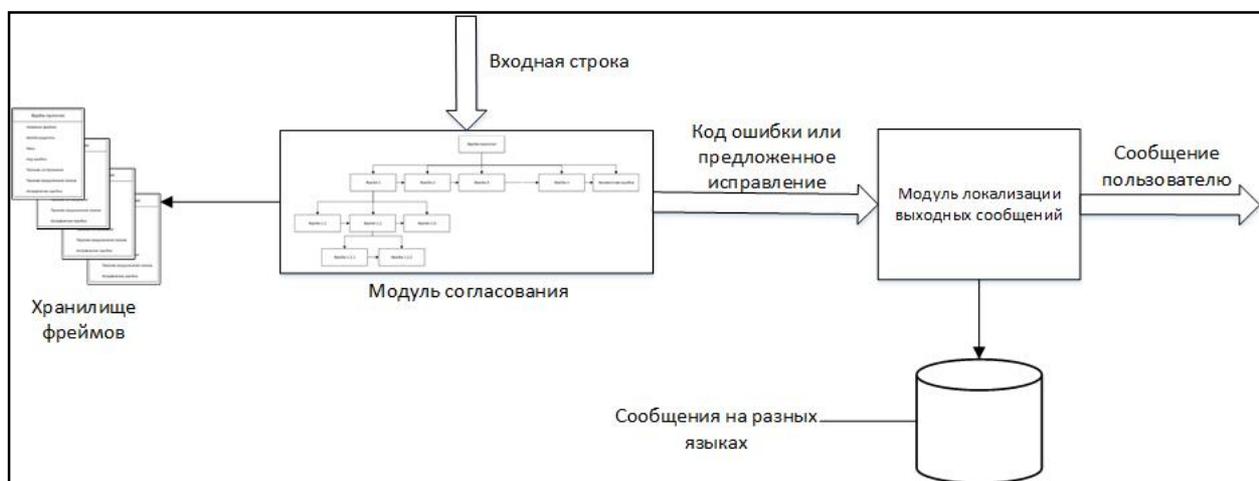


Рис. 1. Схема работы программной системы

Рассмотрим более подробно каждый из модулей системы.

Модуль согласования представляет собой программный компонент, на вход которого поступает строка, в которой пользователем была допущена ошибка. На выходе – результат согласования строки с системой фреймов – список кодов ошибок, допущенных во входной строке. Код ошибки – значение слота фрейма наиболее низкого уровня, сопоставление строки с которым прошло успешно. Схема алгоритма согласования ошибочного действия пользователей с системой фреймов представлена на рисунке 2.

Для хранения информации о представленных в системе фреймов предлагается использовать реляционную базу данных. Схема базы данных для хранения фреймов представлена на рисунке 3. Особого внимания заслуживает предлагаемая концепция сохранения в базе данных информации о представленных в системе процедурах. Предлагается хранить в базе данных название процедуры, тип возвращаемого значения, перечень передаваемых параметров. Этой информации достаточно для идентификации фреймом процедуры для вызова. При использовании объектно-ориентированного языка предложенный подход позволяет реализовать возможность динамической загрузки классов, содержащих методов, реализующих процедуры, с помощью механизма рефлексии. Это дает возможность добавления новых процедур и редактирования существующих без перекомпиляции и перезапуска системы. В качестве передаваемых при вызове процедуры фреймом параметров могут использоваться значения слотов фрейма или входные данные при согласовании. В случае, если у параметра предусмотрено значение по умолчанию, его передача необязательна.

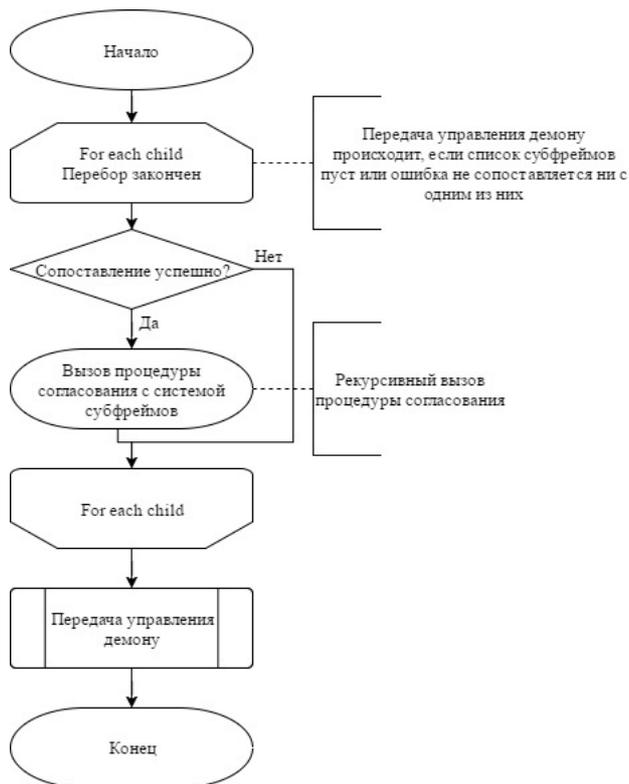


Рис. 2. Схема алгоритма согласования

Результатом работы программной системы является сообщение пользователю с информацией о допущенной им ошибке и возможностях ее устранения. Задача модуля локализации состоит в том, чтобы по полученному из модуля согласования коду ошибки с использованием внешнего хранилища сообщений на разных языках сформировать результирующее сообщение, которое будет представлено пользователю.

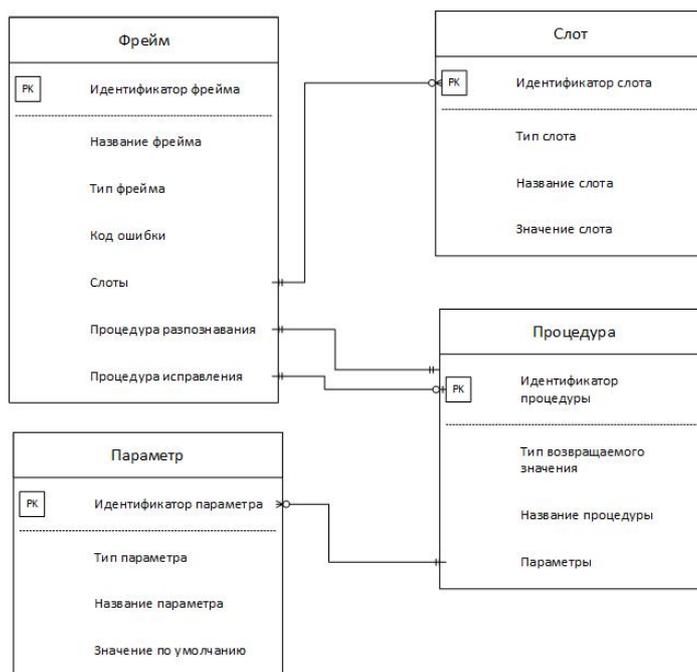


Рис. 3. Схема базы данных для хранения фреймов

Предложенная архитектура позволяет разработать программную систему, полностью соответствующую предъявленным требованиям. Она также позволяет использовать основное достоинство фреймовой модели представления знаний – возможность постоянного и регулярного расширения представленных в системе знаний [5]. Архитектура будет использована при описании ошибочных действий пользователей Интернет-приложения обработки количественных числительных естественных языков с помощью фреймовой модели представления знаний.

### Библиографический список

1. Епифанцев А.А. Метод описания и выявления ошибочных действий пользователя на основе фреймовой модели представления знаний // Новые информационные технологии в научных исследованиях и в образовании: материалы XXIII-й Всерос. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов: в 2 т. Т. 1 / Рязан. гос. радиотехн. ун-т. – Рязань, 2018. – С. 180-181.
2. Prutzkow, A. Interlingua-Based Numeral Translation in Web-Application with Knowledge-Testing. In the European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EPSBS, 2017 (pp. 290-298).
3. Пруцков А.В., Цыбулько Д.М. Теоретико-множественное представление метода обработки количественных числительных естественных языков и особенности их перевода в различных странах // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2014. – № 50-2. – С. 69-75.
4. Епифанцев А.А. Разработка фреймов для описания и выявления ошибочных действий пользователей интернет-приложения обработки количественных числительных естественных языков // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2018 [текст]: сб. тр. междунар. науч.-техн. форума: в 10 т. Т. 4./ под общ. ред. О.В. Миловзорова / Рязан. гос. радиотехн. ун-т. – Рязань, 2018. – С. 54-58.
5. Минский М. Фреймы для представления знаний: пер с англ. / под ред. Ф.М. Кулакова. – М.: Энергия, 1979. – 151 с.

УДК 004; ГРНТИ 20.01.45

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТАДЖИКСКИХ СЛОВОФОРМ

**Н.Ш. Мадибрагимов**

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

*Российская Федерация, navruzmadibragimov@gmail.com*

*Аннотация.* В данной статье рассматривается обзор трудов в области автоматического морфологического анализа таджикских словоформ. Приводятся результаты исследований и последние достижения исследователей в данной области, а также пути дальнейшего развития.

*Ключевые слова:* компьютерная лингвистика, таджикский язык, компьютерные технологии, машинная обработка текста.

## MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMATIC MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF TAJIK WORDS

**N.Sh. Madibragimov**

*Ryazan State Radio Engineering University*

*Russian Federation, navruzmadibragimov@gmail.com*

*Abstract.* This article discusses a review of researches in the field of automatic morphological analysis of Tajik word forms. The results of researches and the latest achievements of researchers in this field are given, also ways of further development are offered.

*Keywords:* computational linguistics, the Tajik language, computer technology, word processing.

Автоматизация морфологического анализа таджикских словоформ, по существу, играет главную роль в проблеме автоматической обработки текстовой информации, которая в свою очередь важна для участия таджикского языка в научно-техническом прогрессе.

На сегодняшний день для большинства привелигированных языков, проделаны множество трудов о методах морфологической обработки текстов и способах описания формо-

образования слов. В этом вопросе таджикские исследователи тоже не остались на стороне. Были проделаны много трудов, но в основном на теоретическом уровне.

Какое современное состояние развития автоматической обработки текстов на морфологическом уровне для таджикского языка? Для наблюдения тенденции необходимо изучать достигнутые результаты в этой сфере. В связи с этим изучить и описать современную тенденцию развития автоматического морфологического анализа таджикских словоформ, является актуальной задачей, поскольку необходимо основываться на уже проделанные работы, чтобы внести свой вклад в развитие прогресса автоматической обработки таджикских текстов на морфологическом уровне.

Исследования в области автоматизации морфологического анализа таджикских словоформ начаты в 1990 году. В статьях З.Д. Усманова и М.А. Исмаилова [1, 2] предложены концепции автоматического распознавания словоформ и элементов баз аффиксов, порождающих заданные словоформы.

В дальнейшем М.А. Исмаиловым описаны концептуальная модель и основы создания автоматизированного морфологического анализа [3, 4]. В этой работе М.А. Исмаилов комплексно исследовал проблему с позиции системного анализа. Разработал математические модели и алгоритмическое обеспечение системы автоматического морфологического анализа словоформ таджикского языка, распознавания и анализа некоторых связанных структур предложений (такие как изафетных и предложно-изафетных цепей, сложных числительных, предлогов и союзов) и представления отдельных классов словоформ сложной конструкции в нормализованном виде.

Изложена концепция автоматического морфологического анализа словоформ таджикского языка. Предложен метод анализа словоформ, состоящий из следующих этапов:

- выделение префиксов;
- поиск основы в компьютерном словаре;
- установление части речи, которой принадлежит обобщенная основа (префикс+основа);
- анализ постфиксов.

Также построены модели морфологического анализа слов таджикского языка, образованных из основ полноценных частей речи. В качестве рабочих моделей использованы имитационные модели анализа слов.

Ф.А. Абдуллаевым рассмотрен вопрос об экспертном морфоанализе многокоренных словоформ [5]. Л.А. Гращенко в рамках автоматической таджикско-персидской конверсии графических систем письма даны морфологические представления словоформ [6]. Он применил новый подход к морфологическому анализу заимствованных слов таджикского языка, учитывающему морфологические правила языков, из которых произошло заимствование.

Р.М. Исмаиловой для словоформ, порожденных именами существительными, прилагательными и числительными, дано представление в виде семантически тождественных им фрагментов предложений [7]. Р.С. Назаров несколько расширил базу аффиксов и изучил их присоединения к корням отдельных частей речи [8].

Д.Д. Собировым предложено автоматическое распознавание и анализ глаголов таджикского языка [9]. Он описывает метод и приводит модельный алгоритм распознавания глаголов и глагольных конструкций в предложениях таджикского языка. Под глагольной конструкцией в таджикском языке выступают простой глагол, сложно-именной глагол, сложно-деепричастный глагол и составной глагол или сочетание глагола с другими частями речи. Д.Д. Собиров рассматривает распознавание простых и сложных глаголов. По его теории, существует процедура, разбивающая произвольную словоформу таджикского языка на корни и аффиксы и ставящая ей в соответствие информацию о части речи.

В результате исследований получил исчерпывающий перечень глагольных постфиксов.

Общее число комбинаций постфиксов, за исключением случая отсутствия такового, равно 31. Для производных отыменных глаголов, основа которых образована конкатенацией к имени постфиксов *-ид* или *-онид*, может рассматриваться расширенное множество постфиксов мощностью 95. Перечень глагольных префиксов получен из работ [2, 7]: простых 13, сложных 35, всего 48.

В диссертации Г.М. Довудова проблема автоматического морфоанализа решалась с единых позиций системного анализа, основанного на тщательном и по возможности исчерпывающем описании базы аффиксов и нормальных форм (корней, основ) таджикских словоформ [10].

Выдвигается алгоритм автоматического распознавания морфов таджикских словоформ (рис. 1.).

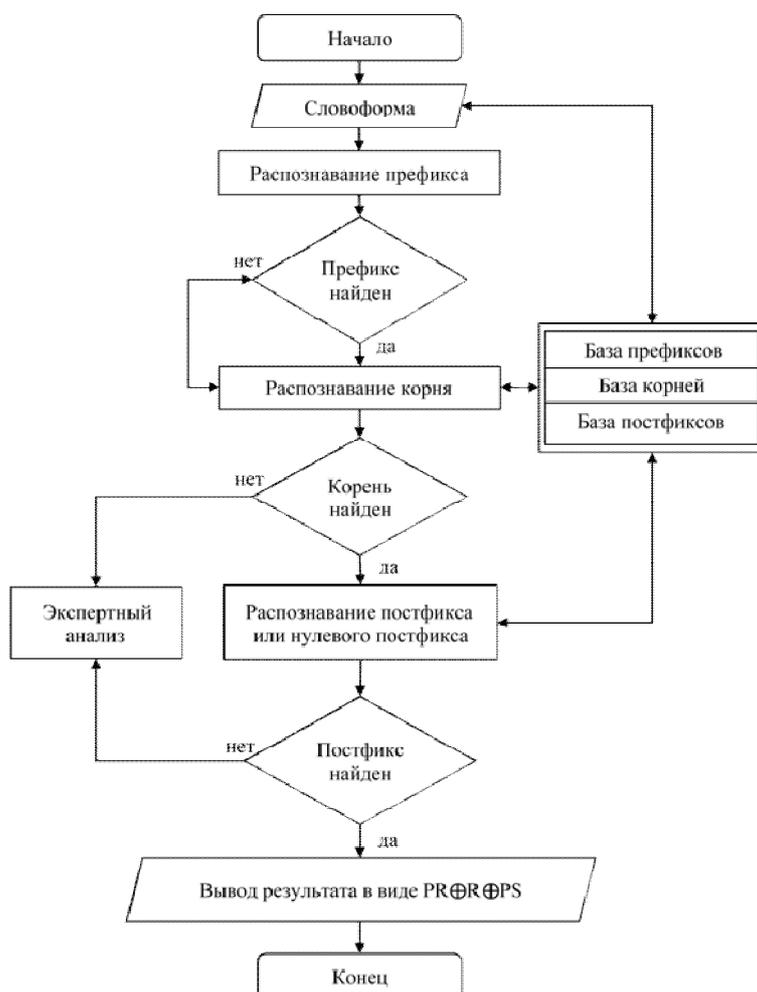


Рис. 1. Алгоритм автоматического распознавания морфов таджикских словоформ

В работе Г.М. Довудова собрана база морфов: 81 префиксов, 76 539 корней и 128 760 постфиксов. Разработан полуавтоматический морфоанализатор, который в тексте сравнивает слово с элементами базы данных морфов и определяет аффиксы, т.е. выполняет функцию морфоанализа – разделить произвольную словоформу на морфы согласно формуле (1) и определить её тип.

$$WF = PR \oplus R \oplus PS^1 \oplus PS^2, \quad (1)$$

где  $R$  – корень и  $PR$  – префикс;

суффикс  $PS^1$  и окончание  $PS^2$  выступают в качестве парадигмообразующего и парадигмоформирующего постфиксов.

В результате исследований выяснилось, что многие теоретические труды охватывают автоматизацию отдельных моментов или разделов морфологии таджикского языка. Наиболее полными работами являются труды М.А. Исмаилова, который исследовал комплексно автоматизацию словообразования с позиции системного анализа и работа Г.М. Довудова, в которой проблема рассматривается с единой позиции системного анализа, основывающаяся на собранной базе аффиксов. Также Г.М. Довудов разработал полуавтоматический морфоанализатор.

Результаты выполненного обзора автоматического морфологического анализа слов таджикского языка будут использованы при классификации слов в программной реализации универсального метода генерации и определения форм слов [11].

### Библиографический список

1. Усманов, З.Д. Концепция автоматического распознавания словоформ таджикского языка [Текст] / З.Д. Усманов, М.А. Исмаилов // Доклады АН РТ. - 1990. - Том 33, №1. - С. 16-18.
2. Усманов, З.Д. Автоматическое распознавание элементов таджикского словаря, порождающих задание словоформы [Текст] / З.Д. Усманов, М.А. Исмаилов // Доклады АН РТ. - 1990. - Том 33, №11. - С. 725-728.
3. Исмаилов, М.А. Математическая модель морфологического анализа и синтеза слов таджикского языка [Текст] / М.А. Исмаилов // Доклады АН РТ. - 1998. - Том 41, № 9. - С. 63-68.
4. Исмаилов, М.А. Основы автоматизированного морфологического анализа слов таджикского языка [Текст] / М.А. Исмаилов. - Душанбе: ПИО НПИЦентр, 1994. - 156 с.
5. Абдуллоев, Ф.А. Моделирование процесса морфологического анализа многокоренных слов таджикского языка [Текст] / Ф.А. Абдуллоев // Доклады АН РТ. - 2000. - Том 43, №4. - С. 4-7.
6. Гращенко, Л.А. Математические основы автоматизированной таджикско-персидской конверсии графических систем письма [Текст]: дисс....канд. физ.-мат. наук: 05.13.18 / Гращенко Л. А. - Душанбе, 2010. - 115 с.
7. Исмаилова, Р.М. К вопросу автоматизации морфологического анализа словоформ таджикского языка, образованных из имен числительных [Текст] / Р.М. Исмаилова // Доклады АН РТ. - 1990. - Том 33, №10. - С. 652-655.
8. Назаров, Р.С. О множестве префиксов таджикского литературного языка [Текст] / Р.С. Назаров // Доклады АН РТ. - 2006. - Том 49, №3. - С. 221-225.
9. Собиров, Д.Д. Метод и алгоритм распознавания глаголов в предложениях таджикского языка [Текст] / Д.Д. Собиров // Доклады АН РТ. - 2012. - Том 55, №2. - С. 120-125.
10. Довудов, Г.М. Компьютерный морфологический анализ таджикских словоформ. [Текст]: дисс....канд. техн. наук: 05.13.11: защищена 06.04.2018/ Довудов Гулшан Мирбахоевич. – Душанбе, 2018. – 161 с.
11. Prutskov, A.V. Algorithmic Provision of a Universal Method for Word-Form Generation and Recognition. In Automatic Documentation and Mathematical Linguistics, 2011, vol. 45, № 5, pp. 232-238.

УДК 004.658; ГРНТИ 20.15.13

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ПРИЕМНОЙ КОМИССИИ ВОЕННОГО УЧИЛИЩА**

**А.Д. Ивченко**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, alexey.ivchenko7@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются перспективы разработки и внедрения информационной системы для организации работы приемной комиссии военного училища, ее потенциальные преимущества перед существующими аналогами.

*Ключевые слова:* информационная система, приемная комиссия, военное училище, web-приложение, разграничение прав доступа.

## **PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE INFORMATION SYSTEM FOR THE ORGANIZATION OF THE WORK OF THE RECEPTION COMMISSION OF MILITARY SCHOOL**

**A.D. Ivchenko**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, alexey.ivchenko7@yandex.ru*

*Abstract.* The paper discusses the prospects for the development and implementation of an information system for organizing the work of the admission commission of a military school, its potential advantages over existing analogues.

*Keywords:* information system, admission committee, military school, web application, access rights.

Активное внедрение информационных технологий сегодня является повсеместным явлением. Постоянно говорят об автоматизации (цифровизации) процессов в различных сферах человеческой деятельности. «Электронная регистратура» в поликлиниках, «Электронный дневник» в школах, «Портал государственных услуг Российской Федерации» – это лишь малый перечень примеров цифровизации. Также она не обошла стороной и вооруженные силы.

Анализ современного мирового опыта показывает, что успешное проведение военных операций требует своевременного комплексного информационного обеспечения боевых действий, что уже невозможно без современных информационных технологий. Как правило, военные разработчики направляют наибольшую часть усилий на усовершенствование автоматизированных систем управления войсками, на внедрение искусственного интеллекта и прочие задачи, крайне необходимые для достижения технического преимущества в бою.

Не стоит забывать об автоматизации деятельности сотрудников приемных комиссий военных комиссариатов, военных училищ, а также военных кафедр, ведь именно от их действий зависят судьбы призывников и военных абитуриентов. Работа кадровых сотрудников сильно зависит от человеческого фактора: личное дело будущего военнослужащего может потеряться, имеет место риск искажения данных в анкетах при их многократном заполнении, возможна фальсификация заключений врачебных комиссий.

Эти и другие проблемы могло бы решить веб-приложение, автоматизирующее работу сотрудников приемной комиссии на всех этапах.

### **Обзор существующих аналогов**

Прежде чем приступить к оценке перспектив разработки рассматриваемой информационной системы следует осуществить обзор уже имеющихся на данный момент аналогов.

В таблице 1 приведены достоинства и недостатки наиболее популярных программ, предназначенных для автоматизации всего цикла задач приемных комиссий вузов.

Таблица 1. Обзор достоинств и недостатков существующих программ для автоматизации задач приемных комиссий

Наименование	Достоинства	Недостатки
БИТ.ВУЗ.ПРИЕМНАЯ КОМИССИЯ [1]	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Интеграция с ФИС</li> <li>- Регистрация анкетных данных и заявлений абитуриентов</li> <li>- Формирование отчетности</li> <li>- Автоматизированное формирование приказов о зачислении</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Высокая стоимость</li> <li>- Не ориентирована на военные учебные заведения</li> <li>- Отсутствует возможность добавления новых отчетов</li> </ul>
TandemUniversity Модуль «Приёмная комиссия»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Интеграция с ФИС</li> <li>- Добавление заявления абитуриента с помощью пошагового мастера</li> <li>- Моделирование зачисления</li> <li>- Возможность добавления новых отчетов силами технических специалистов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Высокая стоимость</li> <li>- Не ориентирована на военные учебные заведения</li> </ul>
База данных военного училища в MS Access	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Низкая стоимость (MS Office)</li> <li>- Расширяемость силами технических специалистов</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Данные передаются посредством USB-флеш-накопителей</li> <li>- Нагромождение данных на формах</li> <li>- Отсутствует разграничение прав доступа</li> </ul>

### Цикл работ приемной комиссии

Для построения наиболее удобной в работе системы, которая будет удовлетворять требованиям персонала, а также сохранять все перечисленные выше достоинства и исключать недостатки, необходимо более детально рассмотреть реальную последовательность действий приемной комиссии военного училища. Цикл работ по приему абитуриентов включает в себя следующие этапы:

1. Формирование расписания набора. Учебный отдел формирует расписания вступительных испытаний абитуриентов одновременно со сдачей всех учащихся единого государственного экзамена.

2. Прием личных дел от военкоматов. В июне абитуриенты, желающие поступить в военные училища, обращаются в военкоматы по месту своего жительства. Где они проходят профотбор (получают имеющиеся результаты), медицинскую комиссию и сдают нормативы по физической подготовке. После чего все полученные результаты передаются военкоматами вместе с личным делом в военное училище.

Сотрудник приемной комиссии вносит основные данные по всем поступившим от военкоматов личным делам. А также формирует статистики приема личных дел абитуриентов от каждого военкомата, автономного округа и т.д.

3. Отбор личных дел. На данном этапе проходит первичный отбор абитуриентов по критериям годности. Абитуриенты, личные дела которых удовлетворили заявленным требованиям, имеют возможность дальше проходить вступительные испытания. Личные дела абитуриентов, которые не смогли пройти первичный отбор, в системе помечаются отметкой «не годен» и откладываются.

4. Прибытие на место сборов военных абитуриентов. Военные абитуриенты прибывают за неделю до гражданских абитуриентов на место сборов. Их объединяют в отдельные роты.

5. Перемещение приемной комиссии. В июле абитуриенты, которые были отобраны на этапе ранее, вместе с приемной комиссией прибывают в место прохождения учебных сборов.

При этом система, которая является основным инструментом работы приемной комиссии и заполнялась ранее, переносится на флэш-накопитель.

6. Регистрация абитуриентов на месте проведения учебных сборов. На данном этапе происходит уточнение и дополнение информации о каждом абитуриенте. После чего абитуриенты распределяются по ротам и расположениям.

7. Прохождение учетных сборов. Во время прохождения учебных сборов абитуриенты в соответствии с составленным ранее расписанием набора проходит дополнительный профотбор, медицинский осмотр, а также выполняет нормативы по физической подготовке. Полученные данные вносятся преподавателями в учетные бланки и ведомости, а затем они вносятся в информационную систему и могут послужить причиной отказа абитуриенту в дальнейшем прохождении процедуры поступления.

8. Формирование конкурсных списков. Полученные за время прохождения учебных сборов результаты переводятся в баллы. На основе этих баллов, а также баллов полученных абитуриентами за ЕГЭ формируются конкурсные списки по каждой из специальностей.

9. Формирование проекта приказа. На основании результатов конкурсных списков и расчета комплектования происходит формирование проекта приказа о зачислении, после подписания которого формируются списки поступивших.

Проанализировав достоинства и недостатки существующих аналогов, а также цикл задач приемной комиссии военного училища выделим ключевые моменты, на которые следует обратить внимание в ходе проектирования информационной системы:

1. Информационная система должна решать вопросы, с которыми сталкивается сотрудник приемной комиссии на всех этапах набора военных абитуриентов.

2. Информационная система не должна быть привязана к рабочему месту сотрудника: он должен всегда иметь доступ к системе при наличии смартфона с выходом в сеть Интернет.

3. Информационная система должна обладать функцией разделения доступа для различных сотрудников, так как обращение большого числа пользователей к одним и тем же данным значительно усложнит работу приемной комиссии.

4. Информационная система должна обладать специализированным ресурсом для централизованного хранения важной программной информации, а именно данных о наиболее значимых изменениях системы, а также хранение статистики нахождения сотрудников в системе.

5. Информационная система должна быстро и четко осуществлять отбор абитуриентов по имеющимся специальностям в соответствии с актуальными критериями отбора: именно этот заключительный этап работы приемной комиссии является наиболее долгим и трудоемким.

6. Информационная система должна обладать удобным форматом взаимодействия с сотрудником: одним щелчком сотрудник может формировать отчеты и осуществлять поиск личных дел абитуриентов.

## **Заключение**

Таким образом, можно сделать вывод, что действующие в настоящее время информационные системы для организации работы приемной комиссии высших учебных заведений определенно выполняют свои функции, но при этом они не рассчитаны на работу с данными абитуриентов военных училищ.

Целесообразно разработать информационную систему для организации работы приемной комиссии военного училища, которая будет реализовывать ключевые моменты, описанные ранее, и соответствовать требованиям к программному обеспечению, а именно: гибкости, мобильности, защищенности и надежности.

**Библиографический список**

1. БИТ.ВУЗ.Приёмная комиссия. URL: <https://www.1cbit.ru/1csoft/bit-priemnaya-komissiya/>

УДК 519.71; ГРНТИ 27.47.15

**НЕСУЩЕСТВОВАНИЕ ХОРНОВСКИХ БЕНТ-ФУНКЦИЙ  
ШЕСТИ ПЕРЕМЕННЫХ**

**И.А. Цветков**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Россия, Рязань, 19197113@rambler.ru*

*Аннотация.* Полным перебором на ЭВМ всех бент-функций шести переменных установлено, что ни одна из таких функций не является хорновской булевой функцией.

*Ключевые слова:* Бент-функция, булева функция, хорновская булева функция.

**NONEXISTENCE OF HORN BENT FUNCTIONS OF SIX VARIABLES**

**I.A. Tsvetkov**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, 19197113@rambler.ru*

*Abstract.* A complete computer search among all the bent functions of six variables has evidenced that none of these functions is a Horn boolean function.

*Keywords:* Bent function, boolean function, Chorn boolean function.

**Введение**

*Бент-функция* — это булева функция с *четным* числом переменных, расстояние Хэмминга от которой до множества всех *линейных* булевых функций с тем же числом переменных *максимально возможно* [1, с. 9]. Сейчас теория бент-функций активно развивается. Одна из причин — применение таких функций в криптографии [1, с. 14 – 15].

Есть булевы функции, удовлетворяющие условию: если для *каждого* из двух наборов значений переменных значение функции *единичное*, то для поэлементной *дизъюнкции* этих наборов значение функции также *единичное*. Булеву функцию, удовлетворяющую такому условию (*условию хорновости*), называем *хорновской* (по аналогии с несколько иным определением хорновской булевой функции в [3, с. 271]). Альфред Хорн (1918 – 2001) — американский математик. Хорновские булевы функции применяются для анализа функциональных зависимостей в базах данных, при исследовании динамических систем с использованием сетей Петри, в задачах целочисленной оптимизации [3, с. 273 – 277].

Есть ли хорновские *бент-функции*? Да: всего бент-функций *двух* переменных восемь [1, с. 23], семь из них — хорновские; всего бент-функций *четырёх* переменных 896 [1, с. 23], 16 из них — хорновские. Это проверяется просто: *все* бент-функции *двух* и *четырёх* переменных *известны*; полный перебор таких функций не требует больших вычислительных затрат.

Бент-функций *шести* переменных 5 425 430 528 [1, с. 24]. Сколько из них *хорновских* булевых функций? До настоящего времени это было неизвестно.

В докладе предлагается алгоритм проверки выполнения условия хорновости для *каждой* бент-функции *шести* переменных. Результат такой проверки, реализованной автором доклада на ЭВМ по этому алгоритму: хорновские бент-функции *шести* переменных *не существуют*.

### Обозначения и термины

Обозначим:

$N = \{1, 2, \dots\}$  — множество всех натуральных чисел;

$N^{(0)} = N \cup \{0\}$ ;

$N_n = \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $n \in N$ ;  $D = \{0, 1\}$ ;

$D^6 = D \times D \times D \times D \times D \times D$  — прямое произведение шести множеств  $D$ ;

$|X|$  — мощность конечного множества  $X$ ;

$P_6$  — множество всех 6-местных булевых функций (булевых функций шести переменных);

$B_6$  — множество всех 6-местных бент-функций;

$Z_6$  — множество полиномов Жегалкина, которым равносильны все функции из множества  $P_6$ ;

$C_n^k$  — число всех сочетаний без повторов из  $n$  по  $k$ ,  $n \in N^{(0)}$ ,  $k \in N^{(0)}$ ;  $\wedge$ ,  $\vee$ ,  $\Rightarrow$ ,

$\oplus$  — конъюнкцию, дизъюнкцию, импликацию, сложение по модулю 2 соответственно.

Применяем знак  $\equiv$  равносильности булевых функций.

*Кортеж аргументов* булевой функции  $f(x_1, x_2, \dots, x_6)$  из множества  $P_6$  — 6-элементный кортеж  $\langle t_1, t_2, \dots, t_6 \rangle$ , где  $t_i$  — значение переменной  $x_i$ ,  $t_i \in D$ ,  $i \in N_6$ . *Кортеж значений* этой булевой функции — 64-элементный кортеж  $\langle f(0, 0, 0, 0, 0, 0), f(0, 0, 0, 0, 0, 1), \dots, f(1, 1, 1, 1, 1, 1) \rangle$ , каждый элемент которого принадлежит множеству  $D$ . *Порядок полинома Жегалкина* — максимальное число переменных в одном слагаемом этого полинома.

Обозначим:

$L_6$  — множество всех *линейных* (равносильных полиномам Жегалкина *нулевого* или *первого* порядков) 6-местных булевых функций;

$Z_{6;2,3}$  — множество всех таких и только таких полиномов Жегалкина, в каждом из слагаемых которых ровно *две* или (в неисключающем смысле) ровно *три* переменные;

$P_{6;2,3}$  — множество всех 6-местных булевых функций, равносильных полиномам Жегалкина из множества  $Z_{6;2,3}$ ;

$B_{6;2,3}$  — множество всех бент-функций, принадлежащих множеству  $P_{6;2,3}$ ;

$A_n$  — матрицу Адамара для  $n$ -местной булевой функции,  $n \in N$ , определяемую ре-

куррентно:  $A_1 = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{vmatrix}$ ,  $A_k = \begin{vmatrix} A_{k-1} & A_{k-1} \\ A_{k-1} & -A_{k-1} \end{vmatrix}$ ,  $k = 2, 3, \dots$ ;

$\vec{v}(\langle y_1, y_2, \dots, y_{64} \rangle) = \begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \dots \\ v_{64} \end{pmatrix}$  — вектор-столбец с компонентами  $v_i = -1$  при  $y_i = 1$ ,

$v_i = 1$  при  $y_i = 0$ ,  $i \in N_{64}$  (здесь  $y_j \in D$ ,  $j \in N_{64}$ ).

Каждую функцию из множества  $B_{6;2,3}$  называем *базовой* 6-местной бент-функцией.

**Хорновская** 6-местная булева функция — функция  $f(x_1, x_2, \dots, x_6)$ , принадлежащая множеству  $P_6$  и удовлетворяющая условию хорновости:

$$\forall \langle a_1, a_2, \dots, a_6 \rangle \in D^6, \forall \langle b_1, b_2, \dots, b_6 \rangle \in D^6$$

$$((f(a_1, a_2, \dots, a_6)=1) \wedge (f(b_1, b_2, \dots, b_6)=1)) \Rightarrow (f(a_1 \vee b_1, a_2 \vee b_2, \dots, a_6 \vee b_6)=1). \quad (1)$$

Десятичный номер 6-местной булевой функции, имеющей кортеж значений  $\langle y_1, y_2, \dots, y_6 \rangle$ , — число  $\sum_{i=1}^6 y_i \cdot 2^{i-1}$ .

Символ  $\blacklozenge$  показывает окончание примера.

### Постановка задачи

Требуется получить кортежи значений *всех* 6-местных бент-функций, принадлежащих множеству  $B_6$ , и для каждого такого кортежа проверить выполнение условия хорновости (1).

Всего есть 5 425 430 528 попарно различных 6-местных бент-функций [1, с. 24], т.е.  $|B_6| = 5\,425\,430\,528$ . База данных с кортежами значений (или иными представлениями, например — полином Жегалкина из множества  $Z_6$  или десятичный номер) *всех* функций из множества  $B_6$  недоступна. Формула для эффективной (по критерию вычислительных затрат) генерации таких кортежей *неизвестна*. Есть несколько *алгоритмов* генерации указанных кортежей (см., например, [1, с. 33 – 35]). Из этих алгоритмов самый простой в реализации и имеющий приемлемые для рассматриваемой задачи вычислительные затраты основан на следующем факте (см., например, [1, с. 17 – 18, 23] и [4, с. 5579]).

Каждая 6-местная бент-функция  $f(x_1, x_2, \dots, x_6)$  из множества  $B_6$  представима как сумма по модулю 2:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_6) \equiv l(x_1, x_2, \dots, x_6) \oplus b(x_1, x_2, \dots, x_6), \quad (2)$$

где  $l(x_1, x_2, \dots, x_6)$  — *любая линейная* 6-местная булева функция из множества  $L_6$ ;  $b(x_1, x_2, \dots, x_6)$  — *любая базовая* 6-местная бент-функция из множества  $B_{6;2,3}$ .

*Пример 1.* Если  $l(x_1, x_2, \dots, x_6) \equiv 1 \oplus x_2 \oplus x_5$  (переменные  $x_1, x_3, x_4, x_6$  несущественные) — *линейная* 6-местная булева функция,

$$b(x_1, x_2, \dots, x_6) \equiv x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \oplus x_1 \wedge x_4 \oplus x_2 \wedge x_5 \oplus x_3 \wedge x_6 —$$

*базовая* 6-местная бент-функция из множества  $B_{6;2,3}$ , то

$$\begin{aligned} f(x_1, x_2, \dots, x_6) &\equiv l(x_1, x_2, \dots, x_6) \oplus b(x_1, x_2, \dots, x_6) \equiv \\ &\equiv (1 \oplus x_2 \oplus x_5) \oplus (x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \oplus x_1 \wedge x_4 \oplus x_2 \wedge x_5 \oplus x_3 \wedge x_6) — \end{aligned}$$

6-местная бент-функция из множества  $B_6$ , имеющая десятичный номер 11 957 173 299 760 372 019. ♦

Имеем  $|L_6| = 2^7 = 128$  (это — число всех таких попарно различных полиномов Жегалкина нулевого и первого порядков, которым равносильны 6-местные булевы функции). Известно [4, с. 5580], что  $|B_{6;2,3}| = 42\,386\,176$ . При использовании формулы (2) каждой функции из множества  $L_6$  соответствуют все функции из множества  $B_{6;2,3}$ . Применив комбинаторное правило произведения, получим:  $|L_6| \cdot |B_{6;2,3}| = 128 \cdot 42\,386\,176 = 5\,425\,430\,528 = |B_6|$ .

Согласно формуле (2) кортеж значений  $\langle y_1, y_2, \dots, y_{64} \rangle$  любой 6-местной бент-функции  $f(x_1, x_2, \dots, x_6)$  из множества  $B_6$  можно получить так:

$$\langle y_1, y_2, \dots, y_{64} \rangle = \langle l_1 \oplus b_1, l_2 \oplus b_2, \dots, l_{64} \oplus b_{64} \rangle, \quad (3)$$

где  $l_i$ ,  $i \in N_{64}$ , — элемент кортежа значений  $\langle l_1, l_2, \dots, l_{64} \rangle$  линейной 6-местной булевой функции  $l(x_1, x_2, \dots, x_6)$  из множества  $L_6$ ;  $b_j$ ,  $j \in N_{64}$ , — элемент кортежа значений  $\langle b_1, b_2, \dots, b_{64} \rangle$  базовой 6-местной бент-функции  $b(x_1, x_2, \dots, x_6)$  из множества  $B_{6;2,3}$ .

Кортежи значений *всех* линейных 6-местных булевых функций из множества  $L_6$  *известны*. Однако база данных с кортежами значений (или иными представлениями, например — полином Жегалкина из множества  $Z_{6;2,3}$ , десятичный номер булевой функции) *всех* базовых 6-местных бент-функций из множества  $B_{6;2,3}$  *недоступна*.

Как получить кортежи значений *всех* функций из множества  $B_{6;2,3}$ ? Можно применить способ, предложенный в [4, с. 5579 – 5580]. Но *алгоритмически проща* (при бóльших и в то же время приемлемых вычислительных затратах) получать такие кортежи, выполняя *полный перебор* всех полиномов Жегалкина из множества  $Z_{6;2,3}$ , вычисляя для каждого из этих полиномов кортеж значений равносильной 6-местной булевой функции из множества  $P_{6;2,3}$  и проверяя ее принадлежность множеству  $B_{6;2,3}$ .

Есть  $C_6^2$  попарно различных конъюнкций *двух* переменных, выбранных из шести попарно различных переменных. Каждая такая конъюнкция может *быть или не быть* слагаемым полинома Жегалкина из множества  $Z_{6;2,3}$ . Поэтому *всего* есть  $2^{C_6^2}$  вариантов «присутствия-отсутствия» (в том числе — полного отсутствия) этих слагаемых в данном полиноме. Есть  $C_6^3$  попарно различных конъюнкций *трех* переменных, выбранных из шести попарно различных переменных. Каждая такая конъюнкция может *быть или не быть* слагаемым полинома Жегалкина из множества  $Z_{6;2,3}$ . Поэтому *всего* есть  $2^{C_6^3}$  вариантов «присутствия-отсутствия» (в том числе — полного отсутствия) этих слагаемых в данном полиноме.

Применив комбинаторное правило произведения, получим:  $|Z_{6;2,3}| = 2^{C_6^2} \cdot 2^{C_6^3} - 1 = 2^{15} \cdot 2^{20} - 1 = 2^{35} - 1 = 34\,359\,738\,367$  (*единица вычитается* для исключения варианта с *от-*

существом в полиноме Жегалкина *всех* слагаемых с ровно двумя переменными и *всех* слагаемых с ровно тремя переменными).

Вычислив для полинома Жегалкина из множества  $Z_{6;2,3}$  кортеж значений  $\langle b_1, b_2, \dots, b_{64} \rangle$  равносильной этому полиному 6-местной булевой функции из множества  $P_{6;2,3}$ , проверить ее принадлежность множеству  $B_{6;2,3}$  можно так: булева функция с этим кортежем значений принадлежит множеству  $B_{6;2,3}$ , если и только если

$$\forall i \in N_{64} \quad |w_i| = 8, \quad (4)$$

где  $w_i, i \in N_{64}$ , —  $i$ -я компонента вектора-столбца  $\begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_{64} \end{pmatrix} = A_6 \cdot \vec{v}(\langle b_1, b_2, \dots, b_{64} \rangle)$ .

Это следует из необходимого и достаточного условия [1, с. 10] того, что булева функция является бент-функцией.

### Решение задачи и результат

Автором доклада для поиска на ЭВМ хорновских булевых функций среди всех 6-местных бент-функций разработан следующий **алгоритм**.

1. Получить полином Жегалкина из множества  $Z_{6;2,3}$ .
2. Вычислить кортеж значений  $\langle b_1, b_2, \dots, b_{64} \rangle$  6-местной булевой функции, равносильной полиному Жегалкина, полученному в пункте 1.
3. Если для полученного в пункте 2 кортежа значений *не выполнено условие* (4), то перейти к пункту 9.
4. Сохранить в файле десятичный номер 6-местной булевой функции с кортежем значений, полученным в пункте 2 (это — *базовая* 6-местная бент-функция из множества  $B_{6;2,3}$ ).
5. Получить кортеж значений  $\langle l_1, l_2, \dots, l_{64} \rangle$  *линейной* 6-местной булевой функции из множества  $L_6$ .
6. Вычислить по формуле (3) кортеж значений  $\langle y_1, y_2, \dots, y_{64} \rangle$  6-местной бент-функции  $f(x_1, x_2, \dots, x_6)$  из множества  $B_6$ .
7. Если для бент-функции  $f(x_1, x_2, \dots, x_6)$  с кортежем значений, полученным в пункте 6, *выполнено условие хорновости* (1), то сохранить десятичный номер этой функции в файле.
8. Выполнить пункты 5 – 7 для *каждой* линейной 6-местной булевой функции из множества  $L_6$ .
9. Выполнить пункты 1 – 8 для *каждого* полинома Жегалкина из множества  $Z_{6;2,3}$ .
10. Конец алгоритма.

Этот алгоритм реализован автором доклада в программе. При ее выполнении (вычислительные затраты — несколько десятков часов на ПЭВМ средней производительности) получена база данных десятичных номеров всех базовых 6-местных бент-функций, содержащая 42 386 176 этих номеров.

Результат выполнения программы: **в множестве всех 6-местных бент-функций хорновских булевых функций нет.**

*Пример 2.* Рассмотренная в примере 1 6-местная бент-функция  $f(x_1, x_2, \dots, x_6)$  имеет для кортежей аргументов  $\langle 1, 1, 1, 0, 1, 0 \rangle$  и  $\langle 0, 1, 1, 0, 0, 1 \rangle$  значения:  $f(1, 1, 1, 0, 1, 0) = 1$  и  $f(0, 1, 1, 0, 0, 1) = 1$ , а для кортежа аргументов  $\langle 1, 1, 1, 0, 1, 1 \rangle = \langle 1 \vee 0, 1 \vee 1, 1 \vee 1, 0 \vee 0, 1 \vee 0, 0 \vee 1 \rangle$  — значение  $f(1, 1, 1, 0, 1, 1) = 0$ . Следовательно, условие хорновости (1) для этой 6-местной бент-функции не выполнено. ♦

### Заключение

Полученный результат о несуществовании хорновских бент-функций шести переменных может быть использован для анализа свойств бентовых функций выбора, предложенных автором доклада в [2].

### Библиографический список

1. Токарева Н.Н. Нелинейные булевы функции: бент-функции и их обобщения. — Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. — 170 с.
2. Цветков И.А. Бентовые функции выбора // Современные технологии в науке и образовании — СТНО-2016: сб. тр. международной науч.-техн. и науч.-метод. конф.: в 4 т. — Т. 2. — Рязань: Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2016. — С. 3–7.
3. Crama Y., Hammer P.L. Boolean Functions: Theory, Algorithms, and Applications. — Cambridge University Press, 2011. — 708 p.
4. Meng Q., Yang M., Zhang H., Cui J. A novel algorithm enumerating bent functions. — Discrete Mathematics. — 2008. — V. 308 (23). — P. 5576–5584.

УДК 004.42; ГРНТИ 50.05.19

## РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ СИМПЛЕКС-МЕТОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМЫ «1С: ПРЕДПРИЯТИЕ»

**А. В. Крошилин, С.В. Крошилина, В.В. Шеврыгина**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,*

*Российская Федерация, Рязань, alfzdrprog@mail.ryazan.ru, vera.shevrygina@yandex.ru*

*Аннотация.* В статье рассматривается реализация программы для решения задачи линейного программирования симплекс-методом с использованием платформы «1С: Предприятие 8».

*Ключевые слова:* задача линейного программирования, симплекс метод, оптимальное распределение ресурсов, 1С: Предприятие 8.

## IMPLEMENTATION OF A SOFTWARE MODULE FOR SOLUTION OF LINEAR PROGRAMMING PROBLEM BY THE SIMPLEX METHOD USING THE PLATFORM «1С: ENTERPRISE»

**A.V. Kroshilin, S.V. Kroshilina, V.V. Shevrygina**

*Ryazan State Radio Engineering University,*

*Russia, Ryazan, alfzdrprog@mail.ryazan.ru, vera.shevrygina@yandex.ru*

*The summary.* The article discusses the implementation of the program to solve the problem of linear programming by simplex method using the platform «1С: Enterprise 8».

*Keywords:* linear programming problem, simplex method, optimal distribution of resources, 1С: Enterprise 8.

В данной работе описана реализация программы для решения задачи линейного программирования симплекс-методом с использованием платформы «1С: Предприятие 8». Задачу линейного программирования можно рассматривать как задачу оптимального распределения ограниченного количества ресурсов. Подобные задачи встречаются в различных прикладных решениях на платформе «1С: Предприятие». Это могут быть производственные задачи, связанные с планированием, размещением товаров, задачи составления расписания.

Все перечисленные задачи могут быть сведены к задаче линейного программирования, решаемой симплекс-методом. Реализовав программный модуль для решения задачи линейного программирования, можно получить универсальный инструмент, который может использоваться в ряде прикладных решений на платформе «1С: Предприятие» [1].

Существует множество методов решения задачи линейного программирования, но симплекс-метод наиболее универсален и легко реализуем программно [2].

Задачей линейного программирования называется задача исследования операций, математическая модель которой имеет вид:

$$f(X) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max(\min); \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i \in I, \quad I \subseteq M = \{1, 2, \dots, m\};$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, \quad I \in M, \quad x_j \geq 0, \quad j \in J, \quad J \subseteq N = \{1, 2, \dots, n\} .$$

При этом система линейных уравнений и неравенств, определяющая допустимое множество решений задачи  $W$ , называется системой ограничений задачи линейного программирования, а линейная функция  $f(X)$  называется целевой функцией или критерием оптимальности.

Допустимое решение (план) представляет собой совокупность чисел

$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , удовлетворяющих ограничениям задачи. Оптимальное решение – это план, при котором целевая функция принимает свое максимальное (минимальное) значение.

Каноническая форма задачи линейного программирования имеет следующий вид:

$$f(X) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \min; \quad \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad b_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n .$$

Для того, чтобы задачу линейного программирования можно было решить при помощи симплекс-метода, ее необходимо привести к каноническому виду. Поэтому в данной работе рассматривается программная реализация решения задачи линейного программирования, представленной в каноническом виде.

Решение задачи линейного программирования симплекс-методом осуществляется путем последовательного перехода от одного базисного решения системы ограничений задачи линейного программирования к другому базисному решению до тех пор, пока функция цели не примет оптимального значения (максимума или минимума) [3].

Процесс решения оформляется в виде специальных симплекс-таблиц [4]. В программе такую таблицу можно представить как двумерный массив из коэффициентов уравнений ог-

раничений. Как и в любом языке программирования, во встроенном языке 1С существует возможность работы с массивами, в том числе и двумерными (массив-массивов). Двумерные массивы (либо классы, реализующие аналогичный функционал) применяются для реализации симплекс-метода на объектно-ориентированных языках программирования. Массив универсален. Элементами массива могут быть любые объекты. Но при этом с ним не всегда удобно работать. Поэтому для решения задачи линейного программирования симплекс-методом разумнее использовать специализированный инструмент платформы 1С – Таблицу значений. Для таблицы значений на уровне платформы уже реализован ряд наиболее полезных функций для работы со строками и колонками. В таблицу значений можно записывать любые элементы. Управляемые формы 1С позволяют быстро реализовать удобный интерфейс для ввода коэффициентов в таблицу значений. Для реализации интерфейса достаточно просто разместить реквизиты требуемого типа на управляемой форме, к которым затем можно будет обращаться из программного кода. Основная часть программного кода направлена на преобразование таблицы значений, представляющей собой симплекс-таблицу.

Для реализации задачи используются следующие объекты конфигурации: «Подсистема», «Общий модуль», «Общий макет», «Общая форма».

Процедура, выполняющая преобразования симплекс-таблицы, описывается в общем модуле конфигурации и может быть вызвана независимо от общей формы. Общая форма и общий макет используются для демонстрации работоспособности модуля в доступном пользователю виде.

Модуль, форма и макет включаются в отдельную подсистему. Подсистемы – это объекты конфигурации, на основе которых формируется визуальный интерфейс [5]. Исходя из этого, каждая подсистема представляет собой отдельный функциональный блок. Подсистему можно внедрить в существующие прикладные решения путем сравнения и объединения, либо используя расширения конфигурации.

На рисунке 1 представлен контрольный пример.

Решение ЗЛП Симплекс методом \*

Исходны данные

Количество ограничений:

Количество переменных:

Целевая функция

$F(x) =$    $x_1 +$    $x_2$

$x_1, x_2 \geq 0$

Коэффициенты системы уравнений:

X1	X2
-3,00	5,00
-2,00	5,00
1,00	0
3,00	-8,00

Решение ЗЛП

Решение

Решение ЗЛП симплекс-методом

Разрешенная симплекс-таблица

x0	x1	x2	x3	x4	x5	x6
5	0	0	1	-1	1	0
56	0	0	0	1.6	0.2	1
10	0	1	0	0.2	0.4	0
10	1	0	0	0	1	0
110	0	0	0	1	8	0

Значение целевой функции  $F = 110$

Текущий опорный план является оптимальным, так как в последней строке нет отрицательных элементов.

Решение можно записать так:

$x_1 = 10$

$x_2 = 10$

Рис. 1. Контрольный пример

Сначала в форме указывается количество ограничений, количество переменных. Затем, в соответствии с указанным количеством ограничений, формируются поля для ввода коэффициентов целевой функции. В контрольном примере ищется максимум целевой функ-

ции. В полях указываются коэффициенты целевой функции. Заполняется таблица коэффициентов. После нажатия кнопки «Получить решение» отображается полученное решение.

В результате выполнена реализация программного кода, позволяющего решить задачу линейного программирования симплекс-методом. Проведена проверка работоспособности программного кода с использованием контрольного примера. Создан визуальный интерфейс, позволяющий продемонстрировать работоспособность программного кода.

На данный момент решение подразумевает ручной ввод пользователем коэффициентов целевой функции и коэффициентов уравнений-ограничений.

В дальнейшем планируется усовершенствовать решение, добавив возможность заполнения таблицы на основе данных из информационной базы (регистров или справочников) путем выбора элементов или при помощи запроса. Такая возможность позволит интегрировать модуль в существующие прикладные решения на платформе «1С: Предприятие 8» и использовать его для решения различных прикладных задач.

### Библиографический список

1. Крошилин А. В., Крошилина С.В., Шеврыгина В.В. Автоматизация распределения ресурсов с использованием системы программ «1С:Предприятие 8» // В книге: Новые информационные технологии в образовании – Сборник научных трудов XIX международной научно-практической конференции «Использование технологий «1С» в образовании и их применение для развития кадрового потенциала цифровой экономики» / Под ред. Д.В. Чистова – Москва, 2019. С. 161-164.

2. Шеврыгина В.В. Обзор методов программной реализации системы распределения ресурсов // В книге: Новые информационные технологии в научных исследованиях – НИТ-2018 – сборник трудов XXIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязанский государственный радиотехнический университет. 2018. С. 92-94.

3. Симплекс метод решения задач линейного программирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://function-x.ru/simplex\\_method\\_example\\_algorithm.html](https://function-x.ru/simplex_method_example_algorithm.html). – Дата доступа: 03.02.2019.

4. Симплекс-таблицы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://matesha.ru/book/lp4.php>. – Дата доступа: 03.02.2019.

5. Подсистема [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://v8.1c.ru/overview/Term\\_000000113.htm](http://v8.1c.ru/overview/Term_000000113.htm). – Дата доступа: 05.02.2019.

УДК 004.42; ГРНТИ 50.05.19

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УЧЕТА И АНАЛИЗА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА БИБЛИОТЕЧНЫМ ФОНДОМ В СООТВЕТСТВИИ С ФГОС

Л.А. Иванов

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, o.oleonid@gmail.com*

*Аннотация.* В работе рассматриваются разработка программной системы для учета и анализа обеспеченности учебного процесса библиотечным фондом в соответствии с ФГОС. Описывается создание неизменяемых данных и фактографическое представление данных.

*Ключевые слова:* Федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС), неизменяемость данных, фактографическое представление данных.

## DEVELOPMENT OF PROGRAM SYSTEM FOR ACCOUNTING AND ANALYSIS SUFFICIENCY OF TEACHING PROCESS LIBRARYFUND IN ACCORDANCE WITH THE FSES

L.A. Ivanov

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, o.oleonid@gmail.com*

*The summary.* The paper discusses development of program system for accounting and analysis sufficiency of teaching process library fund in accordance with the FSES, creating immutable data and using fact-based model for representing data.

*Keywords:* Federal state educational standards (FSES), data immutability, fact-based model for representing data.

Современные системы автоматизации библиотечных процессов в образовательных учреждениях реализуют функциональность, состоящую из следующих основных операций:

- 1) формирование различных каталогов
- 2) формирование учетных документов и отчетов
- 3) учет пользователей
- 4) автоматизация процесса выдачи учебной литературой
- 5) формирование статистической информации

Большинство систем направлены на широкое использование и не учитывают специализированные моменты, связанные со спецификой работы библиотечных фондов в образовательных учреждениях. Одним из таких моментов является соответствие Федеральным образовательным государственным стандартам (ФГОС), а именно п. 4.3.3. который содержит информацию об использовании в образовательном процессе печатных изданий. Отслеживание обеспеченности учебного процесса библиотечным фондом в соответствии с ФГОС является основной целью разрабатываемой программной системы.

### Проектирование архитектуры программной системы

Проектирование архитектуры программных систем начинается с анализа предметной области и выделения ролей. [2] Основные роли и их взаимодействие представлены на диаграммах вариантов использования (рис. 1, 2). Для администрирования программной системы отдельно выделена роль администратора.

Разрабатываемая программная система будет являться веб-приложением, основанным на клиент-серверной архитектуре, с возможностью для расширения до трёхуровневой архитектуры.

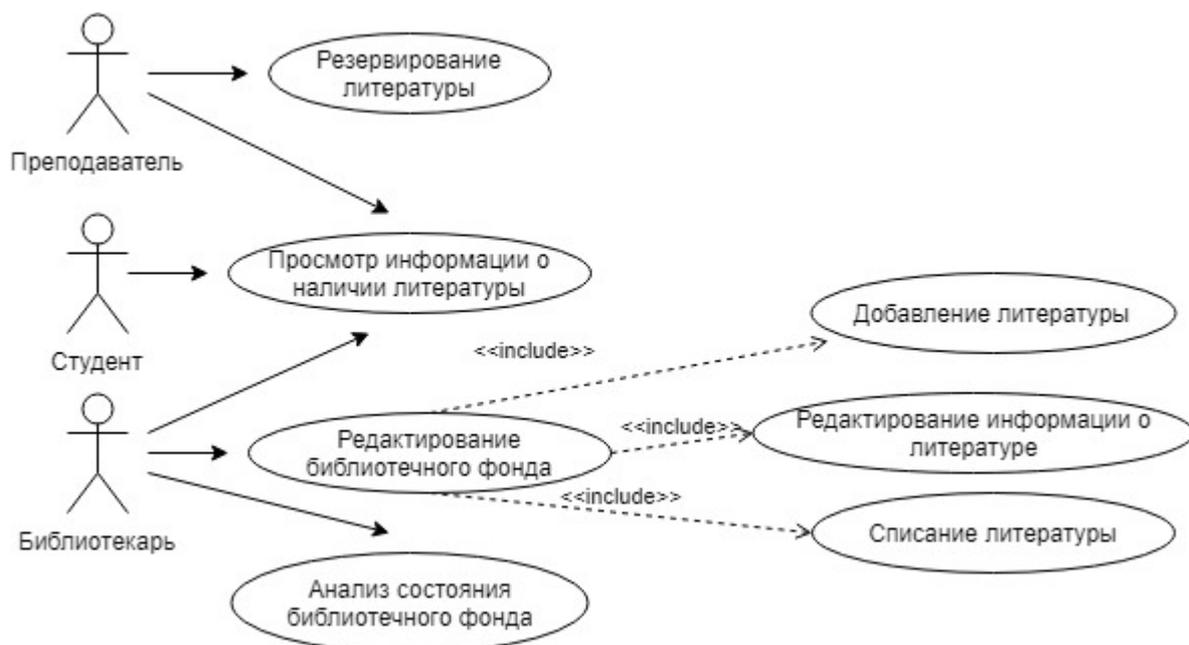


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования разрабатываемой системы для преподавателя, студента и библиотекаря

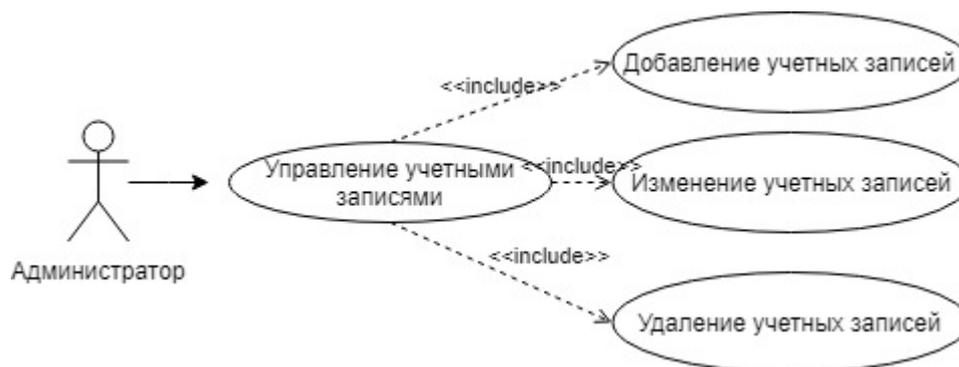


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования разрабатываемой системы администратором

### Неизменяемость данных

Для систематизации хранения информации в разрабатываемой системе выбрана модель, основанная на фактах, которая базируется на неизменяемости данных. Главным преимуществом неизменяемости данных является устойчивость к отказам, связанным с человеческим фактором. Рассмотрим в качестве примера таблицу с информацией о книгах (табл. 1).

Таблица 1. Реляционное представление информации о книгах

ID	Название	Автор	Статус	Владелец
1	Война и мир	Толстой Л.Н.	В наличии	null
2	Преступление и наказание	Достоевский Ф.М.	Взята	Иванов И.И.
3	На дне	Горький М.	Взята	Петров П.П.
4	Мастер и Маргарита	Булгаков М.А.	В наличии	null
...	...	...	...	...

При применении схемы изменяемости данных, совершенная человеческая ошибка может привести к потере данных, так как значения фактически перезаписываются в базе данных. Но при применении схемы неизменяемости данных потери данных исключаются. Так как если записываются неверные данные, то предыдущие (верные) данные по-прежнему остаются в базе. Для устранения ошибок в такой информационной системе достаточно удалить блоки неверных данных и вычислить заново представления, построенные из главного массива данных. [1]

Еще одним преимуществом использования данного подхода является простота. В моделях изменяемости данных требуется индексация для возможности извлечения и обновления конкретных объектов данных. В моделях неизменяемости имеется только возможность для присоединения новых блоков данных к главному массиву. Индексация для этого не требуется. [1]

Для реализации принципа неизменяемости следует применить к таблице два изменения: отследить каждое поле в информации о книге в отдельной таблице и привязать каждый блок данных к моменту времени, когда становится известно, что информация истинна.

Таблица 2. Применение модели неизменяемости данных на информацию о книгах

ID	Статус	Время изменения	ID	Владелец	Время изменения
1	В наличии	21.03.18 11:33:33	1	null	21.03.18 11:33:33
2	Взята	20.03.18 12:22:33	2	Иванов И.И.	20.03.18 12:22:33
3	Взята	23.03.18 13:45:33	3	Петров П.П.	23.03.18 13:45:33
4	В наличии	24.03.18 17:02:33	4	null	24.03.18 17:02:33
...	...	...	...	...	...

Впервые книга «Преступление и наказание» была взята 20.03.18. Момент изменения статуса книги отражен в отметке времени соответствующей записи. Допустим, что книгу вернули 29.03.18, тогда произойдет добавление информации об изменении статуса книги в соответствующей таблице (табл. 3).

Таблица 3. Изменение данных статуса после добавления новой информации

ID	Статус	Время изменения
1	В наличии	21.03.18 11:33:33
2	Взята	20.03.18 12:22:33
3	Взята	23.03.18 13:45:33
4	В наличии	24.03.18 17:02:33
2	В наличии	29.03.18 12.10.53
...	...	...

Сохраняя каждое поле в отдельной таблице, достаточно записать информацию, которая изменилась. Для хранения этой информации требуется меньше места, и при этом гарантируется, что каждая запись содержит новую информацию, а не просто переносится из последней записи.

### Фактографическое представление данных

Каждый блок данных, в рассмотренной выше модели неизменяемости, является фактом. Факты атомарны, так как их нельзя разложить на несколько составляющих, а неизменяемость и вечную истинность данных обеспечивает отметка времени изменения. Благодаря этим свойствам модель, основанная на фактах, получается простой и распознаваемой. Использование фактографического представления данных позволяет:

- Сохранять необработанные данные в виде атомарных фактов
- Поддерживать неизменяемость и вечную истинность фактов с помощью отметок времени
- Обеспечивать распознаваемость каждого факта

По сравнению с реляционным подходом, модель, основанная на фактах, обладает следующими преимуществами:

- Данные можно запрашивать в любой момент их исторического существования;
- Данные устойчивы к ошибкам, обусловленным человеческим фактором;
- Допускается обработка неполной информации;
- Модель обладает преимуществами как нормализованных, так и денормализованных форм.

Так как фак не передает структуру, скрывающуюся за данными, для ее отображения используется граф-схемы – графы, фиксирующие структуру блока данных, сохраняемую с

помощью модели, основанной на фактах. [1] На рисунке 3 представлена граф-схема для рассмотренного примера с книгами.

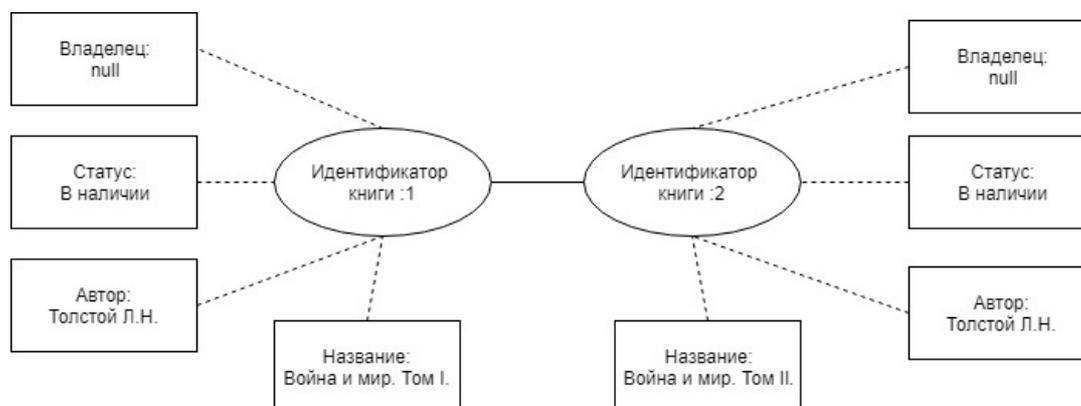


Рис. 3. Представление взаимосвязи между фактами

Узлы граф-схемы обозначают сущности в системе. В данном примере узлами являются книги. Ребра обозначают взаимосвязь между узлами, например, разделение книги по томам. Свойства представляют информацию о сущностях: автор, статус, владелец и т.д.

Фактографическое представление данных обеспечивает простое по своему характеру служит только для присоединения новых данных, что упрощает ее реализацию в распределенной системе и дальнейшее развитие по мере появления потребностей в изменении данных.

### Учет и анализ обеспеченности библиотечного фонда

Разрабатываемая система позволяет в реальном времени отслеживать обеспеченность библиотечного фонда. При любом изменении отслеживаемых данных, система начинает анализ и проверку согласно выбранных ФГОС. Стандарты настраиваются согласно соответствующим приказам. Например, ФГОС высшего образования по направлению подготовки бакалавриата 09.03.04 Программная инженерия в п.4.3.3 содержит следующие требования: «... библиотечный фонд должен быть укомплектован печатными изданиями из расчёта не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий на обучающегося...». [3]. Например, когда преподаватель резервирует экземпляры учебной литературы по определенной дисциплине для группы студентов, система анализирует количество свободных экземпляров и количество студентов в группе. Если полученные результаты удовлетворяют ФГОС, то учебная литература блокируется в базе данных для последующей обработки. Если свободных экземпляров недостаточно, формируется отчет о недостаточной обеспеченности.

Библиотекарь может просматривать обеспеченность по всем дисциплинам, и при приближении к пороговому значению (например, увеличение студентов в группе или списание литературы) будет проинформирован.

### Выбор средств разработки

Для реализации системы выбран язык программирования Java. Основные преимущества данного языка заключаются в том, что он:

- Объектно-ориентированный
- Кроссплатформенный
- Распространяется по свободной лицензии
- Безопасный

- Многопоточный

Для хранения и низкоуровневой обработки данных выбрана объектно-реляционная система управления базами данных компании Oracle - Oracle RDBMS. Для запуска веб-приложения выбран Apache Tomcat - контейнер сервлетов с открытым исходным кодом, разрабатываемый Apache Software Foundation.

Объектно-ориентированный подход, использование шаблонов проектирования и принципов разработки программного обеспечения предоставляют разрабатываемой программной системе развиваться и масштабироваться.

### Библиографический список

1. Марц Н. Большие данные. Принципы и практика построения масштабируемых систем обработки данных в реальном времени / Н. Марц, Д. Уоррен // Издательский дом «Вильямс». -2016. –С.63 – 74.
2. Белов, В.В. Проектирование информационных систем / В.В Белов, В.И. Чистякова // Издательство «Академия». -2013. –С.19 – 23.
3. Приказ Минобрнауки России от 19.09.2017 N 920.

УДК 004.414.28; ГРНТИ 50.41.25

## РАЗРАБОТКА ВЕБ ПРИЛОЖЕНИЯ ПОДДЕРЖКИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КУРСАНТОВ И НАСТАВНИКОВ В ВОЕННОМ ВУЗЕ

**Р.Л. Касаткин**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, rodion.kasatkin1@gmail.com*

*Аннотация.* В работе рассматривается веб-приложение обеспечивающее взаимодействие курсантов и наставников военного высшего учебного заведения при проведении факультативных занятий.

*Ключевые слова:* высшее военное учебное заведение, веб-приложение, клиент серверное приложение, java, javascript..

## DEVELOPMENT OF WEB APPLICATIONS TO SUPPORT INTERACTION OF CADETS AND INSTRUCTORS IN MILITARY UNIVERSITY

**R.L. Kasatkin**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, rodion.kasatkin1@gmail.com*

*Annotation.* The paper discusses a web application that provides interaction between cadets and tutors of a military higher educational institution during optional classes.

*Keywords:* higher military educational institution, web application, client server application, java, javascript.

Большое количество времени в процессе обучения курсантов в военном вузе выделяется на факультативные занятия. Большинство курсантов не уделяют этому должного внимания. Причин этому есть множество. Вот некоторые из них:

- несвоевременное доведение до курсантов возможности посещать те или иные факультативные занятия;
- слабо развитая и устаревшая система распространения информации о проведении дополнительных занятий;
- слабая мотивация наставников (преподавателей) в проведении факультативных занятий и доведении до курсантов информации о них;
- слабая заинтересованность курсантов в посещении факультативных занятий, отсутствие мотивации;

Существует еще больше причин замедляющих совершенствование и развитие своевременной разработки рабочих программ дополнительных (факультативных) занятий для

курсантов и успешного распространения информации о них, влияющих на этот процесс в большей или меньшей степени.

Данную проблему можно и нужно решать, так как подобные занятия приносят огромную пользу в повседневной жизни курсантов, будь то налаживание межличностных отношений, получение навыков и знаний, помогающих в ориентироваться в социальной, политической, экономической, правовой, культурной и других сферах жизни общества. В современных реалиях наиболее актуальны темы интернет-грамотности и кибер-безопасности, имеется ввиду получение навыков позволяющих оградить себя от мошенничества в интернете.

Есть несколько способов решить вышеупомянутую проблему. Перечислим некоторые из них:

- Материальная мотивация как преподавателей так и курсантов. Данный способ не всегда имеется возможность реализовать для всех случаев, ввиду большого потенциального роста желающих на проведение и посещение подобных занятий, и как следствие огромных затрат, которые ВУЗ скорее всего не сможет обеспечить. Также велик риск появления внутренних мошеннических действий, которые будут проявляться в создании фиктивных факультативных занятий;

- Принудительное посещение курсантами факультативов. Данный способ является в какой-то мере не законным по отношению к курсантам, по причине того, что время отведенное на факультативные занятия это в первую очередь личное время курсантов, и нельзя заставлять их посещать в принудительном порядке дополнительные занятия;

- Заинтересовать курсантов в посещении дополнительных занятий современными способами и методами проведения и оповещения занятий, а также актуальностью тем данных занятий. Имеется ввиду, что для привлечения курсантов и повышения уровня их заинтересованности в посещении факультативных занятий необходимо применять современные способы коммуникации такие как социальные сети в сети интернет, мобильные приложения и другие подобные средства, а также сама тематика занятий должна быть интересна и максимально полезна для курсантов, должна рассматривать темы, которые находятся на повестке дня у курсантов, с учетом их возраста и интересов;

Наилучшим вариантом является третий. Всем известно, что большая часть молодежи, и курсанты не исключение, пользуются сервисами в сети интернет. Наиболее популярными являются социальные сети, видеохостинги, мессенджеры, новостные сайты и прочие сервисы.

Положение дел в современном обществе обстоит так, что все большая часть нашей жизни уходит в интернет. В настоящий момент в мире создаются миллионы сайтов, веб-сервисов и мобильных интернет-приложений. Сервисы имеют широчайший спектр тематик, и удовлетворяют огромное количество потребностей для людей любого возраста, профессий и взглядов. В интернете существуют полноценные онлайн банки, сайты предоставляющие государственные услуги, онлайн библиотеки и прочие сервисы. Набирает популярность сфера онлайн образования: развиваются сервисы помогающие изучить иностранные языки или обучится программировать на практически любом языке программирования.

Концепция онлайн образования хорошо сочетается с потребностью усовершенствования модели проведения факультативных занятий в военных вузах. Предполагается, что некоторые факультативные занятия можно проводить непосредственно в интернете, что должно повысить интерес курсантов к дополнительным занятиям, то есть проводить свободное время с пользой. Также сеть интернет позволяет решить и вторую проблему – проблему оперативности и своевременности оповещения курсантов о факультативах, даже тех, которые проводятся в стандартном формате (в виде аудиторных лекций). Имеется в виду, что оповещения или напоминания о запланированном или каком-то новом занятии будут приходиться курсанту лично.

Цель работы – разработать веб-приложение, которое позволяло бы проводить некоторые факультативные занятия онлайн, а также своевременно оповещало курсантов о занятиях, то есть обеспечивало взаимодействие курсантов и наставников (преподавателей), а также способствовало продвижению использования онлайн образования в военном ВУЗе.

Сформулируем требования к приложению:

- Система должна иметь как минимум два типа пользователей: курсанты и преподаватели (наставники). Связано это с тем, что у каждого из них должны различаться функциональные возможности, точно так же как и в стенах военного учебного заведения полномочия, обязанности, права и возможности для курсантов и преподавателей различаются;

- Необходимо наличие личного кабинета пользователя, который должен содержать в себе полную и достоверную информацию о владельце личной страницы, а именно его ФИО, должность, звание, дата рождения, сведения об образовании и прочая информация. Также в личном кабинете пользователя должна быть возможность просмотра выбранных им факультативных занятий для курсантов, и проводимых занятий для преподавателей (наставников);

- На ряду с пользователем, центральным понятием в приложении является факультативное (дополнительное) занятие, поэтому следующим требованием является наличие страниц с полным описанием факультативов: названием, расписанием и местом проведения, организатором, кратким описанием и, возможно, полным описанием плана занятий. Посмотревший данное объявление курсант должен точно для себя решить, подходит ли для него данный вид факультативов.

- Одним из основных требований является наличие доски объявлений о проведении занятий. Это понятие является одним из центральных в приложении, так как является частью решения проблемы информирования курсантов о дополнительных занятиях. Является только частью, потому что другую часть этой проблемы решает следующее требование;

- Наличие оповещений о событиях (новые факультативы, напоминания о выбранных факультативах, о внесении изменения в них и т.д.). Это требование является важным по той причине, что именно оно позволит повысить оперативность информирования курсантов, и, возможно, повысит интерес к факультативным занятиям.

- В случае если занятия проводятся онлайн у принимающих участие должна быть возможность коммуницировать друг с другом, то есть между преподавателем и курсантами должна быть связь, в виде общего чата, или видео конференции.

Итак, когда основные требования сформулированы и все цели определены, необходимо определить средства и методы разработки, с помощью которых будет реализовываться данное веб-приложение.

Все современные веб-приложения делятся на две части: клиентскую часть, которая представляет собой панель управления и представления приложения, и серверную часть на которой происходит вся обработка и хранение данных. То есть приложение должно быть построено по клиент-серверной архитектуре.

Так как ранее мы определили, что приложение у нас будет использоваться средствами сети интернет, значит оно будет запускаться в браузере. Это означает что клиентская часть приложения должна быть реализована при помощи языков веб-программирования.

Для разработки клиентской части нам понадобятся такие средства как:

- HTML - стандартизированный язык разметки документов во всемирной паутине. Все веб-страницы содержат описание своей разметки на этом языке. Язык HTML интерпретируется (но не компилируется) браузерами. Полученный в результате форматированный текст выводится в окне браузера компьютера или мобильного устройства.

- CSS - язык описания внешнего вида документа на языке HTML. Используется как вспомогательный инструмент разработчика для изменения, цвета фона страницы, шрифтов, форматирования изображений и прочего.

- JavaScript - язык программирования браузерных приложений, до недавнего времени использовался только для придания интерактивности сайтам, но впоследствии выродился в один из популярнейших языков веб-разработки, с помощью которых можно реализовывать сложный функционал и описывать различные структуры данных.

- Vue.js. В современной разработке уже практически не используется язык JavaScript в чистом виде, обычно используют библиотеки (фреймворки) основанные на нем, и расширяющие его функционал довольно сильно. Одним из популярных таких фреймворков является Vue.js, который заработал свою популярность благодаря своей простоте, хорошо изложенной документации, а также возможности постепенного введения в уже существующие проекты. Именно по эти причинам был выбран данный фреймворк.

Для разработки серверной части нам понадобятся следующие средства:

- Java 8 - один из мощнейших языков программирования, использующихся для разработки серверных частей приложения. Из пакета язык имеет широкий функционал, огромный набор различных структур данных, поддержка работы с несколькими потоками исполнения в синхронном и асинхронном режиме. Язык имеет возможность разрабатывать веб приложения используя только свой пакет разработчика (имеется в виду, что есть возможность разработать клиентскую часть приложения), но такой подход не является современным, поскольку специализированные языки выполняют эти функции лучше.

- MySQL - свободно распространяемая реляционная база данных. Отлично подходит для разработки малых и средних приложений, которым и является наше приложение. Имеет API для работы с Java, что сильно упрощает процесс разработки, а также портирована на большое количество операционных систем.

Все вышеуказанные средства разработки являются бесплатно распространяемыми, что являлось основополагающим условием для их выбора.

Для разработки приложения не достаточно одних лишь средств разработки, необходимо средство для использования пакетов разработчика, то есть интегрированная среда разработки (IDE).

Наиболее популярным среди разработчиков является набор программ от компании IntelliJ. В список программ предоставляемых данной компанией входят пакеты программ для разработки как серверных приложений на Java, а именно IntelliJ IDEA, так и клиентской части приложения WebStorm. Данные IDE являются платно распространяемыми, но компания предоставляет учебные лицензии для преподавателей и студентов.

Подытожив все что было описано выше, необходимо упомянуть, что данная работа планируется выполнять в рамках выпускной квалификационной работы специалиста.

Предполагается, что это приложение позволит усовершенствовать систему проведения факультативных (дополнительных) занятий в военных вузах, а также повысит уровень коммуникации между наставниками и курсантами.

УДК 519.688; ГРНТИ 50.05.13

## **РОЛЬ И НЕОБХОДИМОСТЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Е.Р. Косилова**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань kosilova.e@bk.ru*

*Аннотация.* Данная работа является попыткой обосновать необходимость и актуальность автоматизации экономических расчетов с помощью программного модуля, содержащего алгоритмы данных расчетов, и которые в конечном итоге приведут к минимизации ошибок и более рациональному использованию рабочего времени.

*Ключевые слова:* автоматизация, бизнес-процесс, планирование, сырье и материалы, норма расхода, макрос, алгоритм.

## **THE ROLE AND NECESSITY OF AUTOMATION OF ECONOMIC CALCULATIONS IN BUSINESS PROCESSES OF THE PRODUCTION ENTERPRISE**

**E.R. Kosilova**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, kosilova.e@bk.ru*

*Annotation.* This work is an attempt to justify the need and relevance of automating economic calculations using a software module that contains algorithms for these calculations, and which ultimately will lead to the minimization of errors and a more rational use of working time.

*Keywords:* automation, business process, planning, raw materials and materials, consumption rate, macro, algorithm.

Автоматизация бизнеса – это частичный или полный перевод стереотипных операций и бизнес-задач под контроль специализированной информационной системы, или программно-аппаратного комплекса. Как результат – высвобождение человеческих и финансовых ресурсов для повышения производительности труда и эффективности стратегического управления [1].

В качестве субъекта исследования в данной статье рассмотрен кожевенный завод как производственное предприятие, объект исследования – планирование и расчет потребности в химических материалах для нормального протекания производственного процесса как один из бизнес-процессов данного предприятия, предмет исследования – возможность применения функционала VBA в одном из приложений MS Office – Excel как один из вариантов программного продукта, в котором будет написан код для автоматического расчета потребности производства в химических материалах [2].

Кожевенный завод производит и выпускает значительное количество кожевенных артикулов (видов кож), отличающихся друг от друга толщиной, сортом сырья, конфигурацией и прежде всего – цветом. Данные характеристики (в особенности – цвет) зависят в значительной степени от применяемых химических материалов (в кожевенном производстве основополагающим производственным материалом является химия), кроме того, для каждого артикула применяются свои химикаты, следовательно, от своевременного и точного учета и планирования необходимого количества химических материалов зависит нормальное протекание производственного процесса [4].

На анализируемом предприятии применяется позаказная система планирования – предприятие производит тот или иной кожевенный артикул исходя из заказа клиента. Опираясь на данные заказы, на предприятии происходит планирование и подсчет необходимого количества сырья и материалов. Расчет потребности происходит на предстоящую неделю (кроме того, подводятся итоги 2-3 раза в неделю) исходя из нормы расхода определенного химического материала на тот или иной кожевенный артикул [3]. Далее необходимо рассчитать объем химматериалов, находящихся в запасе в разрезе вида каждого химиката. В дан-

ном случае дальнейшее планирование происходит по двум сценариям: 1 – в разрезе каждого вида химического материала наблюдается избыток (т.е. на предстоящую неделю достаточно химматериалов, находящихся в запасе в химическом цеху); 2 - в разрезе каждого вида химического материала наблюдается недостаток – в данном случае, прежде чем заказывать недостающие химикаты, необходимо оценить объем химматериалов, находящихся в пути на предприятие. Если с учетом химматериалов, находящихся в пути наблюдается избыток – процесс планирования материала прекращается, если наблюдается дефицит – необходимы расчеты недостающего количества химматериалов. Сложность заключается в том, чтобы спланировать точное необходимое количество химикатов в разрезе каждого вида для значительного объема артикулов, которые предполагается произвести в течение недели (по статистике на переделе крашения (передел, где применяется производственная химия) проходят в неделю более 30-ти артикулов) так, чтобы: во-первых, недопустить недостатка материала уже в производственном процессе (специфика производства кожи заключается прежде всего в том, что непроизведенная кожа в стадии незавершенного производства может находиться довольно незначительное количество времени; во-вторых, недопустить затоваривания химического склада химикатами, в противном случае на предприятии вырастут затраты на содержание химических запасов, что крайне недопустимо [3].

Исходной информацией для расчета необходимого количества химических материалов в разрезе каждого вида химматериала является: объем производства в плановый период и, соответственно, нормы расхода; остатки химматериалов в разрезе момент расчета в пути.

Введем обозначения:

X – объем остатков химических материалов (кг.) на складе на  $xx.xx.xxxx$  г.;

Y – объем химических материалов (кг.), находящихся в пути, которые поступят на завод к началу планируемой недели;

$H_{pi}$  – норма расхода  $i$ -ого химического материала (кг./ед.)

N – объем производства на планируемый интервал времени (ед.)

Построим блок-схему расчета потребности в химических материалах для определенного количества производимой продукции на плановый период – неделя (показана на рис. 1)

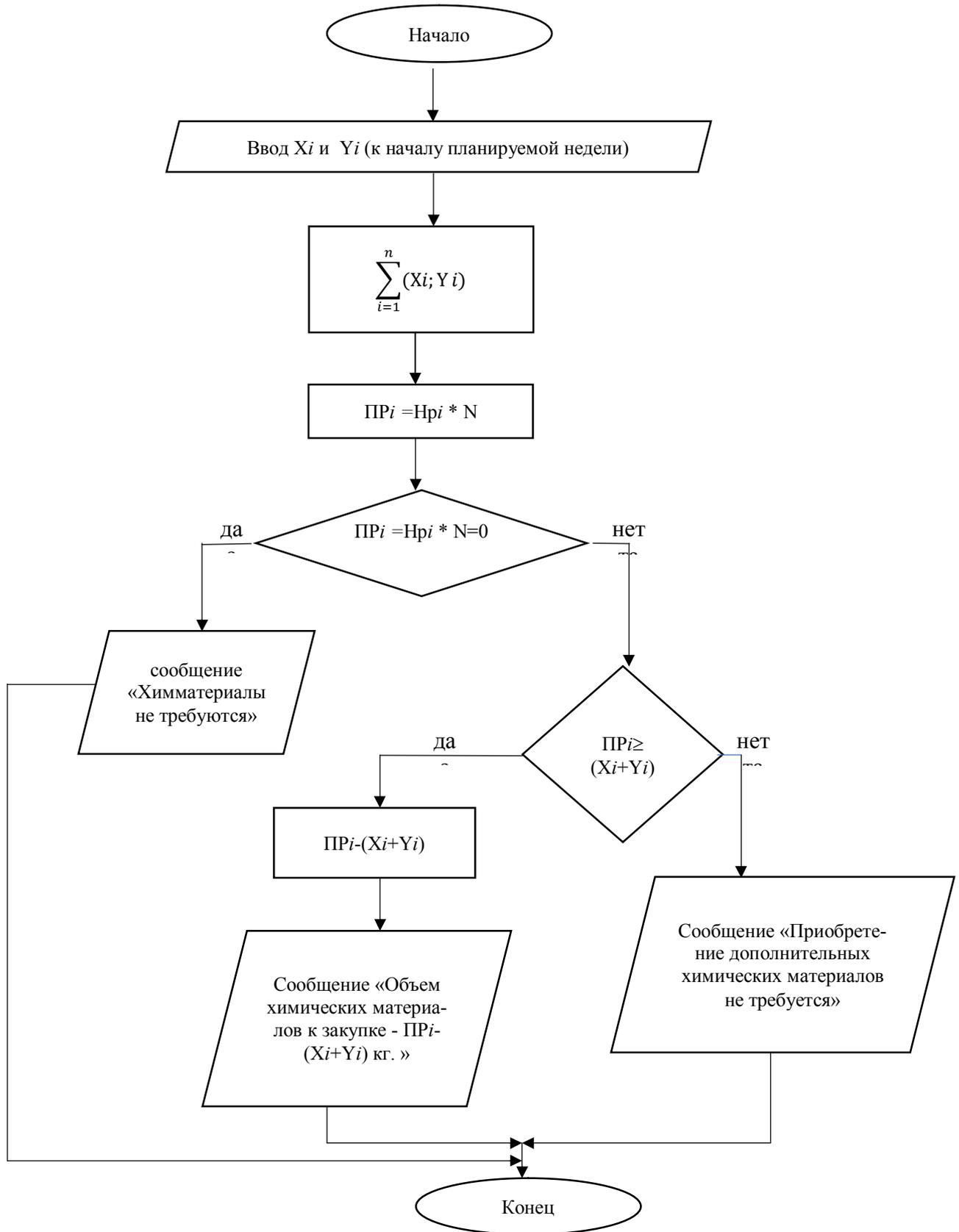


Рис. 1. Алгоритм расчета потребности в химических материалах

В настоящее время на предприятии данные расчеты осуществляются экономистом по планированию и учету вручную, следовательно, большое значение имеет человеческий фак-

тор, который может привести к ошибкам в расчетах, что приведет предприятие к убыткам, кроме того, данные расчеты осуществляются 2-3 раза в неделю и они достаточно трудоемки. Расчеты являются оперативными, поэтому необходимо сокращение времени на данные расчеты.

Таким образом, стоит задача разработки модуля для автоматизации данных расчетов по планированию и учету необходимого количества химматериалов. Наиболее оптимальным вариантом для автоматизации расчетов будет написание кода в VBA в одном из приложений MS Office – Excel. У данного программного продукта есть преимущество - VBA изначально был ориентирован на пользователей, а не на профессиональных программистов, поэтому создавать программы на нем можно достаточно быстро и легко, также в Office встроены мощные средства, облегчающие работу пользователя: подсказки по объектам и по синтаксису, макрорекодер и прочее. В конечном итоге после написания кода в VBA, трудоемкий расчет потребности в химикатах будет происходить с помощью запуска макроса, который будет содержать в себе всю вышеизложенную последовательность команд по расчету необходимого объема химических материалов на планируемый период времени. [2]

### Библиографический список

1. Комолова Н.В., Яковлева Е.С. Программирование на VBA в Excel. – М.: Самоучитель, 2016. – 432 с.
2. Гордина С.В. VISUAL BASIC FOR APPLICATION как система объектноориентированного программирования // Интеграция образования. – 2006. – № 4. – С.60-65.
3. Лещукова И.В. Оперативное планирование производства // Инновационная наука. – 2016. – № 5. – С.128-129.
4. Кожевенное производство [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.ronl.ru/stati/marketing/135769/>.

УДК:004.414; ГРНТИ: 50.41.25

## ВЫБОР И АДАПТАЦИЯ СРЕДСТВ НЕПРЕРЫВНЫХ ИНТЕГРАЦИЙ И АНАЛИЗА КОДА ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РАМКАХ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

И.С. Федюкин

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, [me@ifedyukin.ru](mailto:me@ifedyukin.ru).*

*Аннотация.* В работе рассматривается использование механизма непрерывных интеграций в рамках учебного процесса для проверок практических работ, а также моменты адаптации инструментов непрерывных интеграций и анализа кода для использования в рамках выше поставленной задачи.

*Ключевые слова:* непрерывные интеграции, анализ качества кода, автоматизация проверки практических работ.

## CONTINUOUS INTEGRATIONS TOOLS AND CODE ANALYSIS TOOLS SELECTION AND ADAPTATION FOR USAGE IN EDUCATION

I.S. Fedyukin

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia Federation, Ryazan, [me@ifedyukin.ru](mailto:me@ifedyukin.ru).*

*The summary.* The paper discusses continuous integrations mechanism usage in educational process for practical works testing and moments of continuous integrations and code analysis tools adaptation for this task.

*Keywords:* continuous integrations, code quality analysis, practical works testing automation.

В рамках учебного процесса специальностей и направлений, связанных с программированием, большая часть практических работ для студентов представляет собой реализацию

того или иного алгоритма. В этом случае большая часть времени преподавателей уходит на проверку качества оформления и структурирования кода, а также на проверку корректности работы разработанной студентом программы при передаче на вход корректных, некорректных, а также специфичных данных. Преподаватель теряет огромную часть учебного времени на проверку базовых моментов, причем этот процесс по большей части является повторяющимся. Студент же вынужден ожидать проверку от преподавателя для того, чтобы исправить замечания, часть которых будет связана с оформлением кода и структурным представлением программы, причем в этом случае студент теряет дополнительное время на исправление ошибок, напрямую не влияющих на закрепление пройденного материала, а также отнимает время преподавателя, которое могло бы быть направлено непосредственно на диалог со студентом, а тратится на проверку базовых моментов оформления и работы кода.

Аналогичные проверки корректности работы программ, а также оформления и правильности структуры кода выполняются участниками команд разработки программного обеспечения, однако, в этом случае тратится куда больший объем времени большего числа людей, в результате очень сильно растет стоимость разработки программного обеспечения при увеличении сроков выполнения поставленных планов, что в сумме сильно понижает «КПД» проекта в целом, а также усложняет процессы разработки нового функционала приложений, и в некоторых случаях ухудшает качество конечного продукта ввиду большого процента «распыляемости» экспертизы более опытных участников команд на повторяемые действия, не приносящие явной пользы проекту.

### **Методология непрерывных интеграций**

Рассмотренные выше задачи представляют собой набор некоторых повторяемых действий, выполняемых по определенному алгоритму, например, для проверки корректности структурного оформления кода и его сложности вычисляется цикломатическая сложность [1], а для проверки корректности алгоритма выполняется запуск модульных и интеграционных тестов. Ввиду быстрого роста и развития индустрии разработки программного обеспечения для снижения издержек, возникающих в результате траты времени на подобные проверки, было разработано множество инструментов и методологий, которые связаны не только с разработкой, но и с бизнес-процессами, происходящими внутри команды, причем большая часть этих методологий строится на автоматизации того или иного этапа разработки.

Одной из наиболее распространенных методологий является методология непрерывных интеграций (continuous integration, сокращенно CI), которая в данный момент является общепринятым стандартом в области разработки программного обеспечения больших масштабов для крупного бизнеса [2].

Непрерывная интеграция (CI, англ. Continuous Integration) — практика разработки программного обеспечения, которая заключается в постоянном слиянии рабочих копий в общую основную ветвь разработки (до нескольких раз в день) и выполнении частых автоматизированных сборок проекта для скорейшего выявления потенциальных дефектов и решения интеграционных проблем. В обычном проекте, где над разными частями системы разработчики трудятся независимо, стадия интеграции является заключительной. Она может непредсказуемо задержать окончание работ. Переход к непрерывной интеграции позволяет снизить трудоёмкость интеграции и сделать её более предсказуемой за счёт раннего обнаружения и устранения ошибок и противоречий, но основным преимуществом является сокращение стоимости исправления дефекта, за счёт раннего его выявления [3].

Общий механизм работы непрерывных интеграций включает последовательное выполнение следующих действий: получение сигнала об изменении кода, получение кода из хранилища, сборка, выполнение проверок качества и оформления кода, формирование отчетов, информирование разработчиков о результате выполнения проверок. После выполнения этих шагов ожидаются новые изменения кода, после чего выполняются те же самые опера-

ции, таким образом мы получаем инструмент, который непрерывно анализирует все изменения кодовой базы и автоматически производит первый этап проверки качества кода. Общая схема работы непрерывных интеграций представлена на рисунке 1.

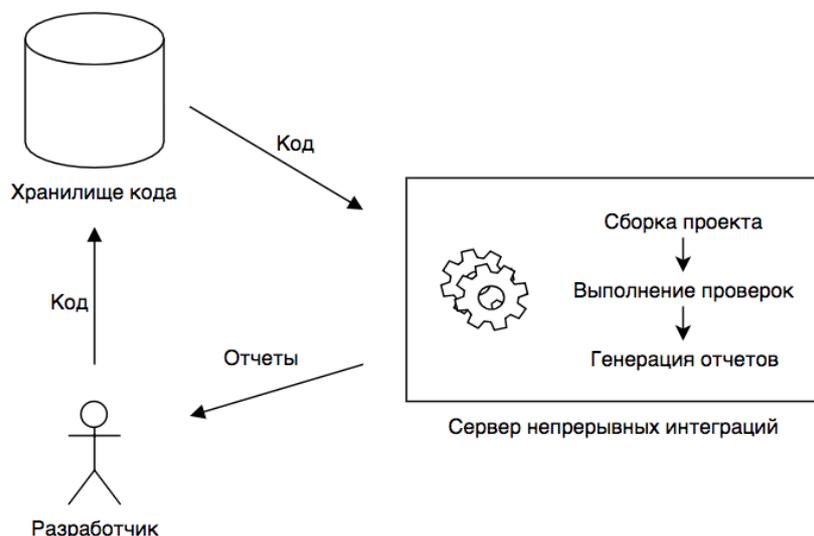


Рис. 1. Общая схема работы механизма непрерывных интеграций

### Адаптация инструментов непрерывных интеграций в зависимости от поставленных задач

Если рассматривать адаптацию непрерывных интеграций для учебного процесса, то стоит учесть, что студент имеет много общего с разработчиком, однако, отличия также весомы, поэтому следует учитывать, что некоторые инструменты, используемые для реализации подхода непрерывных интеграций, должны быть доработаны для корректного выполнения задач непрерывных интеграций в рамках учебного процесса.

В процессе обучения и проверки лабораторных работ в рамках учебного процесса необходимо решить следующие задачи:

- Предоставление заданий, материалов, инструкций по выполнению;
- Хранение и версионирование исходного кода;
- Проверка оформления, сложности и корректности структуры кода;
- Проверка корректности работы реализованной программы или алгоритма;
- Предоставление информации о недочетах и степени завершенности задания для студента, занесение этой информации в базу.

Задания, материалы, а также инструкции по выполнению могут быть предоставлены в виде обычных файлов в формате doc или pdf, расположенных в публичных файловых хранилищах, для выполнения данной задачи дополнительных инструментов не требуется, однако, одним из вариантов предоставления необходимой информации является хранение файлов заданий в репозиториях вместе с тестами для проверки степени завершенности соответствующего задания.

Для хранения и версионирования исходного кода подходит такой инструмент как Git. Студент обычно выполняет работу в одиночку, либо в составе небольшой группы. У каждого студента (или группы студентов) должно быть свое изолированное окружение в виде приватного хранилища кода и сервера непрерывных интеграций, которые работают независимо от инструментов других студентов, изолированы в каком-либо виде, например, в виртуаль-

ном контейнере, а также могут быть дополнительно сконфигурированы самим студентом в случае необходимости. Для решения этой задачи может быть использован практически любой инструмент контроля версий на основе Git-репозитория, в качестве наиболее подходящих можно выделить бесплатные версии таких инструментов, как GitLab и Gerrit. Эти инструменты могут быть легко развернуты внутри виртуального контейнера, однако, создание структуры репозитория для студентов требует дополнительного конфигурирования политик безопасности и ролевых моделей в рамках используемого ПО.

Проверка оформления, сложности и корректности структуры кода может быть выполнена с помощью инструментов статического анализа кода. Каждый язык программирования имеет свой некоторый набор инструментов для выполнения этой задачи, что касается конфигурации, то наиболее подходящим вариантом будет использование популярных и хорошо проработанных конфигураций от крупных компаний с упрощенной системой оценки, при которой допускаются некоторые недочеты в оформлении. Наиболее универсальным инструментом является программный пакет «SonarQube», который поддерживает множество популярных языков программирования и является отличным инструментом для анализа качества кода на более высоком уровне в отрыве от используемого языка программирования [4]. Конфигурирование SonarQube для использования в рамках процесса принятия лабораторных работ сводится к выбору необходимого «соглашения» об оформлении кода и настройке степени критичности влияния правил оформления кода на результат проверки, причем в этом случае стоит обращать внимание не только на правила оформления кода, но и правила, ограничивающие «сложность» кода, в этом случае студент сможет сразу понять, насколько оптимально реализован его алгоритм с точки зрения использования команд языка программирования [5].

Генерируемые в процессе непрерывных интеграций отчеты должны быть максимально понятными для студента, для этого необходимо либо выбирать продвинутое (и часто платные) инструменты генерации отчетов, либо разрабатывать механизм преобразования и постобработки отчетов самостоятельно. В сгенерированных отчетах должны быть приведены не только результаты выполнения тестов и проверок, но и информация о степени выполнения задания. Например, в случае использования методологии разработки TDD (для обучения она подходит очень хорошо [6]), наиболее подходящей метрикой степени выполнения задания является количество успешно выполненных тестов. Также к отчетам, в зависимости от допущенных ошибок, могут быть приложены ссылки на материалы, с помощью которых можно снизить число допускаемых ошибок и составить статистику усваиваемости материалов студентом. В качестве программного обеспечения для решения перечисленных задач может быть использована система «SonarQube» с набором плагинов генерирования замечаний в зависимости от найденных ошибок, отчеты же можно сохранять в формате HTML напрямую в репозиторий студента для того, чтобы этот файл версионировался в соответствии с исходным кодом и чтобы студент имел к нему также неограниченный доступ.

Таким образом, можно сделать вывод, что программное обеспечение, используемое на проектах по разработке программного обеспечения для организации непрерывных интеграций может быть легко адаптировано для организации непрерывных интеграций в рамках учебного процесса без дополнительных доработок программного обеспечения, однако, требует некоторых затрат на начальное конфигурирование, организацию рабочих пространств и дополнение программного обеспечения определенным набором плагинов.

### Библиографический список

1. Habr, Что такое качество кода и зачем его измерять. – <https://habr.com/ru/post/205342/>, дата обращения: 29.01.2019.
2. Erik Kral, Petr Capek. Towards Using Continuous Integration Tools to Teach Programming Courses: сборник публикаций конференции. – М.: 2015 International Conference on CSC1, 2016 – 1-2 с.

3. Wikipedia, Непрерывная интеграция. – [https://ru.wikipedia.org/wiki/Непрерывная\\_интеграция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Непрерывная_интеграция), дата обращения: 27.01.2019.
4. Habr, SonarQube: проверяем код на качество. – <https://habr.com/ru/post/259149/>, дата обращения: 02.02.2019.
5. SoftwareGarden, SonarQube as an education platform. – <http://softwaregarden.io/sonarqube-education-platform/> дата обращения: 03.02.2019.
6. Proceedings of the 13th annual conference on Innovation and technology in computer science education, Test-driven development in education: experiences with critical viewpoints. – <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=1597849.1384306>, дата обращения: 02.02.2019.

УДК 004.4; ГРНТИ 50.41

## ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СРЕДСТВ СТРУКТУРИРОВАННОГО ХРАНЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КОНФИГУРАЦИИ

**В.В. Белов, О.В. Крылова**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, ole4kakrylova@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются проблемы повторного использования объектов конфигурации и средства их хранения. Приводятся основные особенности, достоинства и недостатки средств хранения объектов конфигурации.

*Ключевые слова:* платформа «1С», объекты конфигурации, повторное использование кода, системы хранения разработанных файлов.

## AN OVERVIEW OF THE EXISTING MEANS OF STRUCTURED STORING CONFIGURATION OBJECTS

**V.V. Belov, O.V. Krylova**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, ole4kakrylova@yandex.ru*

*The summary.* The paper discusses the problems of reuse of configuration objects and their storage facilities. The main features, advantages and disadvantages of storage facilities of configuration objects are given.

*Keywords:* platform «1С», configuration objects, code reuse, developed files storage systems.

В фирмах, занимающихся разработкой на платформе «1С», значительная часть заказов поступает на адаптацию типовых решений (таких, как «1С:Бухгалтерия», «1С:Зарплата и управление персоналом» и т.д.) под экономические потребности и бизнес-процессы заказчика (определенной организации или предприятия).

Адаптация может включать в себя:

- доработку типовых и разработку собственных отчетов;
- дополнительные обработки;
- расширение функционала форм типовых документов;
- создание новых документов и обеспечение их проведения по регистрам;
- адаптация печатных форм под требования заказчика и т.д.

Одной из особенностей доработки типовых конфигураций является схожесть требуемых для различных организаций, работающих в определенной сфере, объектов конфигурации (отчетов, обработок и документов). К примеру, если фирма заказчика специализируется в медицинской сфере, и приобрела конфигурацию «1С:Бухгалтерия» с целью автоматизации ведения финансового учета, то в ходе и после ее внедрения, скорее всего, потребуется внести корректировки в печатные формы документов и отчетности, характерные для данного рода деятельности.

При дальнейших заказах компаний медицинской сферы аналогичные отчеты, обработки и документы рационально разрабатывать не заново, а используя ранее разработанные решения для данной сферы деятельности. Повторное использование кода сокращает время

разработки, тем самым повышая эффективность работы разработчиков и снижая оплату для заказчика.

Консультантам, занимающимся поддержкой доработанных типовых конфигураций, необходимо знать ФИО разработчика, который работал над объектом конфигурации, если у пользователя возникли новые требования или проблемы при работе с объектом конфигурации.

Таким образом, возникает потребность в использовании системы структурированного хранения разработанных объектов конфигурации. Система должна выполнять следующие функции:

- отображать наименование решения, для которого выполнена доработка; вид объекта конфигурации; тип организации, для которой велась разработка; имя разработчика; дату завершения работы над объектом; комментарии; версию;
- структурировать объекты по типовым решениям, по сферам деятельности, по типу операции, которую разработка автоматизирует (например, учет больничных, расчет отпускных и т.д.);
- предоставлять возможность быстрого поиска по ключевым словам;
- предоставлять доступ к разработанным файлам организации только ограниченному кругу сотрудников для предотвращения утечки разработок конкурентам.

Рассмотрим существующие решения для структурированного хранения объектов конфигурации.

### **Хранилище конфигурации**

Хранилище конфигурации в 1С 8.2 и 8.3 – это средство для групповой разработки решения, встроенный в платформу 1С: Предприятие 8. Хранилище позволяет вести многопользовательскую разработку решений неограниченным количеством пользователей. Также хранилище предоставляет возможность увидеть полную историю разработки конфигурации и каждый шаг разработчиков в подробностях [1].

В истории хранилища 1С можно увидеть, когда, кем и что было изменено.

С точки зрения физической структуры хранилище конфигурации представляет собой файловую информационную базу 1С:Предприятия 8 формата 1CD. Хранилище содержит только разрабатываемую конфигурацию, но не содержит никаких данных (элементов справочников, отчетов, документов и т.п.). Каждый разработчик из рабочей группы создает свою базу, подключает ее к общему хранилищу конфигурации, при этом происходит замещение конфигурации его базы конфигурацией из хранилища. Важно, что каждый разработчик может проводить тестирование и отладку своих алгоритмов на собственных наборах данных, в хранилище же будет помещаться только конфигурация информационной базы.

Хранилище конфигурации не дает возможности изменить одновременно один и тот же объект двумя разработчиками. Если необходимо изменить какой-либо объект, он захватывается в хранилище, при этом другой программист не может его ни захватить в хранилище, ни отредактировать. Далее первый разработчик изменяет захваченный объект, отлаживает алгоритмы его работы на своих тестовых примерах, а после завершения разработки помещает объект обратно в хранилище. Следовательно, в каждый момент времени с одним объектом может работать только один пользователь. Таким образом обеспечивается целостность разрабатываемой конфигурации [1].

Хранилище конфигурации предназначается в первую очередь для организации групповой работы нескольких программистов над одной конфигурацией. Каждый разработчик занимается своей частью конфигурации (подсистемой, документом, обработкой и т.д.), редактирует свои объекты, тестирует и отлаживает их на своих данных.

Однако, кроме этого, хранилище позволяет вести версионирование изменений, происходящих в процессе работы над конфигурацией. И именно эта функция представляется очень полезной и в случае одного разработчика [2].

При помощи встроенных в платформу средств можно просмотреть историю версий хранилища, для каждой версии увидеть список измененных объектов, узнать, кто и когда вносил те или иные изменения.

В случае обнаружения ошибки предоставляется возможность откатиться до одной из предыдущих версий конфигурации. Каждую из сохраненных версий хранилища можно сохранить в файл для дальнейшего просмотра и анализа.

Разработчики могут сравнивать версии из хранилища друг с другом при помощи окна сравнения-объединения конфигураций.

Основным недостатком хранилища конфигурации при рассмотрении с точки зрения хранения разработанных объектов конфигурации является ее предназначение только для одной конфигурации, для обеспечения синхронизации работы группы разработчиков по модификации конфигурации. Хранить разработки для разных типовых конфигураций не предоставляется возможным.

### **Файловый хостинг**

Рассмотрим хранение разработанных объектов конфигурации на примере популярного файлового хостинга DropBox.

DropBox позволяет пользователям создать персональное облачное хранилище, содержимое которого можно просматривать с любого устройства. Доступ к файлам в DropBox осуществляется как через веб-интерфейс, так и с помощью специальных клиентов, среди которых имеются версии для разных операционных систем. Также сервис предоставляет возможность выкладывать файлы для общего доступа или доступа группы пользователей. Есть возможность просмотра истории изменения файлов с возможностью отката до любой сохраненной версии [3].

Применительно к хранению разработанных файлов файловый хостинг имеет достоинство в том, что пользователь имеет возможность создавать папки, таким образом структурируя объекты по типу конфигурации и отрасли, для которой разработка предназначалась. Еще одним достоинством является совместный доступ группы разработчиков к хранилищу. Программа является простой и практически не нуждается в настройках.

Недостатки файловых хостингов:

- ограниченный объем памяти, предоставляемый пользователю бесплатно (DropBox предоставляет максимально 16 Гб);
- как правило, ограниченный срок хранения истории изменения файлов без покупки дополнительных опций (DropBox хранит версии файлов за последние 30 дней);
- невозможность работы при неполадках с подключением к сети, т.к. все разработки хранятся в Интернете, а не на сервере предприятия;
- возможность взлома и утечки данных.

### **Выводы**

Подводя итог, можно сказать, что создание программного обеспечения для структурированного хранения разработанных объектов является необходимым для обеспечения более эффективной работы программистов, занимающихся доработкой типовых конфигураций под требования организации.

### Библиографический список

1. Гладкий А.А., 1С: Управление торговлей 8.2. Настройка, конфигурирование, администрирование. – Москва: Мультимедийное издательство Стрельбицкого, 2018.
2. Кашаев С.М. Программирование в 1С:Предприятие 8.3. – Санкт-Петербург: Издательский дом "Питер", 2014.
3. Dropbox – что это за сервис и как им пользоваться [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://viarum.ru/obzor-dropbox/>. – Дата доступа: 11.01.2019.

УДК 004.4; ГРНТИ 50.41

## АНАЛИЗ ИНТЕГРАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ АРХИТЕКТУРЫ ПУБЛИКАЦИЯ/ПОДПИСКА

А.В. Ямщиков

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, rulezzz97@mail.ru*

*Аннотация.* В работе рассматривается интеграция приложений, её задача, выгоды от успешной реализации, проблемы при разработке. Обосновывается применение шаблонов для интеграции, перечисляются их типы. Описывается интеграция, ориентированная на сообщения, как подтип интеграции на уровне данных, а также архитектура «публикация/подписка» – популярная модель взаимодействия приложений на основе сообщений, её преимущества и недостатки.

*Ключевые слова:* интеграция приложений, шаблоны интеграции приложений, асинхронное взаимодействие приложений, ориентированная на сообщения интеграция, системы обмена сообщениями, «публикация/подписка».

## ANALYSIS OF INTEGRATION DECISIONS ON THE BASIS OF ARCHITECTURE PUBLICATION / SUBSCRIPTION

A.V. Yamshchikov

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, rulezzz97@mail.ru*

*The summary.* The paper discusses the integration of applications, its task, the benefits of successful implementation, problems in development. Substantiates the use of templates for integration, lists their types. It describes message-oriented integration as a data-level integration subtype, as well as a publish / subscribe architecture — a popular message-based application interaction model, its advantages and disadvantages.

*Keywords:* application integration, application integration patterns, asynchronous application interaction, message-oriented integration, messaging systems, “publish / subscribe”.

Типичная информационная система предприятия насчитывает множество приложений, выполняющихся под управлением различных операционных систем. Появление новых функциональных требований ведет также и к появлению дополнительных соответствующих функций в программном пакете. Для совместного использования несколькими приложениями данных, а также для поддержания общих бизнес-процессов этих приложений, их необходимо интегрировать.

Предприятия могут получить путем интеграции информационных систем такие конкурентные преимущества, как:

- возможность в реальном времени вести бизнес с использованием событийно-управляемых сценариев;
- своевременное получение достоверной и полной информацией.

Задача интеграции — обеспечение такого обмена данными между разными программными продуктами, первоначально не предназначенными для совместной работы, чтобы он был эффективным, надежным и безопасным. Если интеграционный проект был успешно реализован, предприятие может получить следующие бизнес-выгоды [1]:

- улучшение качества поддержки и обслуживания клиентов;
- автоматизация бизнес-процессов;
- уменьшение производственного цикла;
- сокращение количества ошибок обработки данных;
- прозрачность процессов;
- уменьшение стоимости транзакций;
- оптимизация логистических процессов;
- более тесное взаимодействие с бизнес-партнерами;
- быстрое внедрение новых бизнес-сервисов;
- сохранение инвестиций в информационные технологии.

При разработке интеграционных решений специалисты могут столкнуться с проблемами, представленными в таблице 1.

Таблица 1. Проблемы при разработке интеграционных решений

<i>Технические проблемы</i>	<i>Методологические проблемы</i>	<i>Организационные проблемы</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– из-за ненадежности сетей передачи данных возможны задержки и потери информации;</li> <li>– медленная передача данных;</li> <li>– нужно вести учет всех различия между приложениями;</li> <li>– контроль над интегрируемыми приложениями может быть ограничен, например, когда системы плохо документированы или имеется база данных с закрытой структурой;</li> <li>– при изменениях в интегрируемых приложениях необходимо адаптировать и интеграционное решение к этим изменениям;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– для слияния нескольких несопоставимых наборов данных отсутствует корректный формат или семантический слой;</li> <li>– для определения записей, интерфейсов, структур, потоков данных внутри организации и другие подобные аспекты интеграции требуется наличие методологии для своего документирования;</li> <li>– все интеграционные проекты для согласования данных должны иметь определения соответствующих методов и правил;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– пониженное доверие к правильности информации;</li> <li>– в большинстве случаев за интеграцией приложений следуют некоторые изменения в корпоративной политике компании;</li> <li>– сбой в функционировании важного интеграционного решения, связанного с ключевыми бизнес-функциями компании, может повлечь за собой существенные убытки для данной компании.</li> </ul>

Каждое интеграционное решение уникально и требует применения различных подходов к объединению приложений. Шаблон представляет собой абстрактное описание типовой задачи, способов ее решения, которое должно быть принято на этапе проектирования, и его обоснование. Использование шаблонов — один из наиболее эффективных способов документирования экспертных знаний.

Общая классификация шаблонов интеграции представлена в таблице 2.

Таблица 2. Общая классификация шаблонов интеграции

Шаблоны интеграции		
<b>Цель интеграции</b>	⇒	<b>Шаблоны архитектуры промежуточного слоя</b>
Единое представление корпоративных данных		Агрегация сущностей
Распределенный бизнес-процесс		Интеграция процессов
Единая точка доступа к данным из нескольких источников		Интеграция, ориентированная на портал
<b>Уровень связывания приложений</b>	⇒	<b>Шаблоны связывания приложений</b>
База данных		Интеграция данных
Уровень бизнес-логики		Функциональная интеграция
Уровень пользовательского интерфейса		Презентационная интеграция
<b>Способ взаимодействия приложений</b>	⇒	<b>Шаблоны топологии интеграционного решения</b>
Взаимодействие «один к одному»		Точка-точка
Взаимодействие через центральный «коммутатор»		Брокер сообщений
Открытое взаимодействие		Шина сообщений
Взаимодействие «один ко многим»		Публикация-подписка

Рис. 1. Общая классификация шаблонов интеграции

Основные характеристики базовых шаблонов архитектуры промежуточного слоя представлены в таблице 3.

Таблица 3. Основные характеристики базовых шаблонов промежуточного уровня.

Шаблон промежуточного слоя	Решаемая проблема
Агрегация сущностей	Как приложениям эффективно использовать данные, распределенные между несколькими репозиториями
Интеграция процессов	Как управлять исполнением распределенного бизнес-процесса, если отдельные бизнес-функции выполняются разными приложениями
Портал-ориентированная интеграция	Как конечные пользователи могут эффективно решать задачи, требующие доступа к информации, распределенной между несколькими приложениями

Три базовых шаблона связывания приложения выделяют в соответствии с каждым логическим уровнем, на котором может осуществляться интеграция с промежуточной средой:

- 1) интеграция данных — данные извлекаются из базы данных;
- 2) функциональная интеграция — приложение предоставляет некие сервисы и API-интерфейсы для интеграции с бизнес-логикой;
- 3) презентационная интеграция — данные извлекаются с экрана (по технологии «прочесывание экрана»).

Рассмотрим интеграцию, ориентированную на сообщения как разновидность интеграции данных [2]. Данный способ связывания приложений использует промежуточное программное обеспечение (систему обмена сообщениями), ориентированное на посылку сооб-

щений. Обмен сообщениями позволяет наладить асинхронное взаимодействие между слабо связанными приложениями и гарантирует доставку сообщений от отправителя к получателю.

Основными понятиями технологии обмена сообщениями являются:

- 1) *сообщение* — наименьшая единица данных, которая может быть передана от отправителя к получателю;
- 2) *каналы* — логические адреса в системе обмена сообщениями.

Данные передаются между приложениями по каналам сообщений. Реализация каналов зависит от конкретной системы. Например, несколько логических каналов могут использовать один физический канал. Логические каналы скрывают детали конкретной реализации от приложений.

Процесс обмена сообщениями между приложениями включает следующие этапы:

- 1) создание — отправитель создает сообщение, содержащее полезную информацию;
- 2) отправка — отправитель помещает сообщение в канал;
- 3) доставка — система обмена сообщениями доставляет сообщение с компьютера отправителя на компьютер получателя;
- 4) получение — получатель извлекает сообщение из канала;
- 5) обработка — получатель считывает полезную информацию.

Существуют два метода передачи сообщений между удаленными системами:

- непосредственный обмен сообщениями;
- использование очередей сообщений.

Непосредственный обмен возможен только если сообщение может быть принято в тот же момент времени.

Основная идея очереди сообщений — использование посредника (менеджера очереди сообщений), что позволяет взаимодействовать приложениям, работающим в разное время, и не требует от них одновременного подключения к сети. Очередь сообщений — это репозиторий, в котором хранятся сообщения в процессе их пересылки. Назначение очереди — маршрутизация сообщений и обеспечение их гарантированной доставки получателю.

На рисунке 1 представлен процесс пересылки сообщения с клиента на сервер. Сообщение записывается в очередь исходящих сообщений, и начинается процесс его доставки. Как только связь с сервером установлена, система обмена сообщениями отправляет все накопленные сообщения. Полученные данные сервер записывает в очередь входящих сообщений. Теперь серверное приложение может в любой момент времени просмотреть полученную информацию и удалить ее.



Рис. 1. Система обмена сообщениями

В интеграционном решении каждое приложение выступает в качестве ресурса, предоставляющего или использующего определенные сервисы, и представляет собой часть единой интеграционной архитектуры. Простейшим вариантом взаимодействия приложений является соединение системы с необходимым сервисом по типу «точка-точка». В более сложных случаях, взаимодействие между приложениями должно осуществляться через посредника (брокера или сервисную шину).

Выделяют следующие базовые шаблоны связывания приложений:

- «точка-точка»;
- брокер;
- шина сообщений.

Помимо них рассматривается шаблон «публикация/подписка», позволяющий поставлять информацию от поставщика к нескольким получателям.

Данная модель взаимодействия приложений стала популярной, поскольку она обеспечивает гарантированную регулярную доставку часто меняющейся информации от одного поставщика многим не конкурирующим друг с другом получателям. Модель «публикация/подписка» часто реализуется в распределенных или мобильных архитектурах и позволяет потребителям информации получать уведомления о появлении интересующей их информации.

В схеме «публикация/подписка» задействованы три участника (рисунок 2):

- поставщик информации, которого принято называть *издателем* (publisher);
- потребитель информации, называемый *подписчиком* (subscriber);
- сервис событий, выполняющий роль посредника и осуществляющий управление подписками и уведомлениями.



Рис. 2. Взаимодействие «публикация/подписка»

Поскольку подписчик получает некоторое подмножество из набора сообщений, публикуемых издателями, существует механизм отбора сообщений, подходящих подписчику.

Выделяют три механизма фильтрации:

- 1) *темо-ориентированный механизм*. Издатель публикует сообщения на определенные темы (topics), организованные в виде иерархии. Подписка на тему позволяет подписчику получать все сообщения, публикуемые этой теме и ее подтемах.
- 2) *содержимо-ориентированный механизм*. Сообщения доставляются подписчику, если атрибуты или содержание сообщения удовлетворяет ограничениям потребителя.
- 3) *типо-ориентированный механизм*. Оповещения делятся на типы, которые могут инкапсулировать атрибуты и методы. Подписчик определенного типа объектов получает только экземпляры классов необходимого типа и его подтипов.

Преимущества и недостатки интеграции по типу «публикация/подписка» рассмотрены в таблице 4.

Таблица 4. Преимущества и недостатки интеграции по типу «публикация/подписка».

Преимущества	Недостатки
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Пространственное разделение — подписчики и издатели обычно не обладают информацией друг о друге.</li> <li>– Временное разделение — взаимодействующие стороны могут быть активны в разное время.</li> <li>– Асинхронное взаимодействие издателя и подписчика.</li> <li>– Хорошая масштабируемость решений за счет отсутствия явных зависимостей между взаимодействующими сторонами.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Низкая производительность содержимо ориентированных решений</li> <li>– Невозможность подписаться на часть темы в темо-ориентированных решениях</li> </ul>

### Библиографический список

1. Морозова О.А. Интеграция корпоративных информационных систем: М80 учебное пособие. — М.: Финансовый университет, 2014. — 140 с.
2. Хоп Г., Вульф Б. и др. Шаблоны интеграции корпоративных приложений. : Пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 672с. : ил. – Парал. тит. англ.

УДК 621.396; ГРНТИ 47.47

## ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ КЛИЕНТОВ СИСТЕМЫ ЛОЯЛЬНОСТИ СЕТИ АЗС

С.П. Михеев, А.Н. Пылькин

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, msp.itb@gmail.com*

*Аннотация.* В работе рассматривается принцип построения системы программного приложения для работы с системой лояльности сети АЗС посредством мобильного приложения.

*Ключевые слова:* клиент-серверное приложение, серверная архитектура, мобильное приложение, REST API.

## PRINCIPLES OF CONSTRUCTION AND ARCHITECT OF THE PROGRAM APPLICATION FOR CLIENTS OF FUEL STATION LOYALTY SYSTEM

S.P. Mikheev, A.N. Pytkin

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, msp.itb@gmail.com*

*The summary.* The paper discusses principles of the program application system construction for work with the loyalty system of the fuel stations system using the mobile application.

*Keywords:* client-server application, server architecture, mobile application, REST API.

Современные сети АЗС всё более активно используют программы лояльности. Карты лояльности крупных компаний (Лукойл, Газпромнефть, ТНК, Shell, British Petroleum, Роснефть) позволяют возвращать и удерживать клиентов. С целью увеличения продаж и укрепления покупательной локальности широко используются мобильные приложения, которые обеспечивают эффективные коммуникации с клиентами. Мобильные приложения позволяют АЗС максимально точно персонализировать и поддерживать коммуникации с клиентами. По результатам анализа данных, полученных в корпоративной информационной системе, АЗС имеют возможность сегментировать пользователей с установления различных опций:

- автоматически поздравлять с днем рождения и другими событиями;
- предлагать повышенные бонусы на некоторые товары (пользующиеся наибольшим или наименьшим спросом);
- давать справочную информацию и пр.

Таким образом, мобильная программа лояльности – современное, высокотехнологичное, быстрокупаемое и высоко эффективное средство вовлечения и удержания клиентов сети АЗС.

В данной работе рассмотрены принципы построения и архитектура программного приложения клиентов системы лояльности пользователей сети автозаправочных станций, расположенных в различных регионах. Нельзя не отметить, что в настоящее время АЗС это не просто станция для автозаправки, это серьезный многофункциональный комплекс с магазинами, сервисом и иной инфраструктурой, находящийся под управлением специализированного ПО, обеспечивающего взаимодействие между автозаправочным, торговым и иным оборудованием, различными программными сервисами и предоставляющего большой перечень услуг для клиента [1].

Существует много фирм, занимающихся автоматизацией автозаправочных комплексов. Главными задачами программного обеспечения, предлагаемого в качестве основы, являются:

- контроль оборудования и действий персонала;
- управление магазинами и складами;
- работа с различными видами оплаты;
- контроль доступа ГСМ и сопутствующих товаров;
- создание и ведение различных видов отчетности;
- предоставление программ лояльности конечному клиенту;

Под системой лояльности понимается комплекс маркетинговых операций для осуществления повторных продаж клиентам, реализации среди них дополнительных товаров и услуг и информировании их об интересных предложениях. Соответственно, для осуществления операций по уточнению баланса карты или ее текущего статуса, была необходимость в звонке оператору, позднее в доступе в личный кабинет посредством интернет-браузера, что не всегда удобно для клиента.

Одной из проблем, кооторую необходимо решить при написании мобильного приложения, это способ взаимодействия такого приложения со множеством станций АЗС. С этой целью было принято решение создать серверную часть приложения, которая включает в себя функциональность по сбору данных со всех имеющихся станций, и предоставляющее публичное API для обмена данными с мобильным приложением.

С этой целью было принято решение использовать следующий стек технологий:

- Язык программирования Java.
- Spring Boot – фреймворк, основанный на языке программирования Java, предлагающий огромный спектр возможностей по созданию любого архитектурного решения клиент-серверной части с применением современных web-технологий.
- MySQL – широко распространенная СУБД (используемая для хранения и кэширования собранных данных).
- Hibernate – реализация спецификации JPA (Java Persistence API), предназначенная для решения задач объектно-реляционного отображения (ORM).

### **Диаграмма прецедентов использования**

Варианты использования системы обширны, так как функциональные возможности программы основаны на получении различного вида информации с автоматизированных

станций обслуживания (местоположение, бонусы, специальные предложения и т.д.). Участник программы лояльности имеет следующие возможности:

- регистрация в системе;
- просмотр карты АЗС;
- получение информации об акциях;
- просмотр истории заправок;
- просмотр информации о заправке;
- просмотр истории покупок;
- просмотр личной информации (количество бонусных баллов и т.д.);

Диаграмма прецедентов использования (рисунок 1) наглядно описывает возможности разрабатываемой системы.

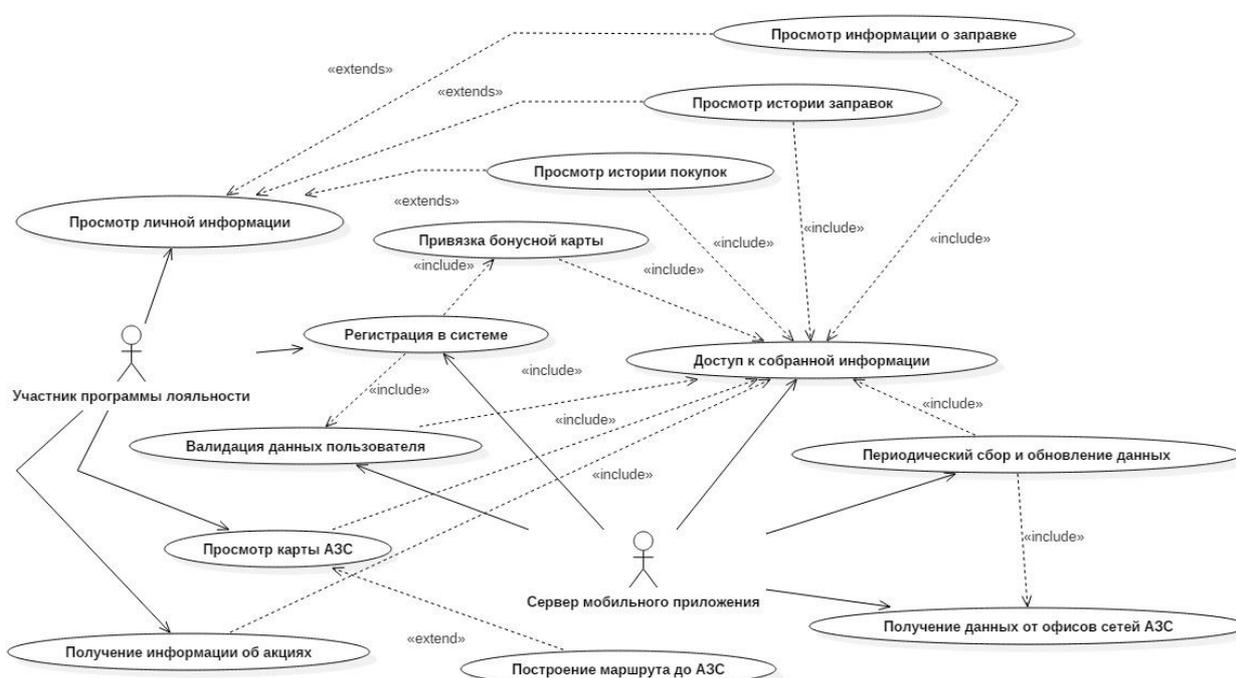


Рис. 1. Диаграмма прецедентов использования

В процессе построения структуры таблиц реляционной базы данных были разработаны логические связи между конечным пользователем, станциями АЗС, ценами на топливо, сетью, товарами и транзакциями пользователя. При сборе информации со станций АЗС вся необходимая информация сохраняется в базу данных, что позволяет быстро обрабатывать ее во время запросов клиента, а также работать с большим количеством данных с разных сетей АЗС посредством одного серверного приложения. Хотелось бы отметить способ реализации связи для транзакций. Транзакция включает в себя большое количество информации и является наиболее сложной программной единицей для обработки при построении программного обеспечения такого вида. Структура БД разработана с учетом нормальных форм и полностью соответствует им.

Работа с БД происходит посредством JPA спецификации Hibernate. Одной из особенностей данного фреймворка является возможность реализации кэширования L1 и L2 уровня. По умолчанию используется уровень L1, хранящий объекты в сессии (рисунок 2). В дальнейшем планируется создание L2 уровня кэширования для хранения редко изменяющейся информации.

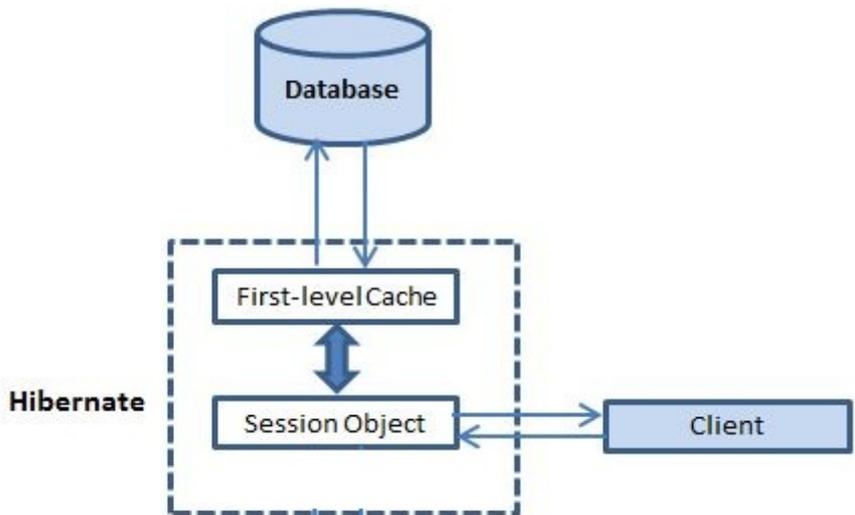


Рис. 2. L1 уровень кэширования Hibernate

Приложение построено на REST архитектуре. REST – это архитектурный стиль для проектирования распределенных систем. Он не является стандартом, но при этом устанавливает ряд ограничений на систему, например, отсутствие состояний, клиент-серверное взаимодействие, унифицированный интерфейс и другие. Чаще всего его связывают именно с HTTP запросами (рисунок 3).

Данный рисунок описывает взаимодействие клиентских приложений (мобильное приложение, веб-приложение) с создаваемым сервисом, предоставляющим публичное API. На данном рисунке можно увидеть, как сервис работает с СУБД посредством JDBC соединения, производит обмен данными с удаленными backend системами (главные офисы станций АЗС) посредством различных протоколов.

Таким образом, в работе проведено проектирование архитектуры мобильного приложения лояльности пользователей сети автозаправочных станций, что дает возможность для написания программного кода для пользовательского уровня.

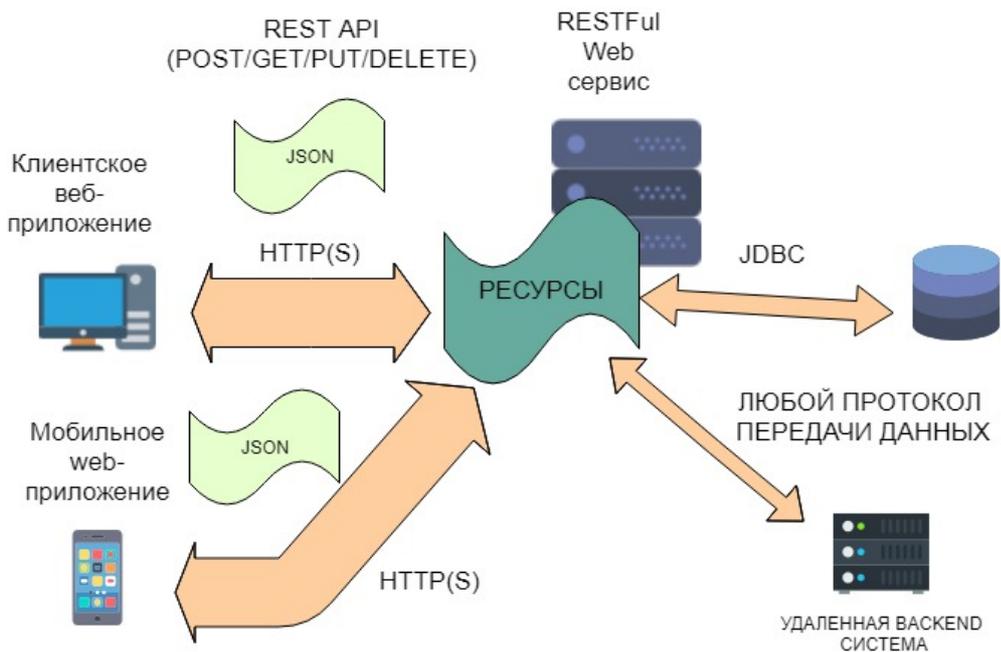


Рис. 3. REST архитектура приложения

### Библиографический список

1. Пылькин А.Н., Михеев С.П., Аверченков А.В. Архитектура облачного сервиса для мобильного приложения системы лояльности пользователей сети автозаправочных станций. // Материалы III Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы современной науки и производства». – Рязань: И.П. Коняхин А.В. (Book Jet), 2018 – 234 с.

УДК 004.45; ГРНТИ 50.41.23

## ПОДДЕРЖКА МОБИЛЬНОСТИ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ ПРОТОКОЛА ПУБЛИКАЦИЯ/ПОДПИСКА

Г.А. Пономаренко, В.А. Антипов

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, skyshok62@gmail.com*

*Аннотация.* До настоящего времени существующее промежуточное ПО публикации/подписки было оптимизировано для статических систем, где пользователи, а также базовая структура системы были довольно фиксированными. Мы изучаем вопрос о том, можно ли расширить существующее промежуточное ПО публикации/подписки для поддержки мобильных и зависимых от местоположения приложений.

*Ключевые слова:* промежуточное программное обеспечение, система передачи сообщений протокола публикация/подписка, физическая мобильность, логическая мобильность.

## MOBILITY SUPPORT IN PUBLISH/SUBSCRIBE SYSTEMS

G.A. Ponomarenko, V.A. Antipov

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, skyshok62@gmail.com*

*The summary.* Up to now, existing pub/sub middleware was optimized for static systems where users as well as the underlying system structure were rather fixed. We study the question whether existing pub/sub middleware can be extended to support mobile and location-dependent applications.

*Keywords:* middleware, publish/subscribe protocol messaging system, physical mobility, logical mobility.

Мобильные клиенты имеют множество характеристик, среди которых необходимость отключаться от сети по разным причинам. Будь то это по географическим, административным или по соображениям энергосбережения, быть все время подключенным к одному брокеру невозможно. Следовательно, необходимо учитывать, что клиенты будут время от времени отключаться от своего пограничного брокера. Промежуточное ПО должно быть связано с перемещением клиентов, а также должно обеспечивать возможность того, что отключенный клиент снова подключится к тому же или другому брокеру.

Первым шагом на пути к мобильности является расширение существующего промежуточного программного обеспечения публикации/подписки, допускающего перемещение клиентов, так, чтобы существующие приложения могли использоваться в мобильных средах.

Это означает, что интерфейсы для доступа к промежуточному программному обеспечению и приложениям сверху не требуется изменять. Что еще более важно, качество обслуживания, предлагаемого промежуточным программным обеспечением, не должно существенно ухудшаться. Результирующая прозрачность местоположения необходима для того, чтобы сделать существующие приложения мобильными, например, мониторинг котировок акций, плавно переносимых с ПК на КПК. С другой стороны, будущие приложения не нуждаются в полной прозрачности, но полагаются на осознании мобильности. В частности, поддержка мобильности должна сочетать нежелательные явления, такие как разъединенность и принуждение к желаемому поведению, осведомленность о местоположении в службах, основанных на локализации. Поэтому, расширение интерфейса промежуточного программного

обеспечения публикации/подписки для облегчения определения местоположения является открытой проблемой, поскольку большинство существующих работ сосредоточено только на прозрачности.

При роуминге клиенты меняют (по крайней мере, некоторую часть) контекст, в котором они работают, и могут захотеть отреагировать на эти изменения, например, адаптировать свои подписки. Однако соответствующая инфраструктурная поддержка должна избавить приложение от необходимости реагировать «вручную» ко всем изменениям. Промежуточное ПО скорее должно предлагать автоматическую адаптацию к изменениям контекста, то есть облегчать зависимость местоположения. Это приводит к другому понятию мобильности. Таким образом, мы различаем:

1. Физическую мобильность: клиент, который физически мобилен в течение определенного периода времени и имеет различных пограничных брокеров вдоль маршрута через инфраструктуру. Основной проблемой физической мобильности является прозрачность местоположения.

2. Логическую мобильность: клиент, который логически мобилен, знает об изменениях своего местоположения. Чтобы избавить клиента от ручной адаптации к новым местоположениям, основной задачей логической мобильности является автоматическое определение местоположения в промежуточном программном обеспечении публикации/подписки.

Физическая и логическая мобильность - это два ортогональных аспекта мобильности. Поскольку физическая компоновка систем публикации/подписки обычно фиксируется, и ее схема обычно не соответствует географическим реальностям, представляется разумным отделить два понятия мобильности. В этой статье мы предполагаем, что логическая мобильность является уточнением физической мобильности в том, что клиент остается подключенным к одному и тому же брокеру при логическом роуминге.

### **Физическая мобильность**

Физическая мобильность похожа на то, что в области мобильных вычислений называется терминальной мобильностью или роумингом. Клиент обращается к системе через определенное количество точек доступа (базовые станции GSM, точки доступа WLAN или пограничные брокеры). При физическом перемещении клиент может оказаться вне досягаемости одной точки доступа и перейти в зону доступа второй, которая не обязательно перекрывается. Мы не можем рассчитывать на полностью беспрепятственный доступ к брокерской сети, однако можно добиться более согласованных фаз связности, например, на ежедневном маршруте между домом и офисом. В этой установке мы анализируем качество требований к услугам с точки зрения клиентов роуминга:

1. Интерфейс. Очевидно, что интерфейс к системе публикации/подписки не должен меняться, поскольку устаревшие приложения не знают о мобильности.

2. Полнота. Несмотря на прерывистые разъединения, в конечном счете, промежуточное ПО публикации/подписки доставляет все уведомления для клиента. Это основное требование прозрачности.

3. Заказ. Адресант отправляет уведомления с первого раза (FIFO).

4. Ответная реакция. Задержка перемещения клиента должна быть минимальной, чтобы максимизировать оперативность системы. Это необходимо учитывать при разработке протокола перемещения.

Эти два понятия имеют разные требования к качеству обслуживания, и поэтому разрабатываются различные решения для соответствия им обоим.

### Возможные решения

Одним из решений было бы полагаться на мобильный IP [1] для подключения клиентов к пограничным брокерам, скрывая физическую мобильность на сетевом уровне. Однако недостатком является то, что связь также скрыта от промежуточного программного обеспечения публикации/подписки, которая далее не может извлекаться из любых мест доставки уведомлений или оптимизации маршрутизации. Тем самым, нарушается требование ответной реакции. Такой подход может быть осуществим только в том случае, если физическое и логическое расположение данной системы полностью ортогонально. Другим решением для реализации физической мобильности будет использование последовательностей sub-unsub-sub-вызовов для регистрации клиента у нового брокера. Когда клиент переходит от пограничного брокера В1 в В2, он просто отписывается от В1 и повторно подписывается на В2 без поддержки в промежуточном программном обеспечении. Но клиент может не обнаружить, что покидает диапазон брокера и в этом случае не сможет отказаться от подписки в своем прежнем месте. Более того, клиент в течение всего времени отключения может пропустить несколько уведомлений или получить дубликаты, даже если в сети залиты уведомления, а изменение местоположения мгновенно. Эта проблема изображена на рисунке 1. Следовательно, это решение не является полным [2].

Хотя физическая мобильность является скорее техническим нюансом, невидимым для приложения, логическая мобильность включает в себя информацию о местоположении. Примером логической мобильности является перемещение клиента по дому или зданию, обслуживаемому только одним пограничным брокером. В этом случае пользователю должно быть интересно получать только те уведомления, которые относятся к комнате, в которой он находится в настоящее время. Стоит обратить внимание, что клиент может одновременно быть логически и физически мобильным.



Рис. 1. Отсутствие уведомлений в сценарии наводнения

Логически мобильный клиент, перемещающийся из одного места в другое, будет ожидать беспрепятственное изменения местоположения без заметного времени настройки после того, как он переместился, например, из своего офиса в конференц-зал по соседству. Адаптация какой-либо привязки с определением местоположения должна происходить «мгновенно». Интуитивно мы хотели бы испытать понятие подписки на «все, повсюду, все время» и повысить реактивность системы на перемещение клиентов.

### Фильтры, зависящие от местоположения

Система публикации/подписки, которая предлагает фильтры, зависящие от местоположения, имеет тот же интерфейс, что и обычная система публикации/подписки (т.е. она предлагает pub, sub, unsub, примитивы уведомления). Однако при указании фильтров подписки для пар имя/значение, ссылающихся на «местоположение», она поддерживает новый примитив для указания таких вещей, как «все уведомления, где местоположение атрибута

равно моему текущему местоположению». Точнее, мы постулируем конкретный маркер *myloc*, который можно использовать в подписке. Маркер обозначает определенный набор местоположений, зависящих от текущего положения клиента. Например, клиент может оформить подписку на все свободные парковочные места вблизи своего текущего местоположения следующим образом: (*service* = "parking"), (*location*  $\in$  *myloc*), (*car-type*  $\geq$  "compact").

Набор местоположений, связанных с маркером, берется из определенного диапазона *L* мест. Этот набор зависит от приложения и может содержать, например, все разные комнаты здания, все улицы города или все географические координаты, заданные системой GPS с определенной степенью детализации. Учитывая уведомление с местоположением атрибута, подписка (*location*  $\in$  *myloc*) будет оцениваться как true для конкретного клиента в местоположении *y* тогда и только тогда, когда *x*  $\in$  *myloc* (*y*), где *myloc* (*y*) - это определенный набор местоположений, связанных с *y*.

В этом случае мы говорим, что уведомление соответствует зависящему от местоположения фильтру. Простейшей формой *myloc* (*y*) является просто множество  $\{y\}$ . В этом случае уведомление соответствует подписке, если *x* = *y*. Но в примере автомобиля водитель, ищущий место для парковки, может захотеть указать: (*location* = «не более двух кварталов от *myloc*»). В этом случае *myloc* соответствует всем элементам *L*, которые удовлетворяют этому требованию.

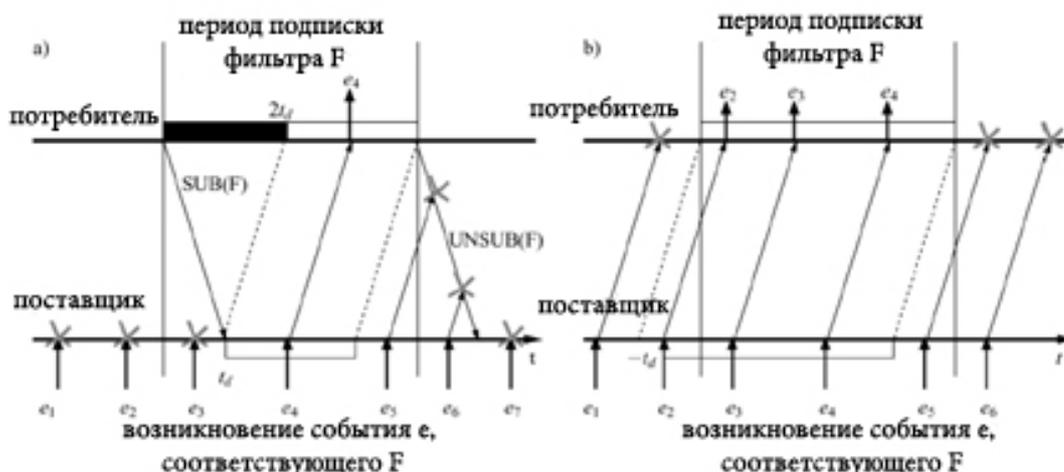


Рис. 2. Период отключения после подписки на простую маршрутизацию (а) и наводнение с помощью фильтрации на стороне клиента (б)

### Предварительное, но неполное решение для логической мобильности

Хотя фильтры, зависящие от местоположения, напрямую не поддерживаются текущим промежуточным программным обеспечением публикации/подписки, можно утверждать, что в этом случае не очень сложно имитировать их поверх доступных в настоящее время систем. Идея заключалась бы в создании обертки вокруг существующей системы, которая следует за изменениями местоположения пользователей, прозрачно отписывается от старого местоположения и подписывается на новое при перемещении пользователя. Однако, в зависимости от стратегии внутренней маршрутизации системы событий, это может привести к неожиданным результатам. Стратегии маршрутизации, развернутые во многих существующих системах событий на основе содержимого, таких как Siena [3], Elvin [4] и Rebeca, приводят к запретным периодам, когда никаких уведомлений не поступает. Проблема в том, что для обработки новой подписки обычно требуется некоторая временная задержка. После подписки на фильтр требуется некоторое время  $t_d$ , пока подписка не будет распространена на потенциальный источник. Затем требуется как минимум другое время  $t_d$ , пока уведомление

не достигнет подписчика. Это явление изображено на рисунке 2а (обратите внимание, что задержка  $t_d$  может отличаться для разных источников уведомлений и может меняться со временем). Если клиент остается в любом новом месте менее  $2t_d$  времени, тогда подписчик «голодает», то есть он будет получать небольшие уведомления или вообще не получать их.

### Интуитивное, но неэффективное решение

Другое базовое решение, которое может быть непосредственно построено с использованием существующей технологии, снова основано на наводнении. Тогда местный брокер может принять решение о предоставлении уведомления клиенту в зависимости от его текущего местоположения (рисунок 2b). Очевидно, что наводнение предотвращает запретный период, который присутствовал в предыдущем решении, но при этом, наводнение является очень дорогостоящей стратегией маршрутизации, особенно для крупных систем публикации/подписки [6].

### Качество обслуживания логической мобильности

Интересно, что в то время как наводнение является очень дорогостоящим и, следовательно, нежелательным, оно очень близко к тому качеству обслуживания, которое мы хотели бы достичь для логической мобильности, а именно к понятию подписки на «все, везде и постоянно». Проблема в том, что трудно точно определить поведение наводнений, не обращаясь к некоторым неприятным теоретическим построениям операционной семантики.

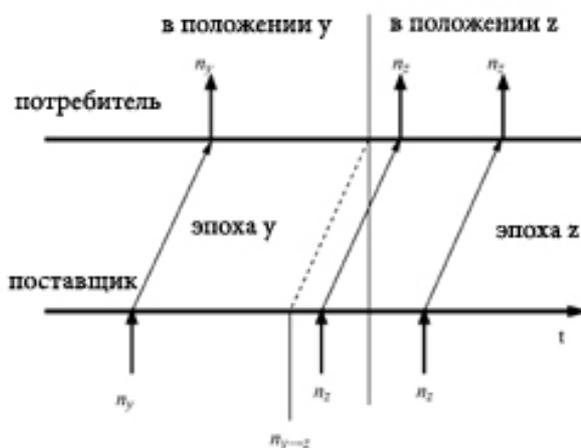


Рис. 3. Определение качества обслуживания для логической мобильности с использованием виртуальных уведомлений  $n_{y \rightarrow z}$ , которые поступают к потребителю только во время изменения местоположения от  $y$  до  $z$

Однако с логической мобильностью нет опасности получать уведомление дважды потому, что потребитель остается прикрепленным к одному и тому же «пути доставки». Поэтому качество обслуживания, которое мы требуем для логической мобильности, просто указано следующим образом: при изменении местоположения от  $x$  до  $y$  все уведомления должны доставляться потребителю «как если бы» наводнение использовалось в качестве базовой стратегии маршрутизации. Это утверждение более конкретно отражено на рисунке 3, где последовательность уведомлений, генерируемых любым потребителем, делится на эпохи, которые соответствуют тому, что уведомление действительно приходит к потребителю (границы эпохи между местоположением  $y$  и  $z$  рисуются как виртуальное уведомление  $n_{y \rightarrow z}$ ). Мы требуем, чтобы все уведомления, соответствующие текущей локально-зависимой подписке

из каждой такой эпохи, должны быть доставлены. Интуитивно, эпохи определяют семантику наводнения.

### Библиографический список

1. D. Johnson. Scalable support for transparent mobile host internetworking. *Wireless Networks*, 1:311–321, Oct. 1995.
2. Zeidler and L. Fiege. Mobility support with REBECA. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Distributed Computing Systems Workshop on Mobile Computing Middleware*, 2003.
3. W. Segall and D. Arnold. Elvin has left the building: A publish/subscribe notification service with quenching. In *Proceedings of the 1997 Australian UNIX Users Group*, Brisbane, Australia, Sept. 1997.
4. A. Carzaniga, D. S. Rosenblum, and A. L. Wolf. Design and evaluation of a wide-area event notification service. *ACM Transactions on Computer Systems*, 19(3):332–383, 2001.
5. G. Muhl, L. Fiege, F. C. Gärtner, and A. P. Buchmann. Evaluating advanced routing algorithms for content-based publish/subscribe systems. In A. Boukerche and S. Majumdar, editors, Fort Worth, TX, USA, October 2002. IEEE Press.
6. V.A. Antipov, O.V. Antipov, A.N. Pytkin. Dynamic Publish/Subscribe Systems. *International conference on computer technologies in physical and engineering applications*. – SPb., 2014, p. 11 – 11a.

УДК 004.021; ГРНТИ 50.41.25

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СКАТТЕРОГРАММ

**Н.Н. Гринченко, Е.С. Герашенко**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, grinchenko\_nn@mail.ru*

*Аннотация.* В данной работе описывается алгоритм автоматического анализа скаттерограмм.

*Ключевые слова:* скаттерограмма, анализ ритма.

## SCATTEROGRAMM AUTOMATIC ANALYSIS ALGORITHM DEVELOPMENT

**N.N. Grinchenko, E.S. Gerashchenko**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, grinchenko\_nn@mail.ru*

*The summary.* This paper describes algorithm of scatterogramm automatic analysis.

*Keywords:* scatterogramm, rhythm analysis.

### Введение

Среди различных методов анализа электрокардиосигнала (ЭКС) выделяют группу графических методов, которые позволяют наглядно представлять информацию об основных параметрах ЭКС и выявлять дополнительные характеристики и диагностическую информацию. Существуют следующие методы:

- скаттерограмма;
- ритмограмма;
- гистограмма;
- спектрограмма;
- коррелограмма.

В данной работе рассматривается разработка алгоритма для автоматического анализа скаттерограмм.

Данный алгоритм позволяет определить только тип нарушения ритма, основанный на соотношении длительностей RR-интервалов. Для полной диагностики его следует дополнить алгоритмами анализа формы сигнала.

### Понятие скаттерограммы и основные параметры

Скаттерограмма – двумерный график в декартовой системе координат, где по оси ординат откладывается длительность в секундах  $RR_i$  интервала, а по оси абсцисс –  $RR_{i+1}$ .

Основные достоинства скаттерограммы состоят в том, что она:

- выявляет скрытые на обычной электрокардиограмме (ЭКГ) связи между  $RR$ -интервалами;
- обладает высокой чувствительностью к внезапным изменениям длительности интервалов;
- обладает высокой наглядностью;
- позволяет выявить типовые формы набора точек для диагностики некоторых видов аритмий;
- применима при диагностике аритмий с внезапными изменениями ритма, когда нельзя использовать методы статистического и спектрального анализа, так как такие изменения влияют на фазовые координаты точек [1, 2].

Скаттерограмма здорового человека имеет форму овала, вытянутого вдоль биссектрисы. Такая форма означает, что к дыхательной аритмии прибавлена некоторая величина недыхательной аритмии.

При анализе рассматривают обычно следующие характеристики скаттерограммы:

- положение основного облака: нормальное, сдвинутое к началу координат, сдвинутое от начала координат;
- симметричность основного облака относительно биссектрисы, идущей от начала координат: симметричное, асимметричное;
- площадь основного облака: нормальная, уменьшенная, увеличенная;
- контур наружных краёв: ровный, зубчатый;
- форма наружных краёв: с чётким краем, с нечётким краем;
- наличие отсевов (выбросов): есть, нет;
- локализация отсевов: вблизи от основного облака, вдали от основного облака;
- количество отсевов: единичные, редкие, множественные;
- характер отсевов: определяется при сравнении с эталонами [1].

Также выделяют следующие параметры двумерной скаттерограммы:

- $L$  – длина продольной оси, отражает максимальную амплитуду колебаний  $RR$ -интервалов и соответствует вариационному размаху;
- $w$  – длина поперечной оси, отражает выраженность аperiodических случайных влияний на ритм;
- $L/w$  – выраженность медленной периодики ритма;
- $S$  – площадь скаттерограммы, очень чувствительна к артефактам записи и нарушениям ритма и проводимости [1].

На рисунке 1 представлены различные виды скаттерограмм [2].

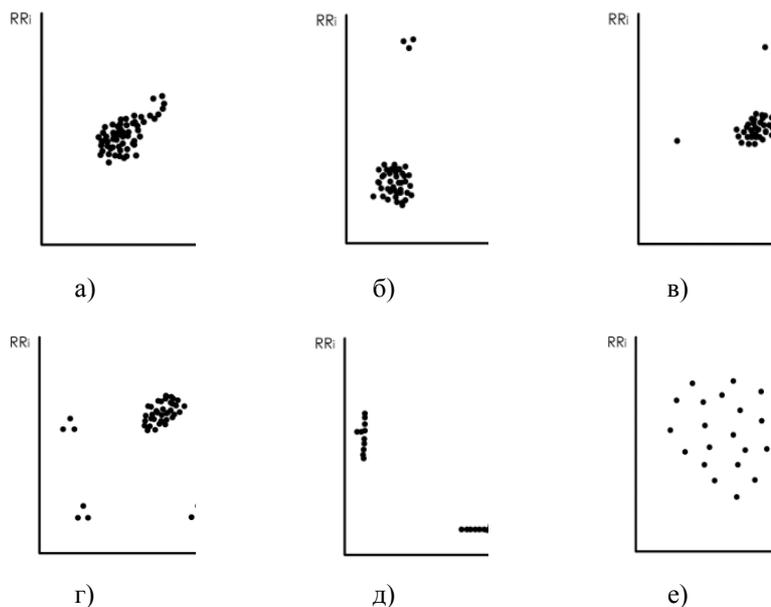


Рис. 1. Примеры скаттерограмм:  
 а) синусовая аритмия; б) выпадения QRS-комплекса; в) одиночные экстрасистолы;  
 г) интерполированные экстрасистолы; д) бигеминия;  
 е) мерцательная аритмия

### Алгоритм автоматизации анализа двумерных скаттерограмм

Предлагаемый алгоритм автоматизации анализа двумерных скаттерограмм содержит следующие этапы:

1. Выделить в наборе точек отдельные группы, при этом расстояние между группами должно превышать заранее установленные пороги. Расстояние определяется отдельно по двум осям. Пороги должны быть сформированы на основе анализа скаттерограмм с различными видами аритмий как минимальные расстояния между визуально выделяемыми группами.

2. Посчитать количество элементов в каждой группе.

3. Определить основное облако, как группу с максимальным количеством элементов.

3. Присвоить каждой группе маркер положения на плоскости.

4. Сформировать массив отношений абсциссы к ординате для каждой точки в отдельных группах. В качестве деления на осях используется одна секунда.

5. Рассчитать среднее значение для каждого из массивов.

6. Оценить положение и симметричность основного облака, расстояние выбросов от основного облака по двум осям, близость к эталонам по описанным ниже параметрам.

Важным условием является примерное равенство RR-интервалов в анализируемой скаттерограмме и скаттерограммах-эталонах.

Выделим следующие параметры скаттерограммы, необходимые для данного алгоритма:

- количество групп точек  $n$ ;

- маркеры положения на плоскости каждой группы  $M_1 \dots M_n$ ;

- количество точек в каждой группе  $K_1 \dots K_n$ ;

- среднее арифметическое значение отношений координат точек в каждой группе  $S_1 \dots S_n$ .

Для таких аритмий, как выпадение QRS-комплекса или различные экстрасистолы, количество групп может отличаться на разных ЭКГ, так как может быть разное число выбросов. В данных случаях следует оценивать лишь наличие выбросов и характеристику их коли-

чества как единичные, редкие или множественные. Предположительно, точное количество имеет значение для диагностики бигеминии.

Маркеры группы можно определить, разбив плоскость на некоторое число квадратов, как показано на рисунке 2. Маркер представляет собой набор букв, соответствующих квадратам, которым принадлежат точки. Квадрат учитывается в маркере, если ему принадлежит более 10% точек группы. В примере скаттерограмма будет описываться следующим набором маркеров (при этом количество групп  $n = 4$ ):

$$M1 = fk;$$

$$M2 = h;$$

$$M3 = puv;$$

$$M4 = sx.$$

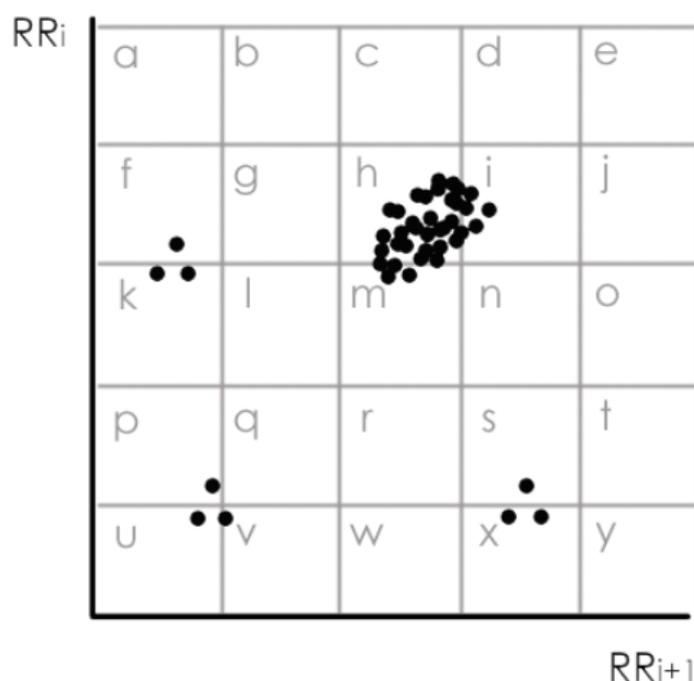


Рис. 2. Разбиение плоскости на квадраты

Также данный алгоритм может быть изменён для работы с трёхмерной скаттерограммой. В ней по оси аппликата отложен  $RR_{i+2}$  интервал. Можно предположить, что анализ трёхмерной скаттерограммы полезен для диагностики разных видов тригеминии. Алгоритм в этом случае будет похож на алгоритм для двумерных графиков, за следующими исключениями:

- нужно присваивать облакам точек маркер положения в пространстве с учётом третьей координатной оси. В этом случае маркер представляет собой набор букв и цифр – a1-a25, b1-b25, ..., z1-z25;

- нужно сформировать массив отношений из трёх значений: абсцисса к ординате к аппликате.

### Выводы

Описанный метод может быть использован для диагностики аритмий в сочетании с методами анализа формы сигнала. Для его применения требуется провести предварительную работу по анализу скаттерограмм-эталонов и формирования таблицы характеристик.

### Библиографический список

1. Геометрические методы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://медпортал.com/kardiologiya\\_730/geometriche-skie-metody.html](https://медпортал.com/kardiologiya_730/geometriche-skie-metody.html) (Дата обращения 10.02.2019)
2. Барановский А.Л. Кардиомониторы. Аппаратура непрерывного контроля ЭКГ [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.Л. Барановский [и др.]; под ред. А.Л. Барановского и А.П. Немирко. – М.: Радио и связь, 1993. – 248 с.

УДК 004.4; ГРНТИ 50.41

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ЗАГРУЖЕННОСТИ ПЕРСОНАЛА В ПРОЕКТАХ ПО РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ER МОДЕЛИРОВАНИЯ

К.С. Шленский

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, kirill.shlenskiy@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе представлена спроектированная ER модель базы данных для программной системы анализа загруженности персонала в проектах по разработке программного обеспечения, а так же описывается каждая сущность данной ER модели.

*Ключевые слова:* анализ загруженности персонала, проектирование базы данных, ER моделирование.

## DESIGNING A PROGRAM DATABASE SUPPORTING THE SYSTEM OF PERSONAL WORKLOAD ANALYSIS IN SOFTWARE DEVELOPMENT PROJECTS USING ER MODELING

K.S. Shlenskiy

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, kirill.shlenskiy@yandex.ru*

*The summary.* The paper presents the ER-designed database model for the software system for analyzing the workload of personnel in software development projects, and also describes each entity of this ER model.

*Keywords:* analysis of staff workload, database design, ER modeling.

При разработке программного обеспечения необходимо учитывать множество факторов, которые могут влиять как на скорость разработки, так и на качество разрабатываемого продукта в целом. Одним из таких факторов является грамотное распределение задач между сотрудниками. Если сотрудник, ответственный за распределение задач, будет произвольно назначать их на случайных коллег, то это приведет к тому, что на некоторых сотрудников будет назначено слишком много задач. Это может привести к тому, что некоторые задачи будут выполнены с большой задержкой, либо сотрудник начнет тратить слишком мало времени на одну задачу, чтобы успеть выполнить все задачи к нужному сроку, в следствии этого значительно упадет качество выполнения задач, будет совершено больше ошибок чем обычно. Качество разрабатываемого продукта значительно упадет, а время необходимое на исправление ошибок будет непомерно высоко из-за того, что количество ошибок будет гораздо больше, так же стоит отметить и возрастающую сложность поддержки данного продукта. В это же время будут сотрудники, чья загрузка не будет достигать 100%, можно сказать что они будут простаивать без дела. При такой ситуации конечный пользователь продукта будет

недоволен его качеством, а работодатель не будет получать 100% отдачи от своих сотрудников. Небольшие команды, состоящие, к примеру, из 10-20 человек меньше подвержены этой проблеме, таким командам достаточно раз в день обсуждать свои задачи, чтобы знать как и на сколько загружены её члены, однако для команды численностью свыше 20 человек это проблема уже актуальна. На простое обсуждение, будь то совещание в офисе или конференция, будет уходить очень много времени, которое сотрудники могли потратить на решение текущих задач.

Для решения данной проблемы необходимо создать программное обеспечение системы анализа загруженности персонала. Данное решение позволит избавиться от ситуации, когда одни сотрудники загружены, а другие простаивают без задач. Данное решение должно учитывать ряд факторов: текущее количество задач сотрудника, сложность задач, приоритет задач, среднее время выполнения сотрудником задач определенной сложности, при этом необходимо закладывать дополнительное время на риски и конечно квалификацию сотрудника.

Анализ загруженности будет осуществлять автоматически программной системой, с предоставлением отчетности, как по команде проекта, так и по личной загруженности отдельного человека. Для этого необходимо реализовать отслеживание задач, назначенных на сотрудника и то, как он с ними справляется. Чтобы выполнять данный анализ точно и качественно, программной системе нужно учитывать ряд различных факторов, на основе которых и производить анализ загрузки сотрудника.

К ключевым факторам анализа загрузки можно отнести:

- 1) Количество задач, назначенных на сотрудника в данный момент времени;
- 2) Сложность задачи, чем сложнее задача, тем больше времени потребуется на её решение, однако необходимо закладывать дополнительное время на различного рода риски;
- 3) Квалификация сотрудника, чем выше уровень квалификации сотрудника, тем меньше времени ему будет требоваться на решение задачи;
- 4) Среднее время выполнения задачи, определенного уровня сложности, конкретным сотрудником.

Если программное обеспечение использует базу данных, для хранения какой-либо информации, то начинать разработку необходимо именно с базы данных. Однако нельзя сразу начать создавать базу данных, сначала необходимо её спроектировать. В этой статье, представлена спроектированная ER модель базы данных для программной системы анализа загруженности персонала в проектах по разработке программного обеспечения.

Моделирование отношений сущностей (ER Modeling) – проектирование базы данных, с использованием графического подхода. Данный подход использует сущности (Entity) и связи (Relationship) для представления объектов, которые существуют в реальности, к примеру, каждый пользователь представляет собой отдельный объект.

ER модель была предложена П. Ченом в 1976 году [1] как средство “ручного” проектирования баз данных. ER модель представляет собой набор концепций, используемых для описания логической структуры базы данных.

Основные понятия ER модели:

- 1) Сущность – класс объектов, чья информация должна быть учтена в модели;
- 2) Экземпляр сущности – представитель определенной сущности;
- 3) Атрибут сущности – характеристика объекта имеющая имя;
- 4) Связь – ассоциация между двумя сущностями.

Проблема, встречающаяся, при разработке базы данных заключается в том, что конечные пользователи и разработчики рассматривают и используют данные по-разному. Если оставить это без внимания, то в конечном итоге мы создадим базу данных, которая не отвечает требованиям пользователей.

На рисунке 1 представлена ER модель базы данных программной системы анализа загруженности персонала в проектах по разработке программного обеспечения.

В таблице 1 перечислены основные сущности ER модели.

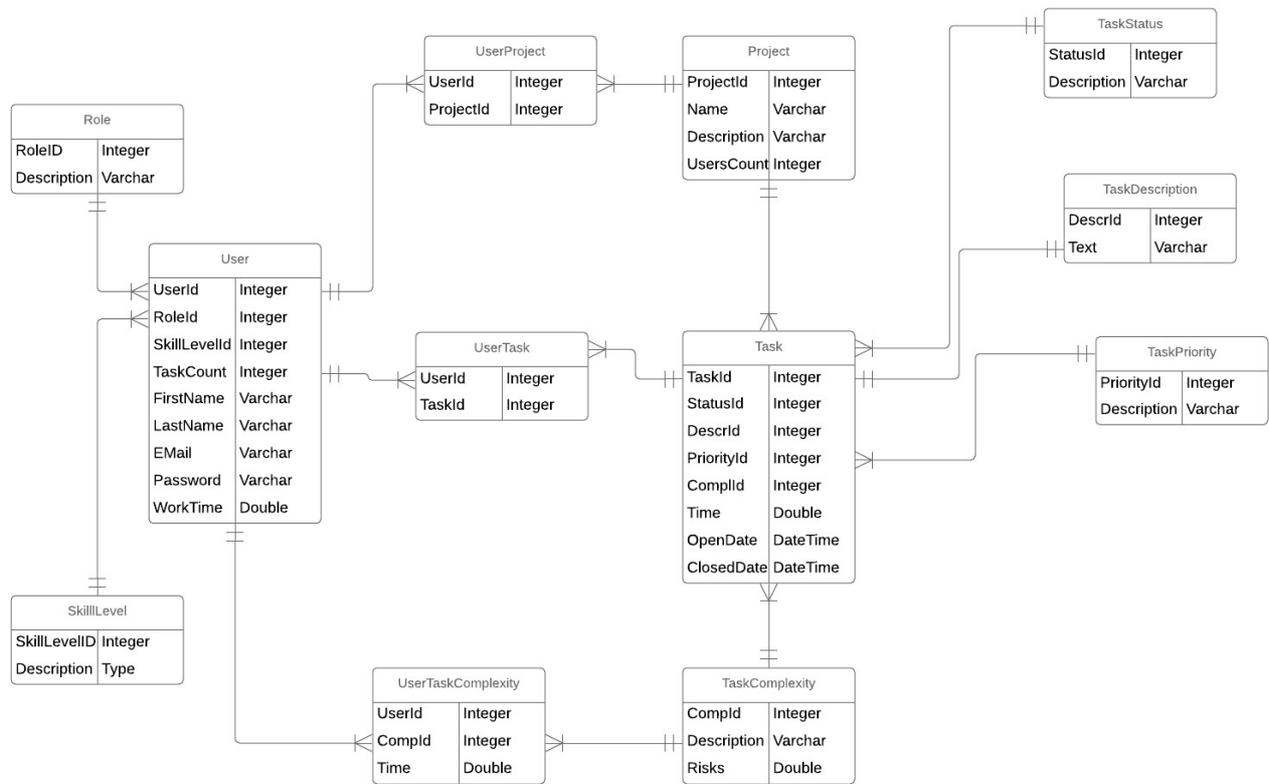


Рис. 1. ER модель базы данных программной системы анализа загруженности персонала в проектах по разработке программного обеспечения

Таблица 1. Основные сущности ER модели базы данных программной системы анализа загруженности персонала в проектах по разработке программного обеспечения

Сущности	Описание
User	<p>Сущность пользователя приложения, он же сотрудник, содержит основную информацию необходимую для работы с программным обеспечением</p> <p>Атрибуты:            UserId – атрибут с уникальным значением, содержащий id пользователя            RoleId - атрибут с уникальным значением, содержит id роли, к которой относится сотрудник            SkillLevelId - атрибут с уникальным значением, содержит id уровня квалификации сотрудника            TaskCount – количество активных задач, назначенных на конкретного сотрудника            FirstName – Имя сотрудника            LastName – Фамилия сотрудника            Email - рабочая почта сотрудника            Password – пароль сотрудника            WorkTime – время затраченное сотрудником на решение задач в неделю</p>

Продолжение таблицы 1

Role	<p>Сущность роли пользователя, необходима для определения прав доступа</p> <p>Атрибуты:  RoleId – атрибут с уникальным значением, содержащий id роли  Description – описание роли</p>
SkillLevel	<p>Сущность, отражающая квалификацию персонала</p> <p>Атрибуты:  SkillId – атрибут с уникальным значением, содержащий id уровня квалификации сотрудника  Description – описание уровня квалификации сотрудника</p>
Project	<p>Сущность для представления проекта, в рамках которого создаются задачи</p> <p>Атрибуты:  ProjectId – атрибут с уникальным значением, содержащий id проекта  Description – описание проекта  Name – название проекта  UsersCount – количество сотрудников, работающих над проектом</p>
Task	<p>Сущность для представления конкретной задачи</p> <p>Атрибуты:  TaskId – атрибут с уникальным значением, содержащий id задачи  StatusId – атрибут с уникальным значением, содержит id текущего статуса задачи  DescrId – атрибут с уникальным значением, содержит id описания задачи  PriorityId – атрибут с уникальным значением, содержит id текущего приоритета задачи  ComplId – атрибут с уникальным значением, содержит id сложности задачи  Time – время затраченное на задачу  OpenDate – дата начала работы над задачей  CloseDate – дата окончания работы над задачей</p>
TaskComplexity	<p>Сущность для представления сложности конкретной задачи</p> <p>Атрибуты:  ComplId – атрибут с уникальным значением, содержит id сложности задачи  Description – описание сложности задачи  Risks – время, выделяемое на потенциальные риски</p>
TaskStatus	<p>Сущность для представления текущего статуса задачи</p> <p>Атрибуты:  StatusId – атрибут с уникальным значением, содержит id текущего статуса задачи  Description – описание статуса задачи</p>
TaskDescription	<p>Сущность для представления описания задачи</p> <p>Атрибуты:  DescrId – атрибут с уникальным значением, содержит id описания задачи  Text – текст, являющийся описанием задачи</p>
TaskPriority	<p>Сущность для представления приоритета конкретной задачи</p> <p>Атрибуты:  PriorityId – атрибут с уникальным значением, содержит id текущего приоритета задачи  Description – описание сложности задачи</p>

В заключении необходимо отметить, что представленная выше ER модель имеет минимальный набор сущностей, необходимых для создания базы данных программной системы анализа загруженности персонала в проектах по разработке программного обеспечения. Данную ER модель можно легко перевести в реляционные таблицы, что существенно ускорит и облегчит разработку программного обеспечения для решения проблемы неравномерной загрузки сотрудников и как следствие позволит избавиться от ряда сложностей при разработке программного обеспечения, вытекающих из данной проблемы. К примеру повысится качество и скорость выполнения задач, т.к. они будут распределены равномерно между сотрудниками.

### Библиографический список

1. Чен, П.П-Ш. Модель «сущность – связь» – шаг к единому представлению о данных [Электронный ресурс] / П.П-Ш. Чен ; пер. М.Р. Когаловской. – Режим доступа: <http://citforum.ru/database/classics/chen/>.

УДК 519.7; ГРНТИ 28.17

## ТЕСТИРОВАНИЕ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ

Г.В. Петрухнова, С.А. Пруткова

*Воронежский государственный технический университет,  
Российская Федерация, Воронеж, gypetrukhnova@mail.ru*

*Аннотация.* Рассматриваются вопросы тестирования конечных автоматов. Решалась задача оптимизации распределения вероятностей входных сигналов при случайном тестировании дискретных устройств.

*Ключевые слова:* конечный автомат, генератор псевдослучайных чисел, случайное тестирование, цифровое устройство, программный модуль, тест, энтропия распределения вероятностей.

## FINITE STATE MACHINE TESTING

G.V. Petrukhnova, S.A. Prutkova

*Voronezh State Technical University,  
Russia, Voronezh, gypetrukhnova@mail.ru*

*The summary.* The testing of finite automata is considered. The task was solved, relating to optimizing the probability distribution of input signals during random testing of discrete devices.

*Keywords:* finite state machine, pseudo-random number generator, random testing, digital device, program module, test, probability distribution entropy.

Для описания определенных свойств тестируемого объекта очень часто используется модель, представляющая собой конечный автомат. Конечным автоматом [1, 2] называют систему с конечным множеством состояний, среди которых выделены начальное состояние, конечные множества воспринимаемых извне входных воздействий (входных символов) и множество выходных реакций (выходных символов), а также определен набор переходов между состояниями, при этом каждый переход помечается вызывающим его входным воздействием и выдаваемой реакцией.

Существует большое количество объектов, которые можно описать в рамках теории автоматов. Реализацией конечного автомата могут быть цифровое устройство, программный модуль либо его фрагмент, алгоритм и ряд других объектов. В настоящее время актуальными являются вопросы тестирования конечных автоматов.

Под тестированием объекта будем понимать процесс исследования, испытания объекта, целью которого является проверка соответствия между наблюдаемым поведением объекта и его истинным (ожидаемым) поведением на конечном наборе тестовых воздействий, выбранных определенным образом. Тестирование широко используется на практике. Это слож-

ный процесс и часто выполняется на основе неформальных и эвристических методов. В работе [3] отмечается, что тестирование может показать только наличие ошибок, но не их отсутствие.

Известны два основных подхода к представлению объекта тестирования: белый ящик и черный ящик. Использование белого ящика эффективно, если внутренняя структура объекта может наблюдаться и частично управляться. Тестирование черного ящика [4] предполагает, что структура объекта полностью скрыта, и проверить можно только коммуникацию между тестируемой системой и окружением. На практике тестирование находится между этими двумя крайними случаями и иногда называется тестированием серого ящика.

Процесс тестирования может быть разделен на несколько этапов [5]:

- генерация тестов (абстрактные описания тестов систематически генерируются на основе точного задания);
- выбор тестов (выбирается множество образцов абстрактных описаний тестов);
- реализация тестов (абстрактные описания тестов преобразуются в исполнимые тесты);
- исполнение тестов;
- анализ результатов тестирования (запротоколированные результаты анализируются для определения, насколько они близки к ожидаемым результатам).

На практике различные этапы тестирования часто пересекаются, особенно на последних этапах.

При вероятностном тестировании [2] на объект подаются случайные входные данные, и проверяется работоспособность объекта на таких данных. Чаще всего используется вероятностное тестирование с равномерными распределениями, поскольку оно является наиболее дешевым способом получения большого количества тестов.

Рассмотрим задачу построения псевдослучайного теста для конечного автомата. Проверка работы реализации конечного автомата будет осуществляться в контрольных точках. В число контрольных точек могут входить его входы, выходы и выбранные внутренние точки. Другими словами будет тестироваться серый ящик. Будет рассматриваться тестовый контроль – вид тестирования, при котором не производится диагностирование ошибок, а проводится контроль по принципу «годен-не годен» (формальное тестирование).

Пусть входные воздействия и соответствующие им реакции объекта представляют собой двоичные наборы заданной длины. Работу конечного автомата можно проверить, если подать на его входы все возможные тестовые наборы. Если количество входов и количество состояний автомата велико, то тест может быть избыточным и очень длинным.

Пусть на входы конечного автомата подаются тестовые воздействия, сформированные генератором псевдослучайных чисел, а на выходах фиксируется и анализируется соответствующая реакция. На каждый вход конечного автомата будут подаваться логические нули и единицы с заданной вероятностью (весом). Такой подход называют тестированием взвешенными псевдослучайными наборами.

Задачу оптимизации множества весов для псевдослучайного теста контроля можно сформулировать следующим образом. Пусть имеется некоторое цифровая схема с  $L$  первичными входами и  $K$  контрольными точками, к которым есть доступ. Пусть первичные входы этой схемы являются независимыми и имеют различный вес (т.е. при псевдослучайном тестировании на эти входы с различной вероятностью подаются единичные логические сигналы). Таким образом имеется вектор весов  $(u_1, \dots, u_L)$ . Пусть  $q_i(u)$ ,  $i = 1, \dots, K$  – вероятность появления на  $i$ -том выходе единичного сигнала.

Рассматривается следующая задача оптимизации распределения вероятностей входных сигналов при псевдослучайном тестировании конечного автомата: требуется найти вектор  $u^* = (u_1^*, \dots, u_L^*)$ , лежащий в области допустимых значений  $u^* \in U^L = \{u = (u_1 \dots u_L)\}$ ,

$0 < u_i < 1, i = 1, \dots, L$ }, при котором выбранная целевая функция  $H$  имеет минимальное значение [6]:

$$H = \sum_{i=1}^K (q_i \cdot \ln q_i) + \sum_{i=1}^K ((1 - q_i) \cdot \ln(1 - q_i)),$$

где  $K$  – число выходов конечного автомата;

$q_i$  – вероятность единицы на  $i$ -том выходе конечного автомата.

Теоретически минимум меры целевой функции достигается, если  $q_i(u) = 0.5$ , ( $i = 1, \dots, K$ ), а  $p_j(u) = 2^{-K}$ , ( $j = 1, \dots, 2^K$ ). Но конечный автомат может быть достаточно сложным и не допускать такое распределение вероятностей выходных сигналов. Стоит также учесть, что псевдослучайная последовательность всегда избыточна.

Вероятности  $q_i(u)$ , ( $i = 1, \dots, K$ ) являются неизвестными величинами, и их получение в явном виде в большинстве случаев является сложной задачей. Поэтому заменим их соответствующими частотами, вычисленными на некоторой случайной выборке достаточной длины.

Целевая функция является случайной, и ее явный вид неизвестен, поскольку выходные вероятности заменили частотами. Непосредственное вычисление значений целевой функций и ее производной невозможно. Для решения рассматриваемой задачи целесообразно применить численные методы, использующие наблюдения за реализациями оптимизируемой случайной функции. К таким методам относится метод покоординатного спуска. Описание метода и вопросы его сходимости подробно изложены во многих работах, в частности, в работе [7]. Реализация метода покоординатного спуска в рассматриваемой задаче требует оценки вероятностей появления единичного логического сигнала  $q_i(u)$ , ( $i = 1, \dots, K$ , на каждом выходе. Для этого достаточно оценить вероятность появления единичного сигнала на каждом выходе конечного автомата по ее относительной частоте с достоверностью 0.95 и погрешностью не более 0.03 [6]. Таких показателей можно достичь, используя выборку, содержащую около 1000 наборов [6].

Исследование алгоритма оптимизации весовых множеств осуществлялось для цифровых автоматов, характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики конечных автоматов

Номер	Число входов	Число контрольных точек
1	4	8
2	3	8
3	6	11
4	3	11

В качестве класса возможных ошибок рассматривались по аналогии с цифровыми схемами одиночные ошибки типа «мостиковые» и типа «обрыв». При этом предполагалось, что ошибки типа "мостиковые" может возникнуть между любыми выводами конечного автомата. Строились тесты, проверяющие в контрольных точках все возможные одиночные ошибки указанных выше типов.

В начале экспериментальных исследований решалась задача оптимизации весового множества методом покоординатного спуска, на первом этапе решения которой генерировались тестовые воздействия с частотой единичного сигнала, равной 0.5, для каждого входа тестируемого устройства. Результаты решения этой задачи представлены во втором столбце

таблицы 2. Затем решалась задача сокращения длины теста за счет удаления тестовых воздействий, не несущих полезной информации, согласно критерию, приведенному ниже [6]:

$$H(k_1, k_2, \dots, k_K) = \sum_{i=1}^S k_i \cdot \ln k_i$$

где  $k_i$  – число столбцов  $i$ -того типа выходной реакции;

$S$  – число типов столбцов выходной реакции.

Результаты решения задачи оптимизации представлены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты решения задач оптимизации весовых множеств

Номер	Полученное весовое множество	Длина теста после решения задачи оптимизации	Длина теста после решения задачи сокращения наборов теста
1	0.5 0.5 0.5 0.5	37	6
2	0.6 0.4 0.4	7	6
3	0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5	14	7
4	0.5 0.5 0.5 0.5	33	5

Экспериментальные исследования показали хорошие результаты. Построенные модели и используемые критерии качества могут применяться для тестирования объектов, представляемых конечным автоматом. Оптимизации множества весов для псевдослучайного теста контроля актуальна для задачи контроля наличия уязвимостей в моделируемом объекте, а также для параллельных тестов, проверяющих, что новая версия объекта работает так же, как и старая (задача построения параллельных тестов).

### Библиографический список

1. Акинина Ю.С., Тюрин С.В. Элементы теории автоматов. – Воронеж: Издательство ВГТУ, 2017.
2. Кулямин В.В. Методы верификации программного обеспечения. – Москва: Институт системного программирования РАН [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru/ft/005645/62322e1-st09.pdf>
3. Dijkstra E. W. Guarded commands, non-determinacy and formal derivation of programs – SACM. 18(8) [Electronic resource]. – 1975 - Access mode: <http://www.cs.utexas.edu/users/EWD/ewd04xx/EWD418.PDF>
4. Бейзер Б. Тестирование черного ящика. Технологии функционального тестирования программного обеспечения и систем. – Санкт-Петербург: Питер, 2004.
5. Вельдер С. Э., Лукин М. А., Шалыто А. А., Яминов Б. Р. Верификация автоматных программ. – Санкт-Петербург: Издательство СПбГУ ИТМО, 2011.
6. Петрухнова Г.В. Анализ свойств симметрии бинарной матрицы в задачах тестирования цифровых устройств. - Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сб. тр. Межд. науч. конф., Воронеж, 17–19 декабря 2018 г. – Воронеж : Издательство «Научно-исследовательские публикации», 2019. с. 1595 – 1606.
7. Васильев Ф.П. Численные методы решения экспериментальных задач. – Москва: Наука, 1980.

УДК 621.391; ГРНТИ 50.41

## ГЕНЕРАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ДЛЯ НАРАЩИВАНИЯ ВЫБОРОК С КОРОТКОЙ ВРЕМЕННОЙ ЧАСТЬЮ

Е.А. Жданкина

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, aaa\_rrr@mail.ru*

*Аннотация.* В работе рассматривается проблема использования временных рядов с короткой временной частью при обучении модели для решения задачи классификации. Описываются алгоритмы генерации искусственных значений, основанные на алгоритме DTW Barycentric Averaging (DBA).

*Ключевые слова:* временной ряд, генерация, наращивание, классификация, DTW Barycentric Averaging (DBA)

## GENERATING SYNTHETIC TIME SERIES TO AUGMENT SPARE DATASET

E.A. Zhdankina

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, aaa\_rrr@mail.ru*

*The summary.* The paper discusses the problem of using spare time series dataset for solving classification problem. Generating algorithms based on DTW Barycentric Averaging (DBA) are considered.

*Keywords:* time series, generating, augmentation, classification, DTW Barycentric Averaging (DBA).

В анализе временных рядов существуют две основные цели: определение природы ряда и прогнозирование. Иногда тестовые данные, полученные в ходе измерений, имеют короткую временную часть, что накладывает определенные ограничения на используемые модели.

В машинном обучении наращивание временных рядов – это процесс создания искусственных значений, для удлинения короткой выборки. Применяется для уменьшения ошибки классификатора, чаще всего на этапе обучения модели. В статье рассмотрены некоторые методы генерации, специально разработанные для решения задачи классификации. Исследования показывают, что наращивание временного ряда в большинстве случаев ведет к улучшению точности классификации [2].

Расстояние между временными рядами в данной работе рассчитывается с помощью алгоритма динамической трансформации временной шкалы (DTW – dynamic time warping). Метрика, полученная с помощью алгоритма, лишена основного недостатка, который обладает Евклидово расстояние – проблемы с вычислением расстояния между рядами, смещенными друг относительно друга. Главной идеей алгоритма является усреднение набора временных рядов и использование среднего временного ряда как нового искусственного образца.

Рассмотренные алгоритмы также основываются на модификации алгоритма DTW Barycentric Averaging (DBA), техники усреднения, которая специально разработана для DTW. и модифицированный алгоритм DBA, который рассчитывает взвешенное среднее временного ряда. В этом случае, вместо отдельного точного рассмотрения каждого временного ряда, они учитываются с применением весовых коэффициентов. Эта модификация позволяет моделировать бесконечное число новых значений из данного набора временных рядов.

### Постановка проблемы

Машинное обучение обычно требует большой объем данных. Использование небольших тестовых наборов приводят к проблеме переобучения и как следствие проблеме уменьшения качества результатов. Многие измерения позволяют получить только небольшие временные ряды. Одним из способов решения этой проблемы является увеличение выборки пу-

тем генерации синтетических значений. В машинном обучении наращивание выборки означает генерацию искусственных значений для обучения моделей [3].

Главной идеей наращивания выборки является уменьшение ошибок классификатора, связанных с уменьшением ошибок классификатора, связанных с несбалансированностью классов в задаче. Коррекция распределения может заключаться, например, в увеличении числа объектов с требуемыми характеристиками (oversampling) и в сокращении избыточных примеров (undersampling). Генерация искусственных значений используется для балансировки классов.

Генерация искусственных значений также используется, чтобы сбалансировать классы. Например был предложен алгоритм сэмплинга, SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique) - специальный метод увеличения числа примеров миноритарного класса. Эта стратегия основана на идее генерации некоторого количества искусственных примеров, которые были бы «похожи» на имеющиеся в миноритарном классе, но при этом не дублировали их. Эксперименты показали в данном случае уменьшение ошибки классификации. В последние годы хорошие результаты при классификации временных рядов были достигнуты с применением DTW, объединенного с непараметризованными классификаторами, такими как метод ближайших соседей. Однако большинство предложенных методов всё еще требует большого количества значений обучающей выборки для эффективной работы.

Несмотря на существование описанной выше проблемы, сравнительно малое внимание было уделено разработке методов наращивания временных рядов. Было предложено растягивать или сжимать случайно выбранные участки временного ряда, создавая тем самым искусственные значения. Также были разработаны методы генерации временных рядов  $D'$  из данных временных рядов  $D$ . Сгенерированные значения в наборе  $D'$  формируют прирост выборки. Чтобы создать искусственный временной ряд, усредняют набор временных рядов и используют усредненный временной ряд как заново созданный. Чтобы достичь этой цели, был разработан модифицированный алгоритм, использующий взвешенные усредненные временные ряды – DBA. Этот метод позволяет создавать бесконечное количество новых временных рядов из данных путём простого изменения весовых коэффициентов. Для получения лучших результатов также следует использовать разные методы выбора весовых коэффициентов, чтобы распределение сгенерированных образцов было близко к исходному. Для проверки эффективности сгенерированных временных рядов, может быть использован классификатор, основанного на методе ближайших соседей.

### Алгоритмы генерации

Ниже представлены определения основных терминов, использованных в статье. Каждый объект набора данных, представляет собой набор временных рядов, которые в общем случае могут иметь различную длину.

Временным рядом  $T = \langle t_1, t_2, t_L \rangle$  назовем упорядоченную последовательность действительных значений длины  $L$ . Набором  $D = \langle T_1, \dots, T_N \rangle$  назовём совокупность временных рядов.

Главной идеей предложенного метода является взятие набора временных рядов того же класса в  $D$ , вычисление взвешенного среднего  $\bar{T}$  и использование его как нового сгенерированного временного ряда  $D \cup \bar{T}$ . Заметим, что важной особенностью метода является нахождение весов, так, чтобы они образовывали ряд, близкий к исходному. Расстояние между временными рядами будем считать с помощью DTW [1].

Усредненный временной ряд для DTW. Дан набор временных рядов  $D$  в пространстве  $E$ , индуцированном алгоритмом DTW,  $\bar{T}$  как усредненный временной ряд, который минимизирует:

$$\arg \min \bar{T} \in E \sum_{i=1}^N DTW^2(\bar{T}, T_i) \quad (1)$$

Алгоритм DBA состоит из двух частей:

- Ожидание: фиксация  $\bar{T}$  и нахождение лучших множителей  $M$  для набора последовательности  $D$  консистентных с  $\bar{T}$
- Максимизация: фиксация  $M$  и изменение  $\bar{T}$  для большей консистентности средней последовательности с  $M$ .

Хотя DBA является детерминированным, и начинается с фиксированного среднего, модификация этого временного ряда не является достаточным для генерации требуемого многообразия искусственных данных. Например, имеется два значения: 4 и 6, и необходимо сгенерировать  $n$  дополнительных и различных значений. Среднее арифметическое дает только одно новое значение 5, однако, использование весов для каждого входного значения и использование взвешенного среднего арифметического, дает возможность вычислить бесконечное количество новых значений, поэтому, вместо того, чтобы рассматривать каждое значение как окончательное среднее, их можно рассматривать с некоторыми коэффициентами. Таким образом, основными проблемами является: способ вычисления взвешенного среднего и как определение веса для каждого временного ряда.

DBA – это итеративный алгоритм, который начинается с выбора одного временного ряда из набора для его усреднения и дальнейшего изменения. Вычисление взвешенного среднего изменяет целевую функцию.

Взвешенное среднее временного ряда в алгоритме DTW. Дан взвешенный набор временных рядов  $D = \{(T_1, w_1), \dots, (T_N, w_N)\}$  в пространстве  $E$ , индуцированном алгоритмом DTW.  $\bar{T}$  - среднее значение временного ряда, которое минимизирует функцию:

$$\arg \min \bar{T} \in E \sum_{i=1}^N w_i DTW^2(\bar{T}, T_i) \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что веса не влияют на способ вычисления DTW, что означает, что связь между  $\bar{T}$  и рядом в  $D$  не меняется. По этой причине, фаза ожидания в алгоритме DBA точно такая же, как и в невзвешенной версии. Главным отличием является фаза максимизации.

Ниже представлен псевдокод алгоритмов [1].

### Взвешенный алгоритм $DBA(D, W, I)$

Входные данные:

$D$  - набор временных рядов для усреднения,

$W$  - набор весов,

$I$  - номер итерации.

$\bar{T} = medoid(D, W)$  - получение медоида набора из  $D$

for  $k = 1 \rightarrow I$  do

$I = Weighted\_DBA\_update(\bar{T}, D, W)$

return  $\bar{T}$

**Взвешенный алгоритм  $DBA(D, W, I)$** 

Входные данные:

$\bar{T}_{init}$  - начальное среднее длины  $L$

$D$  - набор последовательностей для усреднения

$W$  - набор весов.

Выходное значение:  $\bar{T}$  - измененное значение

$\bar{T} = \{0, \dots, 0\}$  - последовательность длины  $L$

for  $k = 1 \rightarrow |D|$  do

$alignment = DTW - alignment(\bar{T}_{init}, D(i))$

В заключение можно сказать, проблема наращивания временной части ряда является актуальной не только для решения задачи классификации, но и при построении моделей, оценки коэффициентов и дальнейшем прогнозировании. Рассмотренные методы генерации можно применять при генерации недостающих значений. Для получения наилучшего результата алгоритмы могут быть модифицированы, к примеру, можно применять различные метрики расстояния между рядами и определения весовых коэффициентов.

**Библиографический список**

1. Germain Forestier, F. Petitjean, H.A. Dau, G.I. Webb, E. Keogh., Generating synthetic time series to augment sparse datasets. – University of Haute-Alsace, Mulhouse, France.
2. Бокс, Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление. – М.: Мир, 1974.
3. Ярушкина, Н.Г. Интеллектуальный анализ временных рядов: Учебное пособие. – Ульяновск: УЛГТУ, 2010.

УДК 004.8; ГРНТИ 28.23.20

**ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ СТРУКТУРНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ  
ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

**Л.А. Демидова, М.А. Степанов**

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

*Российская федерация, Рязань, smastefan@gmail.com*

*Аннотация.* В докладе рассматривается подход к выявлению структурных трансформаций временных рядов, основанный на применении инструментария фрактального анализа и моделей прогнозирования временных рядов.

*Ключевые слова:* временной ряд, модель прогнозирования, фрактальный анализ, структурная трансформация.

**APPROACH TO FORECASTING OF THE STRUCTURAL TRANSFORMATIONS  
OF TIME SERIES**

**L.A. Demidova, M.A. Stepanov**

*Ryazan State Radio Engineering University*

*Russian Federation, Ryazan, smastefan@gmail.com*

*Abstract.* In this paper an approach to forecasting of the structural transformations of time series, which implements the use of the tools of the fractal analysis and the forecasting models of the time series has been suggested.

*Keyword:* time series, forecasting model, fractal analysis, structure transformation.

## 1. Введение

Анализ ключевых показателей социально-экономического развития свидетельствует о наличии структурных трансформации временных рядов (ВР), описывающих некоторые показатели. Зачастую такие структурные трансформации негативно сказываются как на состоянии экономики в целом, так и на уровне жизни населения, в частности [1]. В связи с этим можно сделать вывод об актуальности задачи разработки методов диагностики и прогнозирования структурных трансформаций социально-экономических ВР, решение которой должно позволить прогнозировать диспропорции развития и предпринимать превентивные меры.

Трудности, имеющие место при диагностике и прогнозировании структурных трансформаций социально-экономических ВР вызваны, в первую очередь, такими причинами, как наличие большого числа показателей, отражающих динамику социально-экономического развития, и ограниченность объема актуальной информации, что не позволяет применять методы и алгоритмы прогнозирования, предполагающие вовлечение в анализ данных ВР с большой длинной актуальной части [2, 3]. Ограниченность объема актуальной информации может быть вызвана как резкими изменениями в развитии уже давно наблюдаемых ВР, так и появлением сравнительно новых ВР, для которых накопление информации только начато. Кроме того, ограниченность объема актуальной информации может быть объяснена еще и введением новых методик расчета ключевых показателей социально-экономического развития, в связи с чем более ранние оценки показателей могут быть не сопоставимы с новыми. В результате аналитикам приходится иметь дело с короткими ВР, содержащих не более 20-30 значений.

## 2. Прогнозирование структурных трансформаций временных рядов

Прогнозирование возможных структурных трансформаций коротких ВР может быть выполнено как с привлечением методов и алгоритмов кластерного анализа, так и с привлечением моделей прогнозирования ВР.

Для разбиения некоторого набора ВР, описывающих показатели социально-экономического развития, на группы (кластеры) с учетом метрик сходства (различия) может быть использован инструментарий кластерного анализа, в частности, методы иерархической кластеризации, алгоритм  $k$ -средних, алгоритм нечетких  $s$ -средних и т.п. [4, 5]. При этом можно определить оптимальное число кластеров, соответствующее анализируемому набору ВР, используя те или иные показатели качества кластеризации. Предполагая, какое число кластеров присуще анализируемому набору данных, можно выявить наличие структурных трансформаций некоторых ВР на ранних стадиях посредством, например, выявления новых кластеров (в результате изменения структуры тех или иных ВР) или выявления изменений в кластерной принадлежности фрагментов тех или иных ВР.

Прогнозирование возможных структурных трансформаций коротких ВР может быть выполнено с использованием нечетких моделей прогнозирования [6] или с применением моделей прогнозирования на основе строго бинарных деревьев (СБД) и модифицированного алгоритма клонального отбора (МАКО) [7].

В нечетких моделях прогнозирования формируются группы нечетких логических зависимостей, наилучшим образом аппроксимирующие известные значения ВР [6]. Оптимальные группы нечетких логических зависимостей и порядок модели  $k$  определяются с применением эволюционного оптимизационного алгоритма.

В моделях прогнозирования на основе СБД И МАКО формируется аналитическая зависимость, наилучшим образом аппроксимирующая известные значения ВР [7]. При этом аналитическая зависимость строится на основе заранее выбранных элементарных математических функций и операций, а прогнозное значение для элемента ВР для  $(k+1)$  отсчета времени вычисляется с учетом некоторого числа  $k$  известных значений этого ВР. Оптимальный набор

элементарных математических функций и операций, порядок модели  $k$ , а также структура аналитической зависимости определяются с применением эволюционного оптимизационного алгоритма – МАКО.

При этом качество моделей прогнозирования на основе СБД и модифицированного алгоритма и нечетких моделей прогнозирования оценивается с использованием показателя, основанного на расчете средней относительной ошибки прогнозирования (чем эта ошибка меньше, тем модель лучше) [6, 7].

Для оценки динамики развития ВР могут быть использованы принципы фрактального анализа [8]. При этом фрактальная размерность может быть вычислена как для фрагментов ВР, получаемых увеличением на единицу длины суперкороткого экспериментального ВР, сформированного на основе исходного (значения элементов которых известны), вплоть до исчерпания числа известных значений ВР, так и для фрагментов ВР, получаемых уже добавлением к исходному ВР прогнозных значений. Анализ динамики изменения значений фрактальной размерности при увеличении числа анализируемых отсчетов времени позволит спрогнозировать направление развития ВР в будущем.

Фрактальная размерность (ФР)  $D$  – величина, описывающая заполнение пространства объектом. ФР  $D$  для ВР связана с показателем Херста  $H$  соотношением вида

$$D = 2 - H.$$

Расчет показателя Херста  $H$  может быть выполнен с применением алгоритма R/S-анализа (алгоритма нормированного размаха).

Если  $H=0,5$ , то ВР является случайным (стохастическим), при этом  $D=1,5$ .

Если  $0 < H < 0,5$ , то ВР является антиперсистентным, при этом  $1,5 < D < 2$  (близкое к двум значение ФР  $D$  свидетельствует об увеличении нелинейности и неустойчивости ВР и его готовности перехода в новое состояние). В этом случае необходимо выполнение всестороннего анализа фундаментальных показателей состояния социально-экономической сферы.

Если  $0,5 < H < 1$ , то ВР является персистентным (трендоустойчивым), при этом  $1 < D < 1,5$  (близкое к единице значение ФР  $D$  свидетельствует о скором окончании действующего тренда). В этом случае количественный математический анализ имеет большую достоверность, что позволяет выполнять прогнозирование с применением классических алгоритмов и методов анализа ВР.

### Экспериментальные результаты

Эффективность моделей прогнозирования на основе СБД и МАКО в задаче прогнозирования структурных трансформаций ВР была доказана экспериментально при прогнозировании структурных трансформаций ВР, описывающих макроэкономические показатели Российской Федерации.

В частности, в рамках эксперимента были рассмотрены следующие ВР:

«Урожай зерновых» (период наблюдения 1991 – 2014 гг., единица измерения – кг. на гектар) и «ВВП на душу населения» (период наблюдения 1990 – 2015 гг., единица измерения – долл. США по курсу 2010 г.). Графические зависимости для этих ВР приведены на рис. 1 и 2 соответственно.

При этом первые ( $N - 5$ ) элементов каждого ВР, где  $N$  – длина анализируемого ВР, использовались в роли обучающей последовательности данных, а последние 5 – в роли тестовой последовательности.

Для исходного ВР «Урожай зерновых» значения ФР  $D$  оказались равны 1,106; 1,103; 1,105; 1,101; 1,104; 1,102 соответственно при длине ВР 17, 18, 19, 20, 21 и 22.

В случае использования прогнозных значений для отсчетов времени 18, 19, 20, 21 и 22 значения ФР  $D$  оказались равны 1,105; 1,104; 1,100; 1,106; 1,105 соответственно.

Для исходного ВР «ВВП на душу населения» значения ФР  $D$  оказались равны 1,116; 1,091; 1,084; 1,076; 1,066; 1,067 соответственно при длине ВР 21, 22, 23, 24, 25 и 26.

В случае использования прогнозных значений для отсчетов времени 22, 23, 24, 25 и 26 значения ФР  $D$  оказались равны 1,091; 1,074; 1,059; 1,056 и 1,076 соответственно.

Сравнив реальные и прогнозные значения ФР для пяти последних отсчетов времени (18-й, 19-й, 20-й, 21-й и 22-й отсчеты времени для ВР «Урожайность зерновых»; 22-й, 23-й, 24-й, 25-й и 26-й отсчеты времени для ВР «ВВП на душу населения») можно сделать вывод о высокой точности прогнозирования ВР с применением моделей прогнозирования на основе СБД и МАКО и приемлемости оценок значений ФР для этих ВР.

При этом оба ВР могут быть отнесены к категории персистентных (трендоустойчивых) ВР.



Рис. 1. ВР «Урожайность зерновых»



Рис. 2. ВР «ВВП на душу населения»

Следует отметить, что модели прогнозирования на основе СБД и МАКО [7] и нечеткие модели прогнозирования могут быть использованы не только для прогнозирования значений социально-экономических ВР, но и для прогнозирования ВР, сформированного из значений ФР соответствующих социально-экономических ВР.

## Выводы

Экспериментальные исследования показали целесообразность использования моделей прогнозирования на основе СБД и МАКО для предсказания будущих значений элементов ВР

с целью прогнозирования динамики изменения значений фрактальных размерностей этих ВР, оценки возможных структурных сдвигов в социально-экономической сфере и принятия эффективных управленческих решений по их предотвращению или развитию (в зависимости от ситуации) [9].

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ на реализацию научного проекта № 18-410-623001.

### Библиографический список

1. Степанов М.А. Диагностика состояния и определение тенденций развития промышленной системы региона // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2017. Рязань: РГРТУ, 2017. С.145-149.
2. Андерсен Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. 756 с.
3. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика от данных к знаниям. СПб.: Питер, 2013. 704 с.
4. Демидова Л.А., Коняева Е.И. Кластеризация объектов с использованием FCM-алгоритма на основе нечетких множеств второго типа и генетического алгоритма // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2008. № 26. С. 46-54.
5. Astakhova N.N., Demidova L.A., Nikulchev E.V. Forecasting of Time Series' Groups with Application of Fuzzy C-Mean Algorithm // Contemporary Engineering Sciences. 2015. Vol. 8. No. 35. pp. 1659-1677.
6. Демидова Л.А. Разработка однофакторных нечетких моделей для анализа тенденций временных рядов с использованием генетического алгоритма // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2007. № 4-2 (52). С. 156-164.
7. Астахова Н. Н., Демидова Л. А. Использование почти полных строго бинарных деревьев и модифицированного алгоритма клонального отбора при разработке моделей прогнозирования временных рядов с короткой актуальной частью // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2013. № 4-2 (46). С. 89-96.
8. Секержицкий М.А., Цветков И.В., Чохонелидзе А.Н. Управление социально-экономическими процессами на основе фрактального анализа / Под ред. М.А. Секержицкого. М.: Машиностроение. 2014. 176 с.
9. Демидова Л.А., Степанов М.А. Анализ проблемы диагностики структурных трансформаций временных рядов в социально-экономической сфере // Актуальные проблемы современной науки и производства Материалы III Всероссийской научно-технической конференции. 2018. С. 177-182.

УДК 004.8; ГРНТИ 28.23.20

## АЛГОРИТМЫ НЕЧЕТКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В ЗАДАЧЕ ВЫЯВЛЕНИЯ СТРУКТУРНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Л.А. Демидова, М.А. Степанов

*Рязанский государственный радиотехнический университет  
Российская Федерация, Рязань, smastefan@gmail.com*

*Аннотация.* В докладе рассматривается задача выявления структурных трансформаций временных рядов и предлагается методика их выявления, основанная на алгоритмах нечеткой кластеризации. Приведены примеры выявления структурных трансформаций в задаче анализа временных рядов социально-экономической сферы, подтверждающие эффективность предлагаемой методики.

*Ключевые слова:* временные ряды, нечеткая кластеризация, оптимальное число кластеров, выявление структурных трансформаций временных рядов.

## ALGORITHMS FUZZY CLUSTERING IN THE PROBLEM OF DETECTING STRUCTURAL TRANSFORMATIONS OF TIME SERIES

L.A. Demidova, M.A. Stepanov

Ryazan State Radio Engineering University

Russian Federation, Ryazan, smastefan@gmail.com

*Annotation.* The report addresses the task of identifying structural transformations of time series and proposes a method for their detection based on fuzzy clustering algorithms. Examples of the identification of structural transformations in the task of analyzing the time series of the socio-economic sphere, confirming the effectiveness of the proposed methodology are given.

*Keywords:* time series, fuzzy clustering, optimal number of clusters, identification of structural transformations of time series.

### 1. Введение

Структурные трансформации регионального социально-экономического развития сопровождаются соответствующими им трансформациями описывающих их временных рядов (ВР). В связи с этим очевидно, что актуальной является задача разработки методов ранней диагностики и прогнозирования структурных трансформаций ВР, решение которой должно позволить осуществлять прогнозирование возможных диспропорций экономического развития для ключевых показателей социально-экономической сферы и предотвращать их дальнейшее прогрессирующее путем корректировки проводимой политики. При этом, для оценки динамики социально-экономического развития региона обычно используется более сотни показателей, представленных чаще всего короткими ВР, то есть ВР с короткой актуальной частью, длина которой не превышает 20 отсчетов времени.

Для разбиения ВР, описывающих показатели социально-экономического развития, на группы может быть использован инструментарий кластерного анализа, в частности, алгоритмы иерархической кластеризации, алгоритм  $k$ -средних, алгоритм нечетких  $c$ -средних (FCM-алгоритм) и т.п. [1 – 6]. Любой из этих алгоритмов позволяет выявить структуру кластеров в данных с учетом метрик сходства (различия). При этом можно определить оптимальное число кластеров, соответствующее анализируемому набору данных, используя показатели качества кластеризации, которые должны быть минимизированы или максимизированы (в зависимости от заложенных в них математических принципов) [7].

Предполагая, какое число кластеров присуще анализируемому набору данных, можно попытаться выявить наличие структурных трансформаций ВР на ранних стадиях посредством, например, выявления новых кластеров (в результате изменения структуры тех или иных временных рядов) или выявления изменений в кластерной принадлежности фрагментов тех или иных ВР.

### 2. Методика выявления структурных трансформаций временных рядов

Пусть имеется группа  $T$  из  $n$  коротких ВР длиной  $t$ , то есть каждый ВР содержит  $t$  элементов, измеренных в отсчеты времени  $\tau$  ( $\tau = \overline{1, t}$ ;  $t \leq 20$ ). Пусть требуется разбить группу  $T$  на кластеры с учетом некоторой меры сходства так, чтобы «похожие» ВР принадлежали одному кластеру, при последовательно увеличивающейся длине ВР от 3 до  $t$  и выявить наличие структурных трансформаций ВР при переходе от длины  $\tau - 1$  к длине  $\tau$ .

С учетом имеющейся в распоряжении актуальной информации по показателям предлагается реализовать следующий алгоритм диагностики и прогнозирования структурных трансформаций ВР.

Шаг 1. Реализовать кластеризацию группы ВР длиной  $\tau - 1$  и группы ВР длиной  $\tau$  с целью формирования кластеров ВР, обладающих сходной динамикой развития, с использованием FCM-алгоритма [3, 5, 6] с целью выявления центроидов кластеров (усредненных ВР)

и использования их для прогнозирования динамики поведения как группы в целом, так и отдельных ВР кластеров группы.

Шаг 2. Выполнить сравнительный анализ оптимальных чисел кластеров  $c_{\tau-1}$  и  $c_{\tau}$  для групп ВР длиной  $\tau-1$  и  $\tau$  соответственно. Если  $c_{\tau-1} = c_{\tau}$  принять решение об отсутствии больших структурных трансформаций ВР. В противном случае принять решение о наличии существенных структурных трансформаций ВР. Выявить, какие ВР сформировали новый (новые) кластер (кластеры), если  $c_{\tau-1} < c_{\tau}$ . Выявить, какой (какие) кластер (кластеры) был (были) удален (удалены), если  $c_{\tau-1} > c_{\tau}$ . Выполнить сравнительный анализ содержимого кластеров для группы ВР длиной  $\tau-1$  и группы ВР длиной  $\tau$ .

Если  $c_{\tau-1} = c_{\tau}$  выполнить сравнительный анализ содержимого кластеров для группы ВР длиной  $\tau-1$  и группы ВР длиной  $\tau$ . Если содержимое изменилось, принять решение о наличии средних структурных трансформаций ВР. В противном случае принять решение об отсутствии средних структурных трансформаций ВР.

Если  $c_{\tau-1} = c_{\tau}$  и средние структурные трансформации отсутствуют, осуществить проверку содержимого кластеров на наличие малых структурных трансформаций, выполнив упорядочение ВР внутри кластеров по убыванию расстояний между ними. Если списки упорядочения не изменились при переходе от длины  $\tau-1$  к длине  $\tau$ , принять решение об отсутствии малых структурных трансформаций ВР. В противном случае принять решение о наличии малых структурных трансформаций ВР. Перейти к шагу 3.

Шаг 3. Осуществить принятие решений по результатам анализа группы ВР. В случае плохой отделимости кластеров принять решение о целесообразности исследования группы ВР с применением алгоритмов иерархической кластеризации. Завершить работу алгоритма.

В случае получения удовлетворительных результатов кластеризации группы ВР с применением FCM-алгоритма [3, 5, 6] предлагается выполнить прогнозирование тенденций развития группы ВР с целью предсказания возможных структурных трансформаций ВР в будущем. С этой целью может быть выполнена разработка моделей прогнозирования для центроидов кластеров с привлечением, например, моделей прогнозирования на основе бинарных деревьев и модифицированного алгоритма клонального отбора [3, 5]. Использование таких моделей прогнозирования позволит не только сформировать модель, описывающую динамику поведения ВР, сопоставленного центроиду кластера, но при необходимости уточнить параметры этой модели для конкретного ВР, принадлежащего этому кластеру.

Предлагаемый подход к диагностике и прогнозированию структурных трансформаций ВР позволит выявлять на ранней стадии возможные проблемы в развитии ВР и предпринимать адекватные меры по их устранению, а также прогнозировать наличие/отсутствие положительного эффекта от предпринимаемых мер.

### 3. Эксперименты

Апробация предлагаемой методики выявления структурных трансформаций в группах ВР была выполнена на модельных и реальных данных. В качестве модельных данных был использован набор данных из 60 синтезированных ВР, каждый из которых содержал числовые значения для 7 отсчетов времени. Такая короткая длина ВР была выбрана в связи с тем, что именно такую длину имеют ВР, соответствующие реальным анализируемым социально-экономическим показателям. При этом все ВР априори принадлежали 6 кластерам, которые были сгенерированы посредством искажения 6 ВР, сгенерированных с применением периодических функций (а именно, функций синуса и косинуса). Исходный модельный набор ВР был подвергнут искажению с целью выделения одного ВР в новый кластер.

Реализация FCM-алгоритма на нормализованном наборе ВР при числе отсчетов времени  $t = \overline{3,7}$  позволила выявить 6 кластеров при всех длинах ВР, равных 3, 5, 6 и 7 (такое оптимальное число кластеров было получено как с применением индекса ХВ, который минимизируется, так и с применением коэффициента FPC, который максимизируется). При числе отсчетов времени, равном 4, использование индекса ХВ позволило определить, что оптимальное число кластеров равно 5, а использование коэффициента FPC позволило определить, что оптимальное число кластеров равно 6. Такие результаты кластеризации могут быть объяснены плохой отделимостью кластеров при числе отсчетов, равном 4.

Реализация FCM-алгоритма на нормализованном искаженном наборе ВР позволила выявить 6 кластеров при числе отсчетов времени, равном 3, и 5 кластеров при числе отсчетов времени, равном 4 (табл. 1). Следует отметить, что при длинах ВР, равных 3 и 4, оба показателя качества кластеризации дали согласованное решение об оптимальном числе кластеров. При числе отсчетов времени, равном 5, 6 и 7, применение индекса ХВ, определило оптимальное число кластеров, равное 7, в то время как применение коэффициента FPC определило оптимальное число кластеров, равное 6 (табл. 1). Оказалось, что индекс ХВ более уверенно выявляет появление нового кластера в искаженном модельном наборе данных, что подтверждается и результатами расчетов, в то время как применение коэффициента FPC дает близкие его значения при числе кластеров, равном 6 и 7, отдавая при этом предпочтение числу кластеров, равному 6 (табл. 1, жирным шрифтом выделено оптимальное число кластеров при числе отсчетов времени, зафиксированном в заголовке столбца, для показателя, зафиксированного в заголовке строки). Очевидно, что применение индекса ХВ, предпочтение которому отдают большинство исследователей, является более перспективным с той точки зрения, что лучше сделать пессимистический прогноз о наличии структурных трансформаций ВР, чем не обратить внимание на это изменение.

Таблица 1 – Оптимальное число кластеров

Показатель качества	Число кластеров	Число отсчетов времени				
		3	4	5	6	7
ХВ	5	316.732	<b>2.882</b>	2.373	1.965	1.754
	6	<b>3.319</b>	47.751	1.037	0.611	0.551
	7	17.78	21.735	<b>0.906</b>	<b>0.518</b>	<b>0.469</b>
FPC	5	0.849	<b>0.893</b>	0.858	0.875	0.874
	6	<b>0.928</b>	0.846	<b>0.961</b>	<b>0.969</b>	<b>0.970</b>
	7	0.897	0.874	0.955	0.966	0.967

Апробация предлагаемых алгоритмов выявления структурных трансформаций в группах ВР была выполнена на примере группы показателей социально-экономического развития Рязанской области за 7 лет (с 2011 по 2017 годы), в которой насчитывалось 89 показателей, представленных короткими ВР (длиной не более 7 отсчетов времени) и сгруппированных по 9 категориям: «Население», «Производство товаров и услуг», «Торговля и услуги населению», «Внешнеэкономическая деятельность», «Малое и среднее предпринимательство, включая микропредприятия», «Инвестиции», «Консолидированный бюджет субъекта Российской Федерации (включая местные бюджеты без учета территориальных внебюджетных фондов)», «Денежные доходы и расходы населения» и «Труд и занятость». Для категории «Консолидированный бюджет субъекта Российской Федерации (включая местные бюджеты без учета территориальных вне-бюджетных фондов)», содержащей более 30 показателей, статистическая информация была только за 2013 – 2017 годы (то есть за 5 отсчетов времени), в связи с изменением состава показателей, включаемых в данную категорию (то есть данные за 2011 – 2012 годы не сопоставимы с данными за последующие годы). В связи с тем, что

полная статистическая информация была только за 2013 – 2017 годы, предварительный анализ всей группы показателей был выполнен на основе набора ВР с 5 отсчетами времени.

Несмотря на недостаточно хорошую отделимость кластеров друг от друга в реальном наборе ВР, применение FCM-алгоритма при числе отсчетов, равном 3, 4 и 5, позволило выделить возможное оптимальное число кластеров: оно оказалось равным соответственно 3, 12 и 10. При этом число кластеров, равное (или близкое) числу ВР в группе не рассматривалось в качестве возможного. Эти результаты были получены с использованием в качестве показателя качества кластеризации индекса ХВ. Следует отметить, что результаты кластеризации считаются хорошими, если значение индекса ХВ меньше 1. Но с учетом специфики решаемой задачи искомым результатом полагался тот, у которого самое малое значение индекса ХВ. Использование коэффициента FPC оказалось не эффективным: в качестве оптимального числа всегда выбиралось число кластеров, равное 2.

Получение существенно разных значений для оптимального числа кластеров при разном числе отсчетов времени позволяет сделать вывод о наличии больших структурных трансформаций в группе ВР. Для более детального анализа этой группы ВР было принято решение об исследовании каждой категории, включенной в группу. При этом было установлено, что для всех категорий, кроме категории «Производство товаров и услуг», применение FCM-алгоритма не позволяет выявить оптимальное число кластеров, существенно меньшее числа ВР в этой категории (по причине плохой отделимости кластеров). В связи с этим было принято решение о целесообразности исследования этих категорий ВР с применением алгоритмов иерархической кластеризации. Для категории ВР «Производство товаров и услуг», насчитывающей в своем составе 15 ВР, длина которых равна 7 отсчетам времени, применение FCM-алгоритма при числе отсчетов, равном 3, 4, 5, 6 и 7, позволило выделить возможное оптимальное число кластеров: оно оказалось равным соответственно 4, 9, 7, 10 и 10. Получение разных значений для оптимального числа кластеров при числе отсчетов времени, равном 3, 4, 5 и 6, позволяет сделать вывод о наличии больших структурных трансформаций в группе ВР (при увеличении числа отсчетов на 1).

### **Заключение**

Экспериментальные исследования показали целесообразность использования FCM-алгоритма для группирования ВР и выявления их структурных трансформаций. Применение предлагаемой методики даже к группам очень коротких ВР должно позволить выявить их структурные трансформации на ранних стадиях. В результате будет возможно выполнить оценку структурных сдвигов для ВР и реализовать принятие эффективных управленческих решений по их предотвращению или развитию (в зависимости от ситуации).

Работа выполнена в рамках гранта РФФИ на реализацию научного проекта № 18-410-623001.

### **Библиографический список**

1. Степанов М.А. Диагностика состояния и определение тенденций развития промышленной системы региона // Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2017. Рязань: РГРТУ, 2017. С.145-149.
2. Андерсен Т. Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. 756 с.
3. Astakhova N.N., Demidova L.A., Nikulchev E.V. Forecasting Method for Grouped Time Series with the Use of K-Means Algorithm // Applied Mathematical Sciences. 2015. Vol. 9. No. 97. P. 4813-4830.
4. Демидова Л.А., Коняева Е.И. Кластеризация объектов с использованием FCM-алгоритма на основе нечетких множеств второго типа и генетического алгоритма // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2008. № 26. С. 46-54.
5. Astakhova N.N., Demidova L.A., Nikulchev E.V. Forecasting of Time Series' Groups with Application of Fuzzy C-Mean Algorithm // Contemporary Engineering Sciences. 2015. Vol. 8. No. 35. P. 1659-1677.

6. Demidova L., Nikulchev E., Sokolova Yu. Use of Fuzzy Clustering Algorithms Ensemble for SVM classifier Development // International Review on Modelling and Simulations. 2015. Vol. 8. No. 4. P. 446-457.

7. Демидова Л.А., Степанов М.А. Анализ проблемы диагностики структурных трансформаций временных рядов в социально-экономической сфере // Актуальные проблемы современной науки и производства Материалы III Всероссийской научно-технической конференции. 2018. С. 177-182.

УДК 004.67; ГРНТИ 83.77

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНСАМБЛЕЙ КЛАССИФИКАТОРОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КЛАССИФИКАЦИОННОГО РЕШЕНИЯ

О.А. Кельцына

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, olga.keltsyna@yandex.ru*

*Аннотация.* В статье рассматриваются методы улучшения существующих решений задачи классификации данных. А именно применение ансамблей при решении задачи классификации: цель объединения ансамблей, способы формирования решений, выбор моделей в ансамбль.

*Ключевые слова:* классификация данных, интеллектуальный анализ данных, модели классификаторов, ансамбли алгоритмов

## USE OF CLASSIFIER ENSEMBLES WHEN FORMING A CLASSIFICATION SOLUTION

O.A. Keltsyna

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, olga.keltsyna@yandex.ru*

*Annotation.* The article discusses methods for improving existing solutions to the problem of data classification. Namely, the use of ensembles in solving the problem of classification: the purpose of combining ensembles, methods of forming solutions, the choice of models in en-semble.

*Keywords:* data classification, data mining, classifier models, algorithms ensembles

В различных областях науки и исследований, медицине, технике, экономике и повседневной жизни часто возникает необходимость решить задачу классификации. Анализ рисков, анализ данных социальных сетей и анализ предпочтений потребителей, определение кредитоспособности, фильтрация спама – вот лишь несколько примеров областей, в которых крайне важную роль играет высокопроизводительный анализ крупных наборов данных. Поэтому, в связи с такой значимостью, задача классификации требует качественного решения. Она заключается в том, чтобы определить, к какому классу относятся те или иные данные; при этом множество классов, к одному из которых можно отнести исследуемый объект, заранее известно. Каждый объект класса обладает определёнными признаками (характеристиками), по которым определяется его классовая принадлежность. Зачастую исследуемые объекты имеют большое количество признаков, и возникает проблема построения классификатора по многомерным данным. Необходимо оценить, как тот или иной набор признаков влияет на результат классификации.

Наглядный пример – задача выяснения кредитоспособности клиента. Банковский служащий оперирует двумя известными ему классами – «кредитоспособный» и «некредитоспособный». Отнести клиента к той или иной группе (классу) помогает анализ его характеристик – возраста, места работы, уровня дохода, семейного положения. Таким образом, задача интеллектуального анализа данных сводится к тому, чтобы определить значение одного из параметров объекта анализа по значениям всех прочих его параметров. Говоря математическим языком, необходимо определить значение зависимой переменной «кредитоспособность» (которая может принимать значения «да» или «нет») при известных значениях неза-

висимых переменных («возраст», «место работы», «уровень дохода», «семейное положение» и др.).[1]

Принимая важное решение, опытный руководитель не только полагается на собственные знания и интуицию, но и старается привлечь экспертов в конкретных предметных областях. Считается что выводы экспертов, полученные на основе анализа данных, связанных с решаемой задачей, позволят сделать оптимальный выбор.

Например, когда предприятие планирует выпуск нового продукта, взвешивая все «за» и «против», привлекаются специалисты в сферах экономики, маркетинга, производства, рекламы и т. д., и каждый из них высказывает свое мнение. Выслушав всех, руководитель приходит к окончательному решению.

Однако выводы, сделанные разными экспертами, могут противоречить друг другу. Поэтому неизбежно встает вопрос: как скомбинировать несколько экспертных оценок, чтобы на их основе принять правильное решение? В простейших случаях руководитель может не прибегая к формальным методам, просто воспользоваться своим опытом и интуицией.

Существуют методы, которые позволят принять более обоснованное решение. Допустим, в качестве оценки определенного решения эксперт указывает число баллов: 100 баллов соответствуют положительному решению («выпускать продукт»), 0 баллов – отрицательному («не выпускать продукт»). Указывая промежуточные значения, эксперт оценивают вероятность успеха или провала проекта. Полученные оценки суммируются, и если сумма превысит заданный порог, то решение будет положительным, а если нет – отрицательным. При желании можно произвести усреднение оценок, то есть разделить сумму баллов на число экспертов.[3]

Хорошие результаты часто дает взвешивание оценок в зависимости от важности предметной области, профессионального уровня эксперта и т. д. экспертной оценке присваивается определенный вес. Чем опытнее эксперт и важнее оценка, тем больше ее вес.

Наконец, самым простым, хотя и не всегда эффективным методом является голосование: выбирается решение, принятое большинством голосов.

Остановимся еще на одном важном моменте — доверии к эксперту. Действительно, эксперты отличаются уровнем подготовки, опытом и т. д. В этой связи их можно разделить на сильных и слабых. Например, слабым может считаться эксперт, который участвовал в 10 проектах, причем в 7 случаях его мнение оказалось ошибочным.

Используются два варианта экспертных оценок: параллельные и дополняющие. В первом случае каждый эксперт высказывает мнение по всему спектру проблем, связанных с решаемой задачей. Во втором каждый эксперт дает заключение только по одному аспекту задачи. Тогда выводы экспертов дополняют друг друга, вместе покрывая весь спектр проблем.[2]

Таким образом, выбирая методы извлечения экспертных оценок и комбинируя полученные результаты, можно найти наилучшее решение.

Аналогичная ситуация складывается при использовании моделей, основанных на машинном обучении. Эти модели фактически играют роль экспертов и в явном или неявном виде предоставляют информацию, необходимую для обоснованного принятия решений.

Можно ограничиться результатами, полученными единственной моделью. Но, так же как и эксперты, модели бывают слабыми и сильными. Если обученной модели хорошо удастся разделить классы и она допускает мало ошибок классификации, то такая модель может рассматриваться как сильная. Слабая модель, напротив, не позволяет надежно разделить классы или давать точные предсказания, допускает в работе большое количество ошибок.

Если в результате обучения мы получили слабую модель, то ее необходимо усовершенствовать, подбирая тип классификатора, алгоритмы и параметры обучения. Но часто встречаются ситуации, когда все возможности совершенствования единственной модели исчерпаны, а качество ее работы по-прежнему неудовлетворительно. Это может быть связано

со сложностью решаемой задачи и искомым закономерностей, с низким качеством обучающих данных и другими факторами. Пример такой ситуации представлен на рисунке 1.

На рисунке 1а изображено множество объектов, содержащее два класса – круги и квадраты. В результате обучения построена модель, разделившая классы по линии 1. Поскольку классы пересекаются, они являются трудноразделимыми, из-за чего значительное количество квадратов оказалось распознано как круги.

Ожидать от такой модели хорошей работы с новыми данными не следует, при этом ее возможности уже исчерпаны: как бы мы ни провели линию 1, всегда будет присутствовать значительная ошибка классификации.

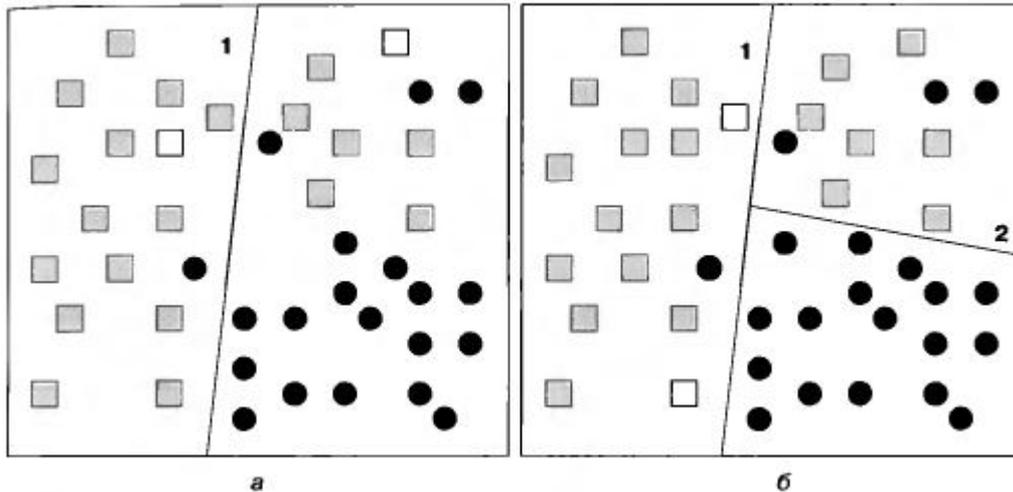


Рис. 1. Иллюстрации сложной разделимости классов

Неизбежно возникает вопрос: как усилить слабую модель, что сделать для повышения эффективности классификации? Вполне логичным выходом из ситуации является попытка применить к неудачным результатам работы первой модели еще одну модель, задача которой — классифицировать те примеры, что остались нераспознанными. Результаты работы второй модели представлены на рисунке 1б. Как видно, ей удалось почти полностью разделить круги и квадраты. Если и после этого результаты неудовлетворительны, можно применить третью модель и так далее до тех пор, пока не будет получено достаточно точное решение.

Таким образом, для решения одной задачи классификации мы применили несколько моделей, при этом нас интересует не результат работы каждой отдельной модели, а результат, который дает весь набор моделей. Такие совокупности моделей называются ансамблями моделей.

Цель объединения моделей очевидна – улучшить (усилить) решение, которое дает отдельная модель. При этом предполагается, что единственная модель никогда не сможет достичь той эффективности, которую обеспечит ансамбль.

### Библиографический список

1. Вьюгин В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования. – МЦМНО, 2013. – 390 с.
2. Донской В.И. Алгоритмические модели обучения классификации: обоснование, сравнение, выбор. Издательство «ДИАЙПИ», Симферополь, 2014
3. Кривенко М. П., Васильев В. Г. Методы классификации данных большой размерности. – М.: ИПИ РАН, 2013. – 204 с.

УДК 004.4'2; ГРНТИ 20.23

## ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ АНАЛИЗА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ

Е.С. Щенёв

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, Jheka1235317@gmail.com*

*Аннотация.* В работе рассматриваются современные средства для анализа и проектирования программных решений. Определяются основные особенности CASE-систем, дается описание средств проектирования баз данных, реализующих определенную методологию, рассматриваются средства разработки приложений.

*Ключевые слова:* системы анализа и проектирования, приложения «клиент–сервер», CASE-системы, компьютерная платформа, программное обеспечение.

## TOOLS FOR ANALYSIS AND DESIGN OF SOFTWARE SOLUTIONS

E.S. Schenev

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, Jheka1235317@gmail.com*

*The summary.* The paper deals with modern tools for the analysis and design of software solutions. The main features of CASE-systems are defined, a description of database design tools that implement a certain methodology is given, and application development tools are considered.

*Keywords:* analysis and design systems, client – server applications, CASE systems, computer platform, software.

Инструментальные средства для анализа и проектирования программных решений занимают важное место в информационных технологиях современности. Именно они позволяют автоматизировать процесс проектирования и разработки программного обеспечения. Современные системы анализа и проектирования являются мощным инструментом для разработчиков и программистов.

В современном мире принято выделять две большие категории систем анализа и проектирования. Это, прежде всего, CASE–системы, среди которых рассматривают независимые системы (upper CASE) и интегрированные, с системой управления базами данных. К их основным достоинствам можно отнести то, что они позволяют разрабатывать всю информационную систему полностью, т.е. логику процессов, функциональные системы анализа, интерфейс, базу данных, при этом оставаясь в одной технологической среде. Инструменты для разработки данной категории характеризуются высокой гибкостью и существенной сложностью.

Ко второй категории относят сами средства проектирования баз данных, которые позволяют реализовать определенную методологию, в частности, «сущность–связь» («entity–relationship»), их рассматривают в комплексе со средствами разработки приложений. К ним относят SILVERRUN+JAM, ERwin/ERX+PowerBuilder и др.

Основное направление, определяющее цель данной работы заключается в том, что современные инструментальные средства для анализа и проектирования программных решений позволяют реализовать необходимую методологию проектирования баз данных. Они являются средствами разработки приложений, с помощью которых может быть построена модель бизнес–процесса предприятия.

### Инструментальные средства разработки программного обеспечения

Среда разработки программного обеспечения включает в себя CASE–средства, системное программное обеспечение и технические средства. CASE–средствам характерно наличие разнообразных средств визуального моделирования. Современный рынок программных средств насчитывает около 300 различных CASE–средств [1].

Среди основных особенностей средств для автоматизации программ можно выделить следующие:

- используют определенную технологию;
- предназначены для команд, работающих над одним проектом;
- используются для разработки информационных систем.

CASE-средства можно охарактеризовать как графические средства для документирования и описания системы, которые обеспечивают удобный интерфейс. Также CASE-средствам свойственна интеграция отдельных компонентов, обеспечивающая управление процессом разработки программного обеспечения. Использование организованного хранилища проектных метаданных (репозитория) – еще одна отличительная особенность данных инструментальных средств разработки программ.

К основным компонентам (комплекс средств, которые поддерживают полный жизненный цикл программного обеспечения) интегрированного CASE-средства можно отнести следующие:

- репозиторий, который является основой CASE-средства. Он обеспечивает хранение версий проекта и его отдельных компонентов, синхронизацию поступления информации от различных разработчиков;
- графические средства анализа и проектирования, которые позволяют создавать и редактировать комплекс взаимосвязанных диаграмм;
- средства разработки приложений;
- средства управления требованиями;
- средства управления конфигурацией программного обеспечения;
- средства документирования;
- средства тестирования;
- средства управления проектом;
- средства реверсного инжиниринга программного обеспечения и баз данных.

Разработка информационных систем осуществляется с использованием CASE-технологии проектирования. CASE-технология – сочетание методологии проектирования и набор инструментальных средств, поддерживающих эту методологию. Практически все CASE-средства поддерживают функциональное и процессное моделирование бизнес-деятельности предприятий.

Для представления модели бизнес-процессов используются следующие методологии:

- BPMN (Business Process Modeling Notation);
- EPC (Event-driven Process Chain), обычно в версии ARIS eEPC;
- IDEF (Integration DEFinition) в средах BPWin, ARIS, ORACLE Designer, IDEF0/EM Tool, Ramus, Design/IDEF,
- «Простая блок- схема» в среде MS Visio;
- «Процедура» в версии Business Studio и другие.

### **Моделирование бизнес–процесса с использованием методологии BPMN**

Рассмотрим задачу, заключающуюся в построении модели бизнес–процесса заказов покупателей определенного предприятия. Как известно, данный этап происходит практически в любом направлении бизнеса. Для его реализации будет использована методология BPMN.

Бизнес-процесс происходит следующим образом:

1. Менеджер по продажам получает информацию о потребностях клиента (заказ).
2. В системе CRM создается документ Заказ покупателя.
3. Если нужные товары есть в наличии, то менеджер создает расходный документ в программе учета. Если товара нет в наличии, менеджер делает запрос в отдел закупки.

4. Отдел закупки оформляет запрос поставщикам на получение товара.

Бизнес-процесс следует считать завершенным тогда, когда покупатель сможет приобрести необходимый товар, если он есть в наличии или после поступления от поставщиков.

Прежде чем приступить к созданию модели информационной системы, необходимо разработать ее проект. Главное назначение проекта — выработка четкого пути, по которому необходимо следовать при его реализации. Информационная система представляет собой достаточно сложный объект, и время, затраченное на ее планирование, может значительно сократить сроки ее разработки. Отсутствие продуманной структуры приводит к необходимости постоянной перенастройки объектов системы и изменению программного кода.

Проектирование модели целесообразно начать с краткого ее описания. Далее следует разработать эскиз объектов, требуемых для получения необходимых результатов и определить связи между этими объектами.

При разработке модели бизнес-процесса необходимо ответить на следующие вопросы:

- Какими данными мы располагаем?
- Как будет происходить обмен этими данными в системе?
- Какие основные этапы бизнес-процесса должны быть учтены при заказе товаров?
- Кто должен отвечать за результат выполнения основных этапов бизнес-процесса?

Законченный план построения модели должен содержать подробное описание каждого этапа проектирования, а также взаимосвязей между ними.

Моделирование бизнес-процесса с использованием методологии BPMN предусматривает этапы создания реального процесса от концепции до реального воплощения. Построение модели проходит в несколько этапов:

- 1) исследование предметной области и формулировка основных допущений (накладываемых условий);
- 2) анализ данных;
- 3) настройка взаимосвязей между элементами данных.

BPMN позволяет при моделировании бизнес-процессов пропускать те или иные реальные процессы на определенном уровне. Так, в данном примере, не рассматривается получение заказа клиентом. Данный этап можно будет детализировать отдельно в случае необходимости. Также в примере не показан процесс оплаты товара, его отгрузки, оформления квитанции. Но был описан процесс обеспечения покупателя нужным товаром.

Точкой отсчета служит получение заказа от покупателя. Точкой выхода – «бронирование товара».

На рисунке 1 показано наглядное использование методологии BPMN для решения поставленной задачи.

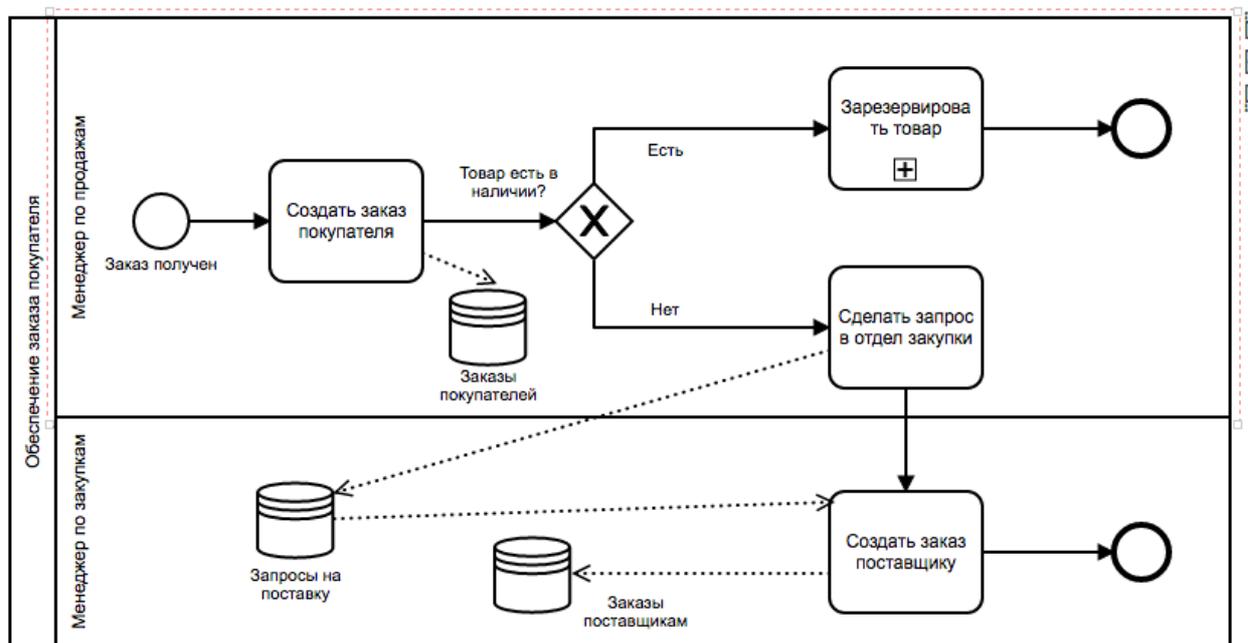


Рис. 1. Пример использования методологии BPMN

При помощи такой реализации бизнес-процесса техническим специалистам гораздо легче создавать и настраивать программное обеспечение для автоматизации процессов [3]. На диаграмме видно, какие процессы, в какой последовательности должны происходить, какая информация поступает на определенном этапе, а также разграничение прав доступа к данным документам.

При необходимости этот бизнес-процесс может быть детализирован, что позволит наглядно продемонстрировать, как работает (должна работать) система для получения результата по обеспечению заказов покупателей в разработанной информационной системе.

### Средства проектирования информационных систем

По уровню сложности и интегрированности проектных работ выделяют следующие группы инструментальных средств:

- 1) локальные CASE-средства, – автоматизируют отдельные проектные работы стадии анализа и проектирования, поддерживающие один – два типа моделей и методов, – Design/IDEF, IDEF0/EM Tool, Ramus, PowerDesigner, ProCap.
- 2) малые интегрированные CASE-средства, – автоматизируют проектные работы стадии анализа, проектирования и частично стадии реализации, поддерживают до четырёх типов моделей и методов, – BPWin, ERWin, CA ERwin Modeling Suite;
- 3) средние интегрированные CASE-системы, – автоматизируют большинство проектных работ, включая кодогенерацию, поддерживают от четырёх до пятнадцати типов моделей и методов, – Rational Rose с пакетами расширений, Paradigm Plus, Uniface (Compuware), Westmount I-CASE, Oracle Designer;
- 4) крупные интегрированные CASE-системы, – автоматизируют большинство проектных работ, поддерживают более пятнадцати типов моделей и методов, – ARIS Toolset. [2].

В настоящее время рынок программирования обеспечен следующими основными CASE-средствами:

- Uniface (Compuware);
- Westmount I-CASE;

- ERwin+BPwin.

Средство Uniface (Compuware) – среда разработки приложений "клиент-сервер", содержит следующие компоненты:

- Application Objects Repository, использует данные для остальных компонентов на протяжении жизненного цикла информационной системы;
- Application Model Manager – подмножество общей схемы баз данных;
- Rapid Application Builder – средство создания форм и отчетов с использованием прикладной модели;
- Developer Services – средство, которое используется для поддержки крупных проектов и реализации контроля версий.

Westmount I-CASE используется в конфигурации "клиент-сервер", при этом база данных располагается на сервере.

Westmount I-CASE – программный продукт, для которого выполняются следующие функции:

- архитектура графических систем;
- проектирование диаграмм данных;
- управление конфигурациями проекта;
- программирование на языке C со встроенным SQL;
- генерирование документации по шаблонам;
- генерация кода программ на C;
- экспорт и импорт данных в универсальном формате.

ERwin - средство для проектирования и документирования баз данных, которое позволяет создавать, документировать и сопровождать другие базы данных, хранилища и витрины данных. Это средство позволяет управлять данными в процессе изменений базы данных, а также в условиях стремительно изменяющихся технологий, наглядно отображает сложные структуры данных.

Исходя из приведенного выше анализа, можно сделать следующие выводы: моделирование бизнес-процесса информационной системы должно быть реализовано с использованием CASE-технологии проектирования. Отличительной положительной особенностью данного процесса является организованное хранилище проектных метаданных-репозиторий. С его помощью происходит синхронизация информации различных разработчиков. Правильно подобранные инструментальные средства для анализа и проектирования программных решений на примере моделирования бизнес-процесса по обеспечению заказа покупателя позволили детализировать бизнес-процесс заказа и настроить программное обеспечение для автоматизации информационной системы с разграничением прав доступа.

В условиях стремительно развивающихся информационных технологий применение инструментальных средств при проектировании и анализе информационной системы является перспективным и необходимым процессом. Это позволяет гораздо легче создавать и настраивать программное обеспечение для автоматизации процессов, получать детализацию бизнес-процесса, что делает более наглядным полученный результат.

### Библиографический список

1. А.М. Вендров «Современные методы и средства проектирования информационных систем» – М.: Инфра-М, 2016. - 544 с.
2. Черемных С. В., Семенов И. О., Ручкин В. С. Структурный анализ систем: IDEF-технологии. – М.: Финансы и статистика, 2017.–258 с.
3. <https://habr.com/ru/company/trinion/blog/331254>.

УДК 621.396; ГРНТИ 47.47

## ИНФОРМАЦИОННО-ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В РИЭЛТЕРСКОМ БИЗНЕСЕ

Е.А. Горюнов

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, goryunove.s@tsan.ru*

*Аннотация.* В работе рассмотрен рынок недвижимости, который существенно меняется в последнее время. Выявлены и проанализированы современные тенденции развития риэлтерского бизнеса, которые необходимо учитывать всем агентствам недвижимости, которые хотят успешно развиваться.

*Ключевые слова:* рынок недвижимости, риэлтерский бизнес, агентства недвижимости.

## INFORMATION SOFTWARE IN REAL ESTATE BUSINESS

E.A. Goryunov

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, goryunove.s@tsan.ru*

*The summary.* In this article, we consider the real estate market, which has been significantly changing in recent years. Identified and analyzed the current trends in the development of real estate business, which must be considered by all real estate agencies that want to develop successfully.

*Keywords:* real estate market, real estate business, real estate agencies.

Общество и бизнес в России все более и более становятся информационными. Кто владеет информацией - тот и добивается успеха. Не исключением является и одна из ведущих сфер - сфера недвижимости, что подтверждают данные по обороту в млрд. руб. среди малых предприятий на 2018 год, в который функционируют риэлторские компании (рис. 1).

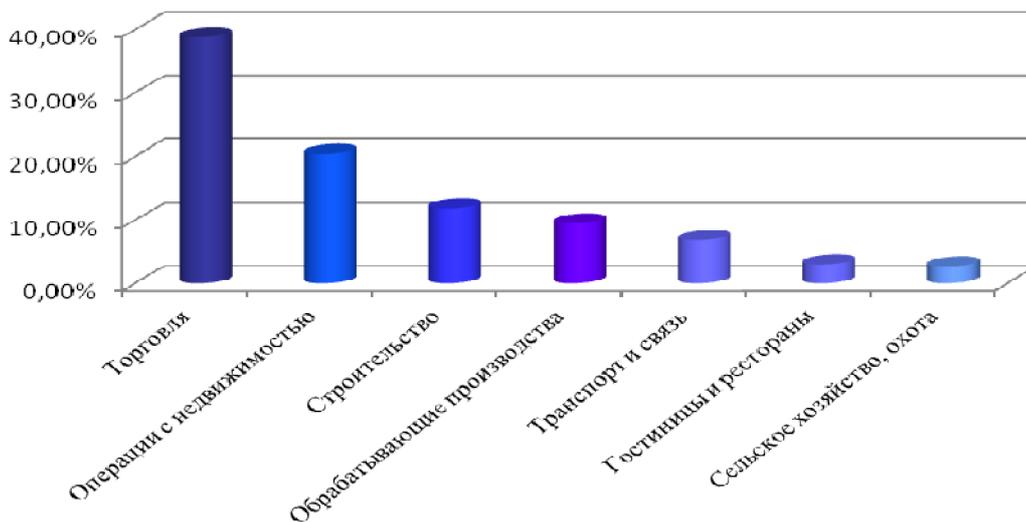


Рис. 2. Доля операций с недвижимостью среди малых предприятий [5]

Современный рынок недвижимости характеризуется большим количеством предлагаемых к продаже объектов, большим количеством сделок, интенсивным характером операций. Риэлтор сталкивается с необходимостью учета и обработки большого количества данных как по собственным сделкам, так и по предложениям контрагентов. Помимо этого, необходимо размещать рекламу, осуществлять мониторинг рынка, работать с большим количеством документов. Если перейти от задач отдельного риэлтора к потребностям агентств недвижимости, то здесь на повестку дня встанут вопросы обмена информацией между сотруд-

никами агентства, ведения общих реестров, централизованного отслеживания поступающих от клиентов и контрагентов звонков, заявок, документов и многое другое.

Как известно сделки с недвижимостью всегда приносили немалый доход. С учетом того, что значительно возросло количество клиентов, объектов, операций по купле-продаже, найму жилых и нежилых помещений, владельцы бизнеса уже серьезно задумываются над тем, какие программы автоматизации использовать в этой сфере. Разработчики предлагают два вида решений для агентств недвижимости: онлайн-платформы и стационарное ПО, устанавливаемое на оборудование заказчика. Онлайн-версия имеет свои неоспоримые преимущества – нет необходимости хранить персональные данные клиентов согласно законодательства РФ (за это отвечает провайдер), также не нужно тратить средства на мощное серверное оборудование. Однако устанавливаемое ПО на рабочих местах заказчика имеет свои достоинства: агентство не зависит от сбоев, которые могут произойти на стороне провайдера, также вероятность того, что вся информация будет потеряна, ничтожно мала (при соответствующих настройках систем резервирования данных).

Особенно стоит выделить, что основной плюс перед другими медиа – доступ к нужной информации из любого места. Поэтому со стабилизацией экономической ситуации в стране в целом и рынка недвижимости в частности есть основания прогнозировать дальнейшее развитие сегмента недвижимости в Интернете, что подтверждают и статистические данные, касающиеся поиска недвижимости со смартфонов (рисунок 2)



Рис. 3. Доля пользователей, использующих смартфоны для поиска недвижимости, % [7]

Стоит отметить, что в последнее время появилось множество доступных технологий, которые позволяют показать будущее жилье с изображениями внутренней отделки, придомовой территории и т.д., причём с полным ощущением присутствия. Еще один плюс современных информационных технологий – намного более широкий выбор предложений, отсортированных так, чтобы это было удобно конкретному пользователю.

Во-первых, особенно актуальны умные сайты. Большинство сайтов агентств недвижимости не соответствует термину «современный» ресурс, не говоря уже про «умный» ресурс. Ежегодно и неуклонно растет аудитория мобильного интернета, но компании словно игнорируют этот факт, потому что процент сайтов имеющих мобильную версию ничтожно низок. Недвижимость, кстати, только подтверждает этот факт. Необходимо выделить, что до 50% клиентов покидает страницу, если она грузится дольше 4 секунд, а в недвижимости часто даже самые дорогие сайты перегружены графикой и открываются дольше. Сайты не выполняют свою главную функцию – знакомство покупателя с товаром или услугой и предпро-

дажная подготовка. Контент должен быть понятным, нужным и исчерпывающим, а навигация - интуитивной. Идеальный ресурс – это тот, алгоритмы которого помогают предложить новому посетителю именно то, что ему требуется. Человек зашел на сайт, авторизовался, например через аккаунт в социальной сети, а через пару секунд ресурс сам предлагает ему наиболее оптимальный вариант лота по недвижимости, который соответствует его возрасту, статусу, образу жизни и бюджету.

Во-вторых, использование чат-ботов. Чат-боты, также известные как диалоговые агенты, являются, по сути, цифровыми сотрудниками с искусственным интеллектом, которые могут не только отвечать на простые вопросы, обслуживать клиентов мгновенно, но и беспрепятственно передавать клиента далее консультантам в момент, когда это необходимо. Согласно исследованию Aspect Software Research, 44% потребителей заявили, что предпочитают взаимодействовать с чат-ботом. Они всегда на связи и обрабатывают до 70% типовых запросов клиентов. Какие объекты строятся в определенном районе, есть ли варианты эконом-класса, работает ли компания с материнским капиталом, ипотекой, жилищными государственными сертификатами – это лишь небольшой перечень стандартных обращений, которые могут быть обработаны мгновенно без помощи живых сотрудников. Чат-боты могут использовать внутренние и внешние базы данных для персонализации взаимодействий и предоставления конкретных данных для каждого отдельного разговора, что приводит к более высоким конверсиям. Они доступны 24/7 для обработки запросов клиентов и могут быть запрограммированы для продвижения рекламных акций или продуктов в зависимости от требований компании-застройщика. Кроме того, принимая на себя обычные, повторяющиеся задачи, чат-боты освобождают время для сотрудников компании, чтобы сосредоточиться на более сложных задачах.

В-третьих, набирает обороты виртуализация. AR (augmented reality) и VR (Virtual reality), виртуальная и дополненная реальность - это две технологии, которые больше не являются прерогативой фантастики, они активно внедряются в современную жизнь и эффективно применяются в сфере недвижимости. В России пока нет свежих интересных цифр именно по нашей сфере, поэтому обратимся к опыту и данным западных коллег. Недавний отчет Goldman Sachs прогнозирует, что рынок VR и AR в сфере недвижимости достигнет минимально 80 миллиардов долларов к 2025 году. Владельцы недвижимости и разработчики могут использовать комбинацию AR и VR, чтобы позволить своим клиентам удаленно просматривать объекты по всему миру. Сейчас уже некоторые компании предлагают своим клиентам виртуальные туры по объектам и квартирам, осмотр на 360 градусов. При этом, технологии актуальны как для первичной недвижимости (когда физически проекта еще нет, но клиенту важно понять, каким будет жилой комплекс через пару лет, оценить его преимущества), так и для вторичной – когда компания экономит время клиента на поездки, демонстрируя ему несколько лотов или вариантов дистанционно. Такие технологии станут дополнительным драйвером для сокращения времени принятия решения о покупке.

В-четвертых, это предсказательная аналитика или Predictive Analytics – это уже про инвестирование. Я бы сказал, что не для широкого круга участников рынка недвижимости и, наверное, ошибся. За последнее время число игроков, которых можно назвать инвесторами, сильно выросло за счет, так называемых, частных лиц. Итак, предсказательная аналитика, или сервис аналитики прогнозирования, становится обычным явлением, он связан с анализом большого количества данных с использованием старых данных, традиционной аналитики, текущих тенденций. В сфере недвижимости эта технология выполняет множество жизненно важных функций: находит лучшие места для инвестиций в недвижимость, определяет лучшие лоты для инвестирования, формирует проекты расходов на аренду, оценивает доходность, создает оптимальную стратегию аренды, формирует аналитические отчеты по рынку.

Технология помогает максимально эффективно распоряжаться средствами, зарабатывать и инвестировать вновь по всему миру.

Современные технологии уже сейчас создают потребителя, который ожидает мгновенного удовлетворения и результата, а также не привык ждать и хочет получать информацию сразу по запросу. Точную, качественную и полную.

### Библиографический список

1. Критик А.Б Экономика недвижимости: Учебник. – М.:МГУ, 2012.
2. Брюханова Г.А., Яременко Н.Н. Состояние рынка недвижимости на современном этапе // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки, 2015, №1, с. 285-286.
3. Прокофьев К.Ю. Рынок недвижимости: понятие, анализ (на примере рынка городской жилой недвижимости) // Экономический анализ: теория и практика, 2014, №3, с. 43-45
4. Стерник Г.М. Методология прогнозирования российского рынка недвижимости // Экономика и финансы, 2013, №8, с. 53-54.
5. Регионы России. Социально-экономические показатели. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1138623506156](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1138623506156).
6. Статистика от Росреестра [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://стартпродаж.рф/zhurnal-investora/statistika-ot-rosreestra\\_1/](http://стартпродаж.рф/zhurnal-investora/statistika-ot-rosreestra_1/).
7. Данные компании «Этажи» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ryazan.etagi.com/analytics/>.
8. Аналитические материалы АО «АИЖК» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://дом.рф/wp-content/uploads/2017/>.
9. Ковальчук Ю.А., Степнов И.М. Цифровая экономика: трансформация промышленных предприятий // Инновации в менеджменте, 2017, № 1 (11), с. 32-43.
10. Степнов И.М., Ковальчук Ю.А. Организационные платформы как признак циклических изменений в отрасли (на примере «рор up store») / В сборнике: Управление инновациями - 2017. Материалы международной научно-практической конференции. Под редакцией Р.М. Нижегородцева, Н.П. Горидько. – М., 2017. – с. 99-104.
11. Логинов Е.Л., Райков А.Н. Цифровая экономика: уязвимость к сетевым атакам и возможности обеспечения устойчивости управления // Проблемы рыночной экономики, 2017, №4, с. 4-10.
12. Юрьева А.А. Развитие информационного общества как условие формирования инновационной экономики // Проблемы рыночной экономики, 2016, №4, с. 14-20.
13. Цветков В.А., Степнов И.М., Ковальчук Ю.А., Зоидов К.Х. Динамика развития экономических систем / Под ред. чл.-корр. РАН В.А. Цветкова. - М.: ЦЭМИ РАН / ИПР РАН, 2016. - 380 с.

УДК 621.396; ГРНТИ 47.47

## ОПТИМИЗАЦИЯ АРХИТЕКТУРЫ МИКРОСЕРВИСОВ

**П.Б. Ессонга**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, peyagodson@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются подходы оптимизации архитектуры микросервисов. Приводятся разные паттерны (модели) для оптимизации, их достоинства и недостатки, а также объясняют в каком случае их применить.

## OPTIMIZATION OF ARCHITECTURE OF MICROSERVICES

**P. B. Essonga**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, peyagodson@yandex.ru*

*The summary.* We use approaches to optimize the architecture of microservices. Different patterns (models) for optimization, their advantages and disadvantages are given, and it also explains in which case to apply them.

### Введение

Для разработки веб приложения, важно выбрать архитектуру приложения так как она определит будущую работоспособность приложения. Среди список популярных архитектур

тур применяемые в разработке веб приложений часто используется монолитная где веб приложение полностью замкнуто в контексте поведения но для комплексных приложений (больших проектов) такая архитектура не подходит потому что приложения сильно связаны и становятся запутанными с эволюцией приложения. Альтернативный вариант монолитной архитектуры это микросервисная архитектура, в этой архитектуре приложение разбито в нескольких сервисах (микросервис). В такой архитектуре модули можно легко заменить в любое время, эти модули организованы вокруг функций и такая архитектура симметричная, а не иерархическая: зависимости между микросервисами одноранговые. Для разработки приложения моей выпускной квалификационной работы была выбрана микросервисная архитектура, поэтому в этой статье рассказываю как правильно применить микросервисную архитектуру в комплексном приложении.

### Основное содержание

Композиция программного обеспечения означает способ создания вашего программного продукта. В основном это касается диаграммы архитектуры программного обеспечения высокого уровня, где различные модули вашего программного обеспечения будут взаимодействовать для конкретных бизнес-целей. В микросервисе мы разделяем каждую функцию на один процесс. Каждый из этих сервисов будет независимым и полным стеком по своей природе.

Функциональная декомпозиция играет важную роль в построении ваших микросервисов. Это обеспечивает гибкость, гибкость и масштабируемость для вашего приложения.

### Агрегатор шаблон(Aggregator Pattern)

Агрегаторный паттерн - это самый простой веб-паттерн, который можно реализовать при разработке микросервиса. В этом шаблоне композиции простой веб-модуль будет действовать как балансировщик нагрузки, что означает, что он будет вызывать различные службы в соответствии с требованиями. Ниже приведена схема (рис. 1), изображающая простое микросервисное веб-приложение с дизайном агрегатора. Как видно на следующем рисунке, «Агрегатор» отвечает за вызов различных сервисов один за другим. Если нам нужно применить какую-либо бизнес-логику к результатам службы А, В и С, то мы можем реализовать бизнес-логику в самом агрегаторе.

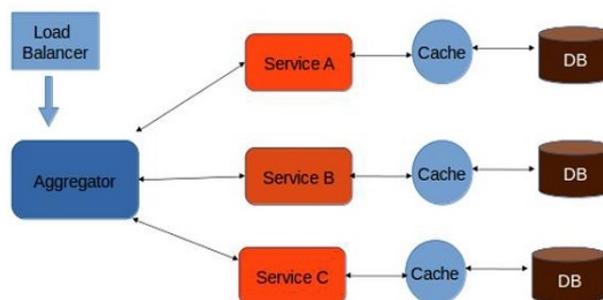


Рис. 1. Простое микросервисное веб-приложение с дизайном агрегатора

Агрегатор может быть снова представлен как другой сервис для внешнего мира, который может использоваться другими при необходимости. При разработке веб-службы шаблонов агрегатора мы должны помнить, что каждый из наших сервисов А, В и С должен иметь свои собственные уровни кэширования, и он должен иметь полный стек по своей природе.

### Прокси шаблон (Proxy Pattern)

Шаблон прокси-микросервиса (рис. 2) - это разновидность модели агрегатора. В этой модели мы будем использовать модуль прокси вместо модуля агрегации. Прокси-сервис может вызывать разные сервисы индивидуально.

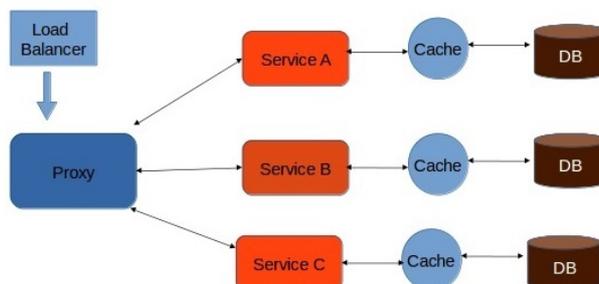


Рис. 2. Шаблон прокси-микросервиса

В шаблоне Proxy мы можем создать один уровень дополнительной безопасности, предоставив слой прокси-сервера дампа. Этот слой действует аналогично интерфейсу.

### Цепной шаблон (Chained Pattern)

Как следует из названия, этот тип композиции будет следовать структуре цепочки. Здесь мы не будем использовать ничего между клиентом и уровнем сервиса. Вместо этого мы позволим клиенту напрямую связываться со службами, и все службы будут объединены в цепочку таким образом, что выходные данные одной службы будут входными данными следующей службы. На следующем рисунке (рис. 3) показан типичный микросервисный шаблон.

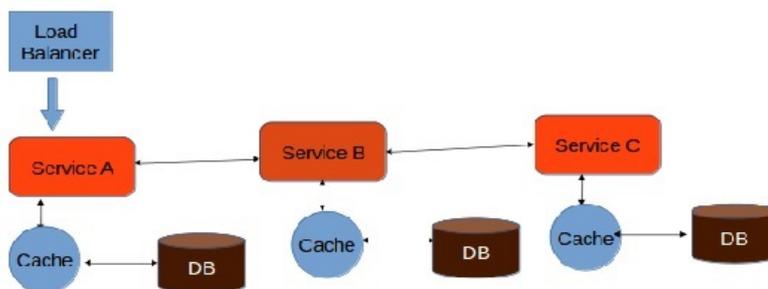


Рис. 3. микросервисный шаблон

Одним из основных недостатков этой архитектуры является то, что клиент будет заблокирован, пока весь процесс не будет завершен. Таким образом, настоятельно рекомендуется, чтобы длина цепи была как можно короче.

### Микросервисная структура филиала (Branch Microservice Pattern)

Микросервис филиалов - это расширенная версия шаблона агрегатора и цепочки. В этом шаблоне проектирования клиент может напрямую общаться со службой. Кроме того, одна служба может одновременно взаимодействовать с несколькими службами. Ниже приведено схематическое представление Филиала Микросервис (рис. 4).

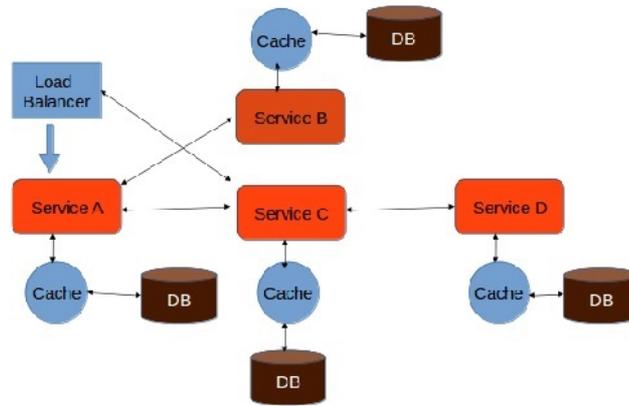


Рис. 4. Схема Филиала Микросервис

Паттерн микросервиса филиала позволяет разработчику динамически настраивать сервисные вызовы. Все сервисные вызовы будут происходить одновременно, что означает, что сервис А может вызывать сервис В и С одновременно.

### Шаблон общих ресурсов(Shared Resource Pattern)

Шаблон общих ресурсов на самом деле представляет собой конгломерат всех типов шаблонов, упомянутых ранее. В этом шаблоне клиент или балансировщик нагрузки будут напрямую связываться с каждым сервисом при необходимости. Это наиболее эффективный шаблон проектирования, который широко применяется в большинстве организаций. Ниже приведено схематическое представление шаблона проектирования Shared Resource (рис. 5).

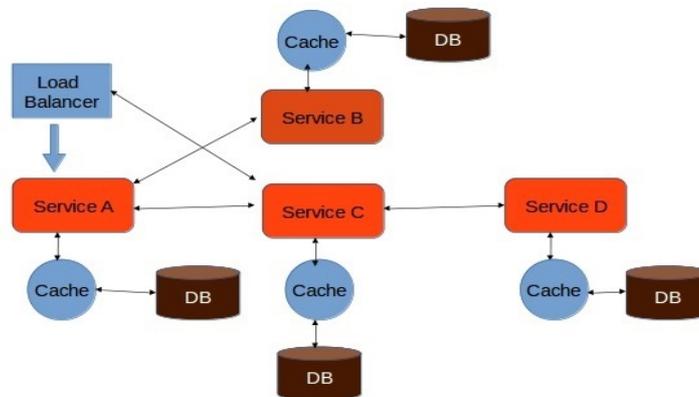


Рис. 5. Схема шаблона проектирования Shared Resource

### Выводы

В данной статье описана микросервисная архитектура в разработке веб приложения для моего выпускной квалификационной работы. Такая архитектура позволяет нам легко писать тесты для каждой модули то есть проще реализовать тестирование приложения. Выбор этой архитектуры позволяет получить более качественное приложение организовано по модулям (микросервисам) которые по возможности выполняют только одну достаточно элементарную функцию по сравнению с монолитной архитектурой.

### Библиографический список

1. Ньюмен С. Создание микросервисов /2016. - 304 с.
4. Бенкен, Е. AJAX. Программирование для Интернета / Е. Бенкен. - М.: БХВ-

Петербург, 2012. - 652 с.

5. Вроблевски, Люк Сначала мобильные! / Люк Вроблевски. - М.: Манн, Иванов и Фербер, 2012. - 300 с.

6. Делессо, К. Создание приложений для Android за 24 часа / К. Делессо, Л. Дарси, Ш. Кондер. - Москва: Гостехиздат, 2015. - 528 с.

7. Дунаев, Вадим Сценарии для Web-сайта. PHP и JavaScript / Вадим Дунаев. - М.: "БХВ-Петербург", 2012. - 576 с.

8. Книга веб-программиста. Секреты профессиональной разработки веб-сайтов / Б. Хоган и др. - Москва: Мир, 2013. - 288 с.

УДК 004.4'2

## **РАЗРАБОТКА ГЛОБАЛЬНЫХ ЛОГИЧЕСКОЙ И ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ**

**Н.С. Афанасьева**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, andrushinakonfetochka@gmail.com*

*Аннотация.* Рассматривается задача разработки и проектирования информационной системы расчета кредитоспособности сельхозпроизводителей. Целью статьи является разработка глобальных логической и физической моделей для данной системы.

*Ключевые слова:* кредитоспособность, сельхозпроизводитель, информационная система, логическая модель, физическая модель.

## **DEVELOPMENT OF GLOBAL LOGICAL AND PHYSICAL MODELS INFORMATION SYSTEM CALCULATION OF CREDITABILITY OF AGRICULTURAL PRODUCERS**

**N.S. Afanaseva**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, andrushinakonfetochka@gmail.com*

*Annotation.* The task of developing and designing an information system for calculating the creditworthiness of agricultural producers is considered. The purpose of the article is to develop global logical and physical models for this system.

*Keywords:* creditworthiness, agricultural producer, information system, logical model, physical model.

По данным Росстата объем производимой продукции малыми формами хозяйствования составляет около 50% продукции сельскохозяйственной отрасли в целом. Например, в 2016 г. производство молока в малых формах хозяйствования составило 51% объема производства молока в хозяйствах всех категорий, в том числе производство молока в крестьянских (фермерских) хозяйствах, включая индивидуальных предпринимателей, увеличилось до 2,2 млн. т в 2016 г. Помимо этого, малое предпринимательство в аграрном секторе обеспечивает заселение сельских территорий и занятость населения, что играет селообразующую функцию, а также способствует дальнейшему развитию местных бюджетов и сохраняет земельные ресурсы от их деградации [1].

Поэтому, одним из мероприятий, обеспечивающим рост производства и объема реализации сельскохозяйственной продукции, производимой малыми формами хозяйствования на селе, является государственная поддержка кредитования малых форм хозяйствования. В Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 гг. субсидирование части процентной ставки по кредитам и займам является одной из основных форм поддержки отрасли.

В этих условиях возникает острая необходимость в оценке кредитоспособности потенциальных получателей банковского кредита, которая может быть выполнена только при наличии соответствующей информационной системы. Информационная система является не только набором услуг, но и важнейшим компонентом бизнес-процессов [2].

Создание информационной системы – сложный и многоступенчатый процесс, который содержит фазу информационного моделирования.

Существуют две точки зрения на информационную модель и, соответственно, два уровня моделирования [3].

Первый – логический уровень. Это абстрактный взгляд на данные. На нем используются данные в таком виде, в каком они известны в реальном мире. Объектам модели (сущностям и атрибутам) даются имена, понятные широкому кругу специалистов. Логическая модель данных является универсальной и никак не связана с особенностями реализации конкретной системы управления базой данных (СУБД). Это позволяет экспертам в различных предметных областях свободно обсуждать и всесторонне оценивать проектируемую модель данных.

Второй – физический уровень – определяет представление информации в базе данных (БД). На физическом уровне объекты модели должны обозначаться так, как того требуют ограничения выбранной СУБД. Если в логической модели не имеет принципиального значения, какой конкретно тип данных имеет атрибут, то в физической модели важно описать всю информацию о таблицах, колонках, индексах, процедурах и т.д. Обычно такую модель создают специалисты по СУБД.

Разработка информационной модели начинается с создания логической модели. На логическом уровне проектирование выполняется путем выделения сущностей, атрибутов сущностей и взаимосвязей между сущностями. Логическая модель независима от особенностей физической реализации объекта [4].

На рисунке 1 представлена глобальная логическая ER-модель исходной базы данных.

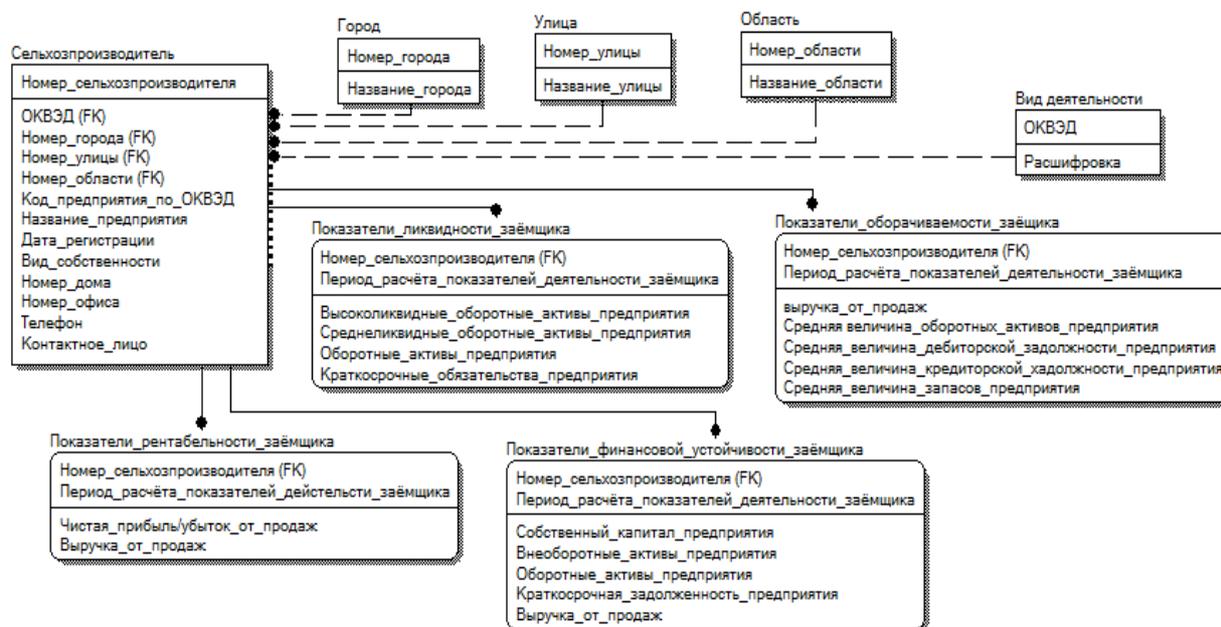


Рис. 1. Глобальная логическая ER-модель

Логическая модель данных является источником информации для физического проектирования.

Физическая модель базы данных определяет способ размещения данных в среде хранения и способы доступа к этим данным, которые поддерживаются на физическом уровне [5].

Построение физической модели базы данных производится на основе логической модели, путем создания отдельной таблицы для каждой сущности. Связи между таблицами создаются так же, как на логическом уровне.

На физическом уровне объекты базы данных (таблицы, колонки и т.д.) должны называться, как этого требуют ограничения выбранной системы управления базой данных (СУБД).

В результате разработки была получена физическая модель данных, внешний вид которой представлен на рисунке 2.

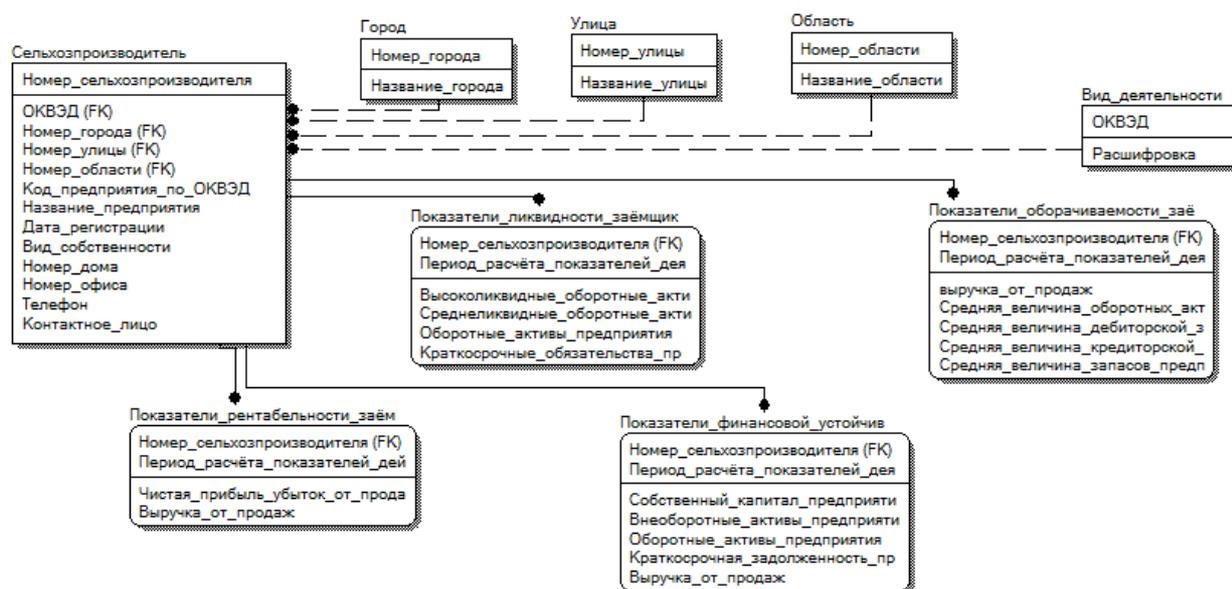


Рис. 2. Глобальная физическая ER-модель

Физическая модель зависит от конкретной СУБД, поэтому одной и той же логической модели может соответствовать несколько физических моделей.

Таким образом, в рамках данной статьи были разработаны логическая и физическая модели, которые являются основой для проектирования базы данных разрабатываемой информационной системы.

### Библиографический список

1. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2016 г. Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 – 2020 годы» [Электронный ресурс] – <http://mcs.ru/upload/iblock/e1c/e1ca23b6bd685c961ed636284f6f18fe.pdf>
2. Долганова О.И., Виноградова Е.В., Лобанова А.М. Моделирование бизнес-процессов. – М.: Юрайт, 2016
3. Цуканова О. А. Методология и инструментарий моделирования бизнес-процессов: учебное пособие – СПб.: Университет ИТМО, 2015 – 100 с.
4. Карпова, Т.С. Базы данных. Модели, разработка, реализация / Т.С. Карпова. – М.: СПб: Питер, 2015. – 304 с.
5. Рассел, Джесси. ER-модель данных / Джесси Рассел. – М.: VSD, 2012. – 467 с.

## СЕКЦИЯ «ЭВМ И СИСТЕМЫ»

УДК 004.42; ГРНТИ 50.50

### РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ПРОВЕРКИ ЗНАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЕТЕНЦИЙ

Н.Н. Степанов

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, nikita.stepanov150@gmail.com*

*Аннотация.* В работе рассматривается разработка приложения проверки знаний, причины его использования и возможная модель.

*Ключевые слова:* компетенция, веб-приложение, проверка знаний.

### DEVELOPMENT OF A KNOWLEDGE VERIFICATION WEB APPLICATION BY USING COMPETENCES

N.N.Stepanov

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, nikita.stepanov150@gmail.com*

*The summary.* The paper discusses the development of a knowledge application, the reasons for its use and a possible model.

*Keywords:* competence, web-application, quiz

В наше время новые технологии проникают во все сферы деятельности. В сфере информационных технологий, чтобы оставаться востребованным специалистом на рынке, необходимо постоянно изучать что-то новое и совершенствовать свои навыки, так как тенденции имеют свойство изменяться каждый месяц. Для языков программирования стало уже нормой выпускать мажорные обновления каждые 3-6 месяцев, которые приносят что-то новое и полезное. Одно из таких обновлений может кардинально изменить существующий подход к разработке. Популяризация большого количества фреймворков (фреймворк – программное обеспечение, облегчающее разработку, также может определять архитектуру программной системы) на той или иной платформе.

В настоящее время недостаточно знать только какой-либо язык программирования. Необходимо также войти во все современные общепринятые стандарты отрасли, коих за почти 15 лет накопилось немало. Стать инженером, который может правильно анализировать ситуации и принимать дальновидные решения. Сложность технологий постоянно увеличивается. Не всегда можно самостоятельно разобрать каждый аспект. Порой необходимо рассмотреть использование того или иного функционала с разных сторон, приняв во внимание все их плюсы и минусы. Не бывает идеальных ситуаций. Поэтому высококвалифицированные специалисты обязаны разбираться во всех имеющихся стандартах, иметь ввиду все аспекты и тонкости современной разработки. Из-за высоко поднятых требований к специалистам процесс обучения новых разработчиков уже должен учитывать современные требования к знаниям, также необходимо идти в ногу со временем, постоянно изменяя курс.

В вузах существует возможность использования компетенций, которые помогают понять к чему именно готовят студентов, какой спектр задач они могут решать, какие технологии они освоили, с какими трудностями они могут столкнуться.

Проблема возникает в том, что в данный момент очень сложно оценить каждого студента – к нему нужен индивидуальный подход преподавателя: необходимо проверить ответы; присвоить заданиям компетенции; выставить баллы за задание; вычислить полученную оценку в баллах. К тому же в программировании не существует однозначно правильного и неправильного решения. Та же самая задача вполне может решиться миллионом способов. Высококвалифицированный специалист должен уметь принять во внимание все достоинства и недостатки выбранной архитектуры и как следует проработать ее использование. Для этого

необходимо качественно анализировать каждое предложенное решение. Такой пристальный подход занимает очень много времени, хотя и дает положительные результаты. И необходимо понимать, что только тестирование разработчиков программного обеспечения – крайне неверный способ судить о его квалификации. Для этого лучше всего также давать тестовое задание и смотреть как он может справляться с возникшими трудностями и поставленными задачами: знает ли он где можно самостоятельно найти ответ на вопрос и решить задачу, умеет ли пользоваться документацией по языкам программирования, насколько хорошо ему известна платформа, под которую он разрабатывает приложения, насколько хорошо он владеет сопутствующими инструментами, которые уже стали стандартом. Все это накладывает ограничения на преподавателя и его рабочее время.

Хорошо подходит для этого автоматизированные системы непрерывной интеграции. Когда студент загружает задание, она автоматически осуществляет проверку задания на соблюдение общепринятых правил оформления кода, поиск типичных слабых мест. Имеется возможность написать собственное правило анализа и построения приоритетов. Такие системы общеприняты и стали стандартом разработки. На основе отчетов от системы анализа качества кода можно судить о качестве работы. Эти системы позволяют не заниматься преподавателю рутинной работой - искать типичные ошибки, например:

- название класса с маленькой буквы;
- название переменной с большой буквы;
- имя метода с большой буквы;
- неверный регистр для констант;
- неинформативные имена переменных и компонентов;
- неверное форматирование;
- типичные неверные примеры использования исключений;
- статическая проверка на возможные исключения;
- возможное наличие копирайтов или лицензии;
- какие-либо другие особенности конкретных языков программирования.

Разрабатываемое веб-приложение является системой, которая агрегирует в себе все качества, как для промышленной разработки, так и для проверки знаний студентов. Оно снижает нагрузку преподавателя на тех задачах, которые можно автоматизировать. Тогда преподаватель будет заниматься работой в качестве эксперта – необходимо проставить компетенции по каждому курсам или тестам, а приложение в автоматическом режиме оценит их. Что увеличивает производительность и качество работы. Также довольно полезным является факт возможности накопления статистики, появляется возможность исследовать зависимости от того или иного подхода к преподаванию. Например, решили изменить курс, после этого произвели тестирование, получили статистику. Это открывает возможности к дополнительным исследованиям.

Целью данной работы является разработка веб-приложения проверки знаний с использованием и оценивания его компетенции:

- использовать набор курсов в качестве исходных данных;
- преподаватель выставляет компетенции заданиям;
- работодатель может просмотреть компетенции каждого студента;
- хранить историю решения задач, в том числе и неудачные попытки;
- провести тестирование студента в соответствии с курсом и заданиями;
- уведомлять преподавателя о статусе прохождения курса студентом;
- выдать результат тестирования;
- иметь графический интерфейс;
- иметь возможность загрузки оценок из внешних систем;

- необходимо иметь возможность интегрироваться со всеми известными системами для выгрузки каких-либо данных;
- высокую отказоустойчивость;
- возможность следить за активностью пользователя;
- вести аудит событий;
- простая навигация по имеющемуся материалу;
- вести статистику прохождения каждого задания в отдельности;
- легкую расширяемость.

Веб-приложение должно иметь следующую ролевую модель:

- студент – решает задания, проходит определенные курсы;
- преподаватель – составляет индивидуальный план обучения, присваивает заданиям компетенции, выгружает курсы из внешних систем, загружает оценки из других систем оценки компетенций;
- работодатель – просматривает компетенции студента, участвует в составлении курсов с точки зрения необходимых практических навыков.

Главной сущностью является курс. Имеется возможность динамически создавать любой из объектов внутри системы. Курс состоит из нескольких заданий. Каждое задание может быть с выбором ответа. Задание включает в себя следующие составляющие:

- формулировка;
- теоретический материал;
- пример выполнения задания.

Веб-приложение будет разработано на языке Java [1] и JavaScript [2]. В качестве основной архитектуры разработки был выбран микросервисный подход [3]. Архитектурный стиль микросервисов — это подход, при котором единое приложение строится как набор небольших сервисов, каждый из которых работает в собственном пространстве и взаимодействует с остальными, используя различные механизмы, например HTTP или Message Queue (очереди сообщений) [4]. Эти сервисы построены вокруг потребностей и развертываются независимо с использованием полностью автоматизированной среды. Например, довольно популярным решением является kubernetes от Google [5] – оркестратор контейнеров с открытым исходным кодом для автоматизирования развертывания приложений, с возможностью быстрого горизонтального масштабирования, управления, сбора различных метрик. Существует минимум централизованного управления этими сервисами. Сами по себе эти сервисы могут быть написаны на разных языках и использовать разные технологии хранения данных.

Приложение будет разработано в рамках выпускной квалификационной работы магистранта. Планируется внедрение веб-приложения в учебный процесс [6].

### Библиографический список

1. Блинов И.Н., Романчик В.С. Java. Методы программирования: учеб.-метод. пособие. – Минск: Изд-во «Четыре четверти», 2013. – 896 с.
2. David Herman. Effective JavaScript. Addison-Wesley, 2011. – 950 с.
3. Eberhard Wolff. Microservices: Flexible Software Architecture. 2016. – 1026 с.
4. Gwen Shapira, Todd Palino. Kafka: The Definitive Guide: Real-Time Data and Stream Processing at Scale, O'Reilly Media, Inc, 2017. - 836 с.
5. Kelsey Hightower, Brendan Burns, Joe Beda. Kubernetes: Up and Running: Dive Into the Future of Infrastructure. 2017. – 650 с.
6. Пруцков А.В. Особенности преподавания промышленной разработки программных продуктов в технических вузах // В сборнике: Современные технологии в науке и образовании - СТНО-2017 сборник трудов II Междунар. науч.-техн. и науч.-метод. конференции: в 8 т. Ряз. гос. радиотехн. ун-т. 2017 - С. 35-36.

УДК 004.9

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ РЕДУКЦИИ РАЗМЕРНОСТИ В ЗАДАЧЕ СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В. В. Булгаков

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, vladimir110196@mail.ru*

*Аннотация.* Рассматривается метод редукции размерности с помощью развёрток Пеано-Гильберта в корреляционно-экстремальных навигационных системах, и сравнивается эффективность его применения по отношению к методу полного перебора.

*Ключевые слова:* поиск глобального экстремума, редукция размерности, развёртка Пеано-Гильберта, корреляционно-экстремальная навигационная система, критериальная функция, текущее изображение.

## USAGE OF THE DIMENSIONALITY REDUCTION METHODS IN COMBINING IMAGES TASK

V. V. Bulgakov

*Ryazan State Radio-Engineering University,  
Russian Federation, Ryazan, vladimir110196@mail.ru*

*Annotation.* The study considers the algorithm using dimensionality reduction by Peano-Hilbert scanning considered in correlational-extremal navigational systems. The full search method used as a local method.

*Keywords:* global extremum search, dimensionality, Peano-Hilbert scanning, correlational-extremal navigational system, criterion function, current image, reference image.

В корреляционно-экстремальных навигационных системах (КЭНС) летательных аппаратов (ЛА) наибольшим по временной сложности является этап корреляционной привязки текущего (ТИ) и эталонного изображений (ЭИ). Он оказывает существенное влияние на сложность проектирования заказных СБИС процессоров бортовой ЭВМ КЭНС. На этом этапе ключевую роль играет метод поиска глобального экстремума (ГЭ) целевой функции (ЦФ), достигающей своего максимума при наилучшем совмещении ТИ и ЭИ [1]. Рисунок 1 иллюстрирует характерный вид этой функции при корреляционном совмещении этих изображений, полученных от бортовой РЛС. В качестве ЦФ выбрана нормированная корреляционная функция:

$$F(x, y) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} f_{ЭИ}(i, j) \cdot f_{ТИ}(i+x, j+y)}{\sqrt{\left[ \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} f_{ЭИ}^2(i, j) \right] \times \left[ \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} f_{ТИ}^2(i+x, j+y) \right]}}$$

где  $f_{ЭИ}(i, j)$ ,  $f_{ТИ}(i, j)$  – яркость эталонного и текущего изображений в точке  $(i, j)$ ;  
M, N – размеры ЭИ [1].

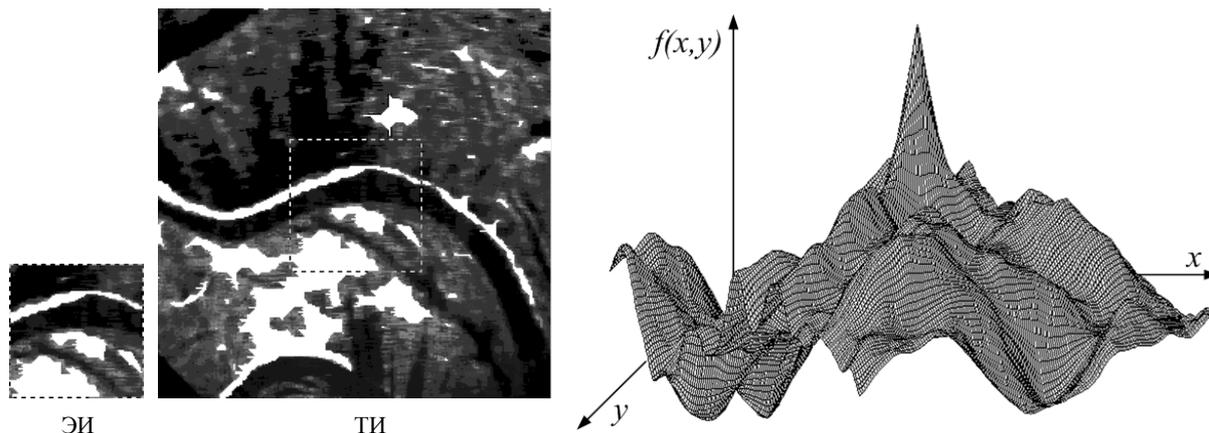


Рис. 1. Характерный вид целевой функции при совмещении ТИ и ЭИ

Для решения многомерных многоэкстремальных задач используется замена исходной задачи на решение одной или нескольких более простых задач.

Из всех методов поиска глобального экстремума: методы сканирования области локального поиска (сетки и методы покрытий), методы локального поиска из случайных начальных точек, методы искусственного отбора и методы с редукцией размерности, для исследования были выбраны методы с редукцией размерности, сводящие многомерные задачи к одномерным – такая редукция может быть выполнена с помощью развёрток Пеано.

Известно, что отрезок  $[0, 1]$  вещественной оси может быть однозначно и непрерывно отображён на гиперкуб  $D \subset R^N$ . Отображения подобного рода обычно называются кривыми Пеано. Пусть есть кривая Пеано. Тогда из непрерывности  $\varphi(y)$  и  $y(x)$ , и равенства

$$D = \{y(x) : 0 \leq x \leq 1\} \quad (1)$$

следует, что

$$\min_{y \in D} \varphi(y) = \min_{x \in [0,1]} \varphi(y(x)) \quad (2)$$

то есть решение многомерной задачи минимизации  $\varphi(y)$  сведена к минимизации одномерной функции  $\varphi(y(x))$ .

Формула (или иначе схема) редукции (2) должна обеспечивать построение постепенно уплотняющейся под определённую точность неравномерной сетки во всей области  $D$ , поэтому в случае прекращения вычислений будет получена оценка минимума на всей области  $D$  (но при условии, что точность будет меньше, чем была задана) [2].

Существуют следующие виды развёрток: а) спиральная, б) телевизионная и в) развёртка типа Пеано-Гильберта (рис. 2).



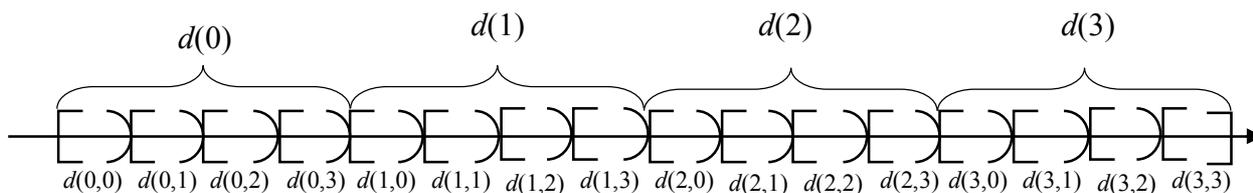


Рис. 4. Вытягивание развёртки в прямую

Кривая Пеано-Гильберта нашла применение в составлении карты сети Internet, в котором, большую часть сегмента сети использует адреса четвёртой версии протокола IP (IPv4).

В качестве локального метода поиска используется метод полного перебора, который заключается в последовательной настройке всевозможных положений ЭИ на ТИ. Выполняется он путём задания координат верхнего левого угла ЭИ на ТИ и вычисления значения критериальной функции для каждого положения ЭИ.

При проведении исследований на первом этапе был использован метод редукции при помощи развёртки Пеано-Гильберта, а на втором – метод полного перебора.

Целью испытаний являлось сравнение метода редукции размерности с использованием развёртки Пеано-Гильберта и метода полного перебора, и выбор наилучшего, который соответствует техническим требованиям КЭНС.

При решении задачи, поставленной в исследовании, требовалось определить такие настройки метода редукции размерности, которые обеспечат максимальную точность привязки координат ЭИ и ТИ при наименьшем возможном количестве вызовов ЦФ. Исследования проводились для ТИ размером 260×260 и для ЭИ различных размеров, которые задаются пользователем в процентах от размера ТИ или в пикселях.

Для экспериментального сравнения эффективности метода редукции размерности был проведён ряд испытаний для определения зависимости надёжности и точности нахождения ГЭ ЦФ от количества вычислений ЦФ и от количества разбиений  $m$ .

Эксперименты были разбиты на серии в зависимости от размера ТИ (33%, 50% или любое другое число процентов, а также произвольное количество пикселей от линейных размеров ЭИ). В качестве ТИ были использованы BMP-файлы с отфильтрованным и кластеризованным РЛИ 260×260 пикселей.

На рисунке 5 приведена зависимость вероятности правильного совмещения изображений от числа разбиений при размере ЭИ 50% от ТИ.

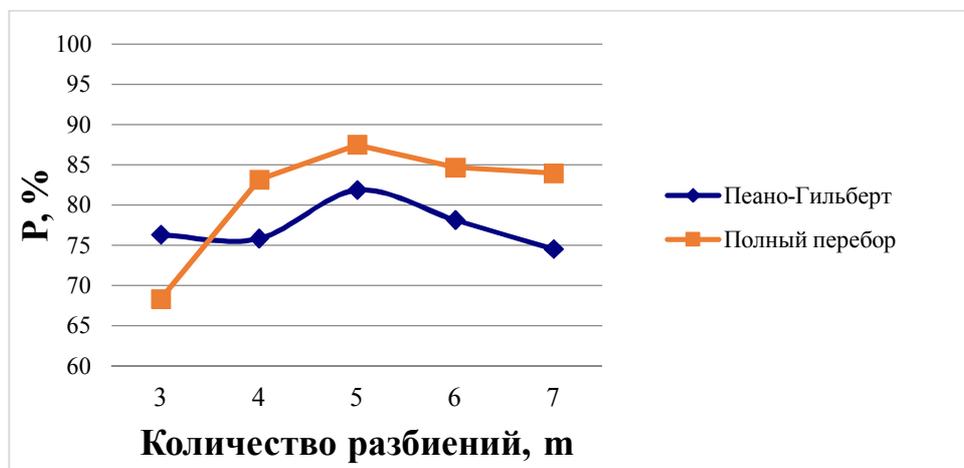


Рис. 5. Зависимость вероятности правильного совмещения изображений от числа разбиений при размере ЭИ 50% от ТИ

Из приведённого выше рисунка следует, что при малом количестве разбиений ( $m \leq 3$ ) метод редукции размерности лишь даёт приближённое значение истинного глобального экстремума. Чтобы улучшить результат, нужно применить второй этап – метод локального поиска в окрестности ГЭ, где определяется область, в которой он находится методом полного перебора.

На рисунке 6 приведена зависимость количества вызовов ЦФ от числа разбиений.

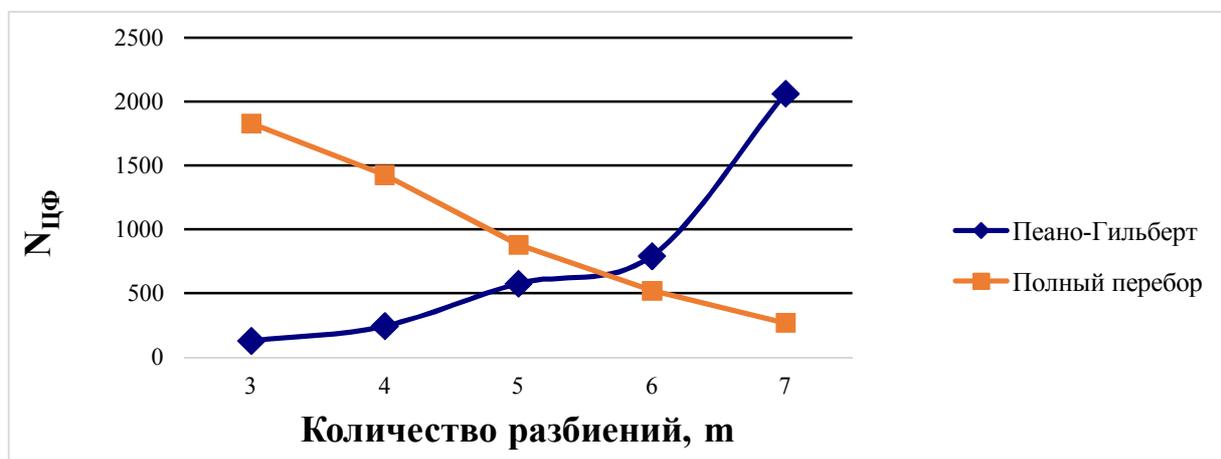


Рис. 6. Зависимость количества вызовов ЦФ от числа разбиений

На рисунке 6 видно, что при большем количестве разбиений  $m$  количество вызовов ЦФ для метода редукции размерности возрастает, а для метода полного перебора – наоборот, уменьшается. Это связано с тем, что полный перебор действует в рамках выделенной ему области, поэтому с уменьшением области, количество итераций полного перебора также уменьшается в этой же степени.

На рисунке 7 приведена зависимость вероятности попадания в ГЭ для алгоритма с редукцией размерности и метода полного перебора на втором этапе от количества вызовов ЦФ при размере ЭИ 50% от ТИ.

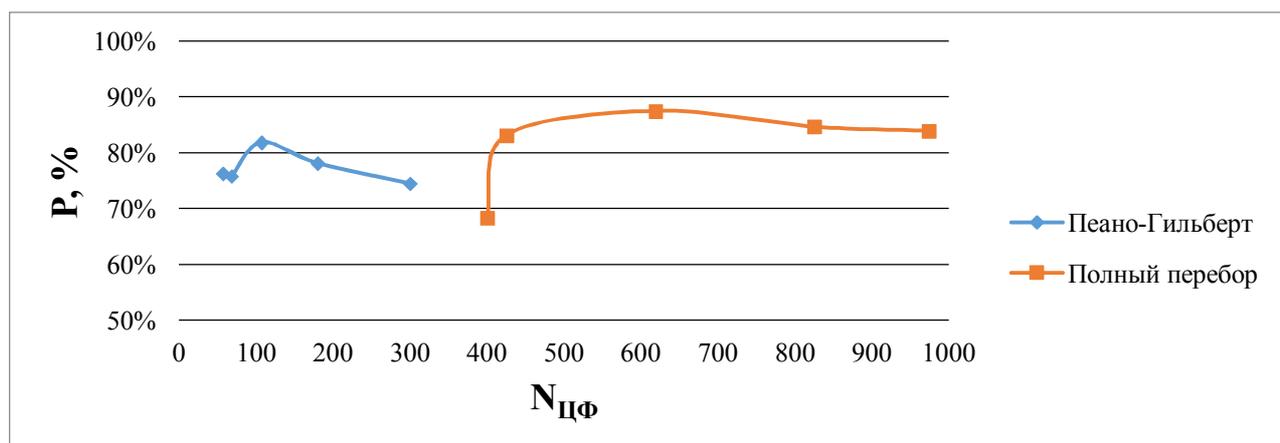


Рис. 7. Зависимость вероятности правильного совмещения изображений от количества вызовов ЦФ

Рисунок 7 отражает итог эксперимента, объединяя результаты, представленные на рисунках 5 и 6.

### Выводы

На этапе локального поиска вероятность правильного совмещения методом полного перебора выше, чем при использовании метода редукции размерности. Но метод редукции размерности менее трудоёмкий, потому что требует меньшего количества вызовов ЦФ, и позволяет использовать его в системах, где точность не так важна, как быстрдействие.

### Библиографический список

1. Математическое и алгоритмическое обеспечение методов глобальной оптимизации при совмещении изображений: учеб. пособие / С.И. Елесина, А.А. Логинов, М.Б. Никифоров; Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань, 2014. 80 с.

2. Стронгин Р. Г. Численные методы в многоэкстремальных задачах (информационно-статистические алгоритмы). Серия: «Оптимизация и исследование операций». М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1978. 240 с.

УДК 681.391; ГРНТИ 50.33

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОРРЕКЦИИ ОШИБОК ДЛЯ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

Чан Туан Зунг

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, dungdk4@gmail.com*

*Аннотация.* В работе рассматриваются современные методы коррекции ошибок для систем хранения данных. Приводятся их основные характеристики, обсуждаются достоинства, недостатки и области применения.

*Ключевые слова:* методы коррекции ошибок, коды Рида-Соломона, символьные самоортогональные коды, недвоичные многопороговые декодеры.

## MODERN METHODS OF CORRECTION OF ERRORS FOR DATA STORAGE SYSTEMS

Tran Tuan Dung

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, dungdk4@gmail.com*

*The summary.* The paper discusses modern error correction methods for data storage systems. The main characteristics, advantages, disadvantages and areas of application are given.

*Keywords:* error correction methods, Reed-Solomon codes, symbolic self-orthogonal codes, non-binary multithreshold decoders.

В настоящее время системы обработки, передачи и хранения информации постоянно развиваются. Однако на передачу сигнала сильно влияют помехи различной физической природы. Это приводит к тому, что существенно повышается вероятность неправильного приема сигнала, поскольку одним из важнейших требований является обеспечение надежности и безошибочность обработки, передачи и хранения цифровых данных. Одним из наиболее эффективных способов решения данной задачи является применение помехоустойчивых кодов [1].

В настоящее время существует много методов коррекции ошибок для систем хранения данных, которые должны работать с данными на уровне символов. Самыми распространенными кодами, позволяющими корректировать символьные ошибки, являются коды Рида – Соломона (РС) [2]. Так же одними из наиболее перспективных являются символьные самоортогональные коды, для декодирования которых применяются недвоичные многопороговые декодеры [3], которые оказываются значительно проще и эффективнее декодеров для кодов Рида-Соломона. В данной статье мы рассмотрим принцип работы, особенности использования, а также достоинства и недостатки этих двух методов.

### Коды Рида-Соломона

Коды РС являются наиболее простым и универсальным методом коррекции ошибок для систем хранения данных. Коды РС используются во многих системах, включая цифровые протоколы связи, такие как DSL, запоминающие устройства, такие как DVD и CD и т.д., форматы штрих-кода, такие как QR-коды, спутниковая связь.

Коды РС имеют максимальную длину  $n=2^M-1$ , где  $M$  – размер символов в битах, и при использовании  $2t$  проверочных символов они позволяют исправить до  $t$  символьных ошибок. Для декодирования кодов РС используются широкие известные алгебраические методы, например, основанные на алгоритмах Берлекампа-Мессис или Евклида. Эти алгоритмы имеют сложность, пропорциональную  $n^2$ , где  $n$  – длина кода РС. Следовательно, они плохо подходят для декодирования длинных кодов. На рисунке 1 представлены характеристики кодов РС для однобайтовых и двухбайтовых символов с различными параметрами при кодировочной скорости  $1/2$ . На данном рисунке используются обозначения:  $R$  – кодировочная скорость,  $q=2^M$  – число возможных значений символа,  $P_0$  – вероятность символьной ошибки в канале,  $P_s$  – средняя вероятность символьной ошибки после декодирования.

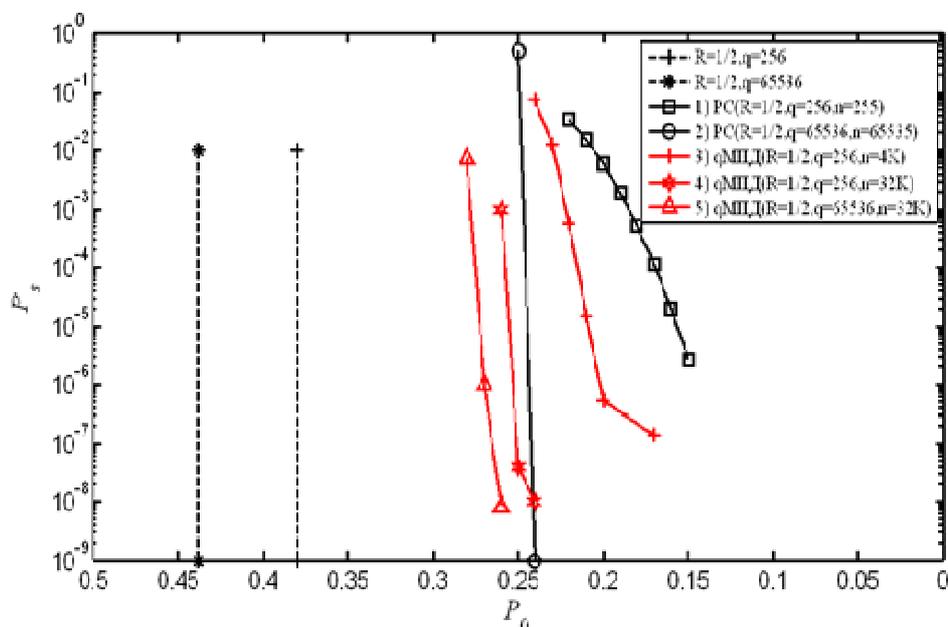


Рис.1. Характеристики декодера для кодов РС и недвоичных многопороговых декодеров при использовании однобайтовых и двухбайтовых символов при кодировочной скорости  $R=1/2$  [1]

Кривые 1 и 2 показывают характеристики кодов РС при использовании однобайтовых и двухбайтовых символов (длина этих кодов равна 255 и 65535 символов соответственно). Отметим, что при кодировочной скорости  $R=1/2$  и применении однобайтовых символов можно теоретически работать при  $P_0=0.375$ . Однако, как видно из рисунка, характеристики кодов Рида-Соломона оказываются слишком далекими от теоретически возможных. Это объясняется тем, что однобайтовые коды Рида-Соломона являются короткими и поэтому малоэффективными. Декодеры более длинных кодов РС для двухбайтовых символов намного сложнее, чем однобайтовых. И при этом их эффективность так же далека от теоретически возможной.

На рис. 2 представлены характеристики кодов РС для однобайтовых и двухбайтовых символов для более высокой кодировочной скорости  $R=7/8$  и  $19/20$ . Отметим, что и в данном случае графики эффективности кодов РС лежат значительно правее теоретических возможностей помехоустойчивых кодов, представленных на рисунке пунктирами. Таким образом, де-

кодеры кодов Рида-Соломона являются наиболее простым, универсальным и эффективным методом коррекции символьных ошибок только для коротких недвоичных кодов.

### Недвоичные многопороговые декодеры

Одним из вариантов повышения эффективности декодирования символьных данных является использование недвоичных многопороговых декодеров ( $q$ МПД), которые используются для декодирования символьных самоортогональных кодов (СОК). Отметим, что в СОК длина кода и размер символа не связаны друг с другом. Кроме того, сложность декодеров  $q$ МПД линейно зависит от длины кодов. Поэтому  $q$ МПД могут использоваться для декодирования сколько угодно длинных кодов с любым размером символа.

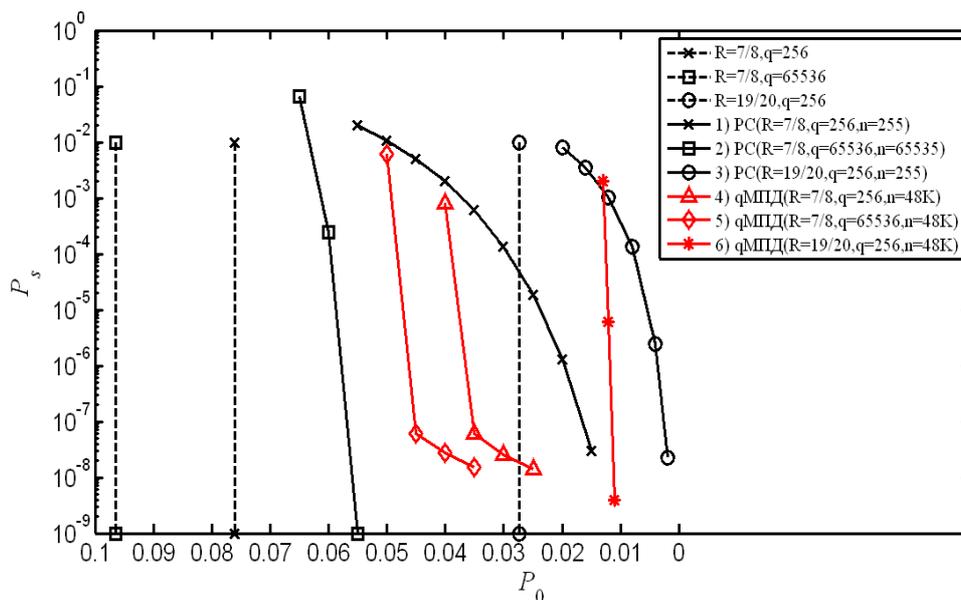


Рис.2. Характеристики декодера кодов РС и недвоичных многопороговых декодеров для однобайтовых и двухбайтовых символов при кодовой скорости  $R=7/8$  и  $19/20$  [1]

На рисунке 1 кривые 3 и 4 показывают характеристики недвоичных многопороговых декодеров для однобайтовых кодов длиной около 4000 и 32000 символов соответственно. Кривая 5 на этом же рисунке показывает характеристики недвоичных многопороговых декодеров для двухбайтовых кодов длиной около 32000 символов. Отметим, что  $q$ МПД позволяют исправлять значительно большую долю ошибок в канале по сравнению с декодерами кодов РС.

Кривые 4 и 5 на рис. 2 показывают характеристики недвоичных многопороговых декодеров для однобайтовых и двухбайтовых кодов, соответственно, при кодовой скорости  $R=7/8$ . Отметим, что недвоичные многопороговые декодеры для двухбайтовых символов оказываются не сложнее, чем однобайтового. Кривая 6 показывает характеристики недвоичных многопороговых декодеров для однобайтовых символов при кодовой скорости  $R=19/20$ . Заметим, что и при более высокой кодовой скорости  $q$ МПД оказываются лучше декодеров кодов РС.

Отметим, что эффективность  $q$ МПД может быть еще улучшена. В качестве примера рассмотрим новую схему дивергентного декодирования символьного свёрточного СОК с кодовой скоростью  $R=1/2$  [4]. Предлагаемая там схема дивергентного кодирования, т.е. метода некаскадного увеличения кодового расстояния  $d$  давала для используемого кода пример увеличения  $d$  на единицу. Ниже предложен способ реализации дивергенции для случая увеличения  $d$  на значительно большую величину, на 5, 7 и более, причём, также без использования методов каскадирования. Крайне ценно, если алгоритм декодирования сможет реализо-

вать декодирование по максимуму правдоподобия и для нового кода со значительно возросшим  $d$ , т.е. наилучшее из возможных оптимальное декодирование (ОД). Фактически для этого предлагаемая схема должна использовать порождающий полином, в котором проверки сгруппированы у начала и у его конца, например, так:  $P=(0,1,4,6,201,205,217,231)$ , тогда как в первоначальной версии описания идей дивергенции такой полином оканчивался максимальной степенью 201.

Предлагаемая схема с большим приростом  $d$  потребовала ещё более глубокого анализа размножения ошибок (РО) в новом коде и аккуратного выбора вероятности символьной ошибки, для которой проводилась далее индивидуальная настройка параметров кодов. На рис. 3 представлены графики зависимости полученных дивергентных схем кодирования в  $q$ -ичном симметричном канале с алфавитом  $q=2^{16}$ . Кривая 1 соответствует СОК с  $d=13$ , а кривая 2 – коду с  $d=19$ . Задержка решения символьного МПД второго кода составляет 1.2 млн. информационных символов, его скорость декодирования  $\sim 10$  тыс. двухбайтовых символов/с при  $I=150$  итерациях. В обоих случаях символьный МПД реализует характеристики ОД для использованных кодов, но при собственной линейной, т.е. теоретически минимальной сложности. Особенно это впечатляет с учётом того, что для больших размеров алфавитов  $q$ -ичного симметричного канала, т.е. при  $q \gg 1$ , построить хоть в какой-то степени эффективный алгоритм Витерби вообще невозможно.

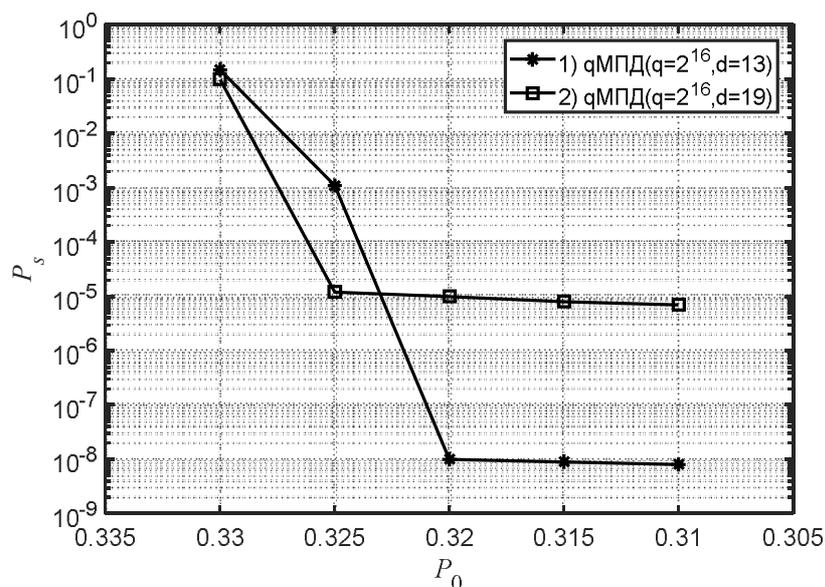


Рис. 3. Характеристики дивергентных недвоичных многопороговых декодеров для двухбайтовых символов при кодовой скорости  $R=1/2$

Таким образом, недвоичные многопороговые декодеры являются наиболее простым и эффективным методом коррекции ошибок для систем хранения больших объемов цифровых данных.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Рязанской области (грант №18-47-620001).

### Библиографический список

1. Овечкин Г.В., Помехоустойчивое кодирование символьной информации в цифровых системах передачи и хранения данных 2006.
2. Золотарев В.В., Овечкин Г.В. Помехоустойчивое кодирование. Методы и алгоритмы. Справочник. М.: Горячая линия – Телеком, 2004.
3. Многопороговые декодеры. Веб-сайт ИКИ РАН [www.mtdbest.iki.rssi.ru](http://www.mtdbest.iki.rssi.ru).

4. Золотарёв В.В., Овечкин Г.В. Дивергентное кодирование свёрточных кодов // Материалы 18-й Международной научно-технической конференции «Проблемы передачи и обработки информации в сетях и системах телекоммуникаций», 2015, с. 27–32.

УДК 004.932; ГРНТИ28.23.15

## ОБЗОР МЕТОДОВ ТРИАНГУЛЯЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЛАКОВ ТОЧЕК

Н.А. Елагина

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, Nattalel@yandex.ru*

*Аннотация.* В статье рассматриваются основные алгоритмы восстановления поверхностей по трехмерным облакам точек. Проблема восстановления поверхности из облака точек возникает в различных областях компьютерной графики, одной из которых является анализ данных, полученных с 3D сканера.

*Ключевые слова:* облако точек, трехмерная модель, триангуляция Делоне, альфа-форма, поворотные шары.

## OVERVIEW OF ALGORITHMS FOR RECONSTRUCTING SURFACES IN THREE-DIMENSIONAL POINT CLOUD

N.A. Elagina

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, Nattalel@yandex.ru*

*The summary.* The article deals with the basic algorithms of surface reconstruction by three-dimensional point clouds. The problem of restoring a surface from a point cloud arises in many areas of computer graphics, one of which is the analysis of data obtained from a 3D scanner.

*Keywords:* point cloud, three-dimensional model, Delaunay triangulation, alpha shape, turning balls.

С каждым днем информационные технологии все больше и больше внедряются в нашу жизнь. Стала появляться необходимость в создании виртуальной проекции объектов. Одной из важнейших задач является создание и получение точной трёхмерной цифровой модели. Такие модели находят применение в самых различных областях таких как, медицина, дизайн, компьютерная графика и др. Можно привести много примеров использования трехмерных моделей, одним из них является сканирование помещения для виртуального представления будущего дизайна.

Существуют различные способы получения данных, для построения трехмерных моделей объектов. Общей чертой существующих методов является формирование облака точек для получения трехмерной модели. Облако точек дает возможность описывать поверхности объектов и их взаимное расположение в пространстве.

В последние годы наблюдается распространение сканирующего оборудования и алгоритмов синтеза моделей из сканированных данных.

Облака точек формируются на основании необработанных данных, приобретенных путем сканирования физических объектов, например, с применением лазерных сканирующих устройств. В последствии эти сведения требуется модифицировать в пригодные для чтения и дальнейшей обработки файлы облаков точек.

Характеристиками отображения облаков точек можно управлять, чтобы упростить представление и повысить производительность. Для того, чтобы более наглядно представить данные, облака точек допускается стилизовать по цвету.

Существует множество подходов для преобразования облака точек в трёхмерные поверхности. Отдельные подходы, такие как триангуляция Делоне, альфа-формы (англ. alpha shapes) и поворотные шары (англ. ball pivoting), строят сетку треугольников поверх существующих вершин облака точек.

Рассмотрим подробнее каждый подход.

Наиболее известное решение задачи определения форм тел, представленных множеством точек, - построение тетраэдризации Делоне (трехмерной триангуляции Делоне) с заданной границей [1]. Полученные таким образом тетраэдры, составляющие граневую аппроксимацию, позволяют вычислить объём тела, организовать интерактивную 3D-визуализацию. В контексте представленной задачи помимо прочего эффективен подход, когда строится триангуляция Делоне для выпуклой оболочки, затем удаляются тетраэдры, у которых радиусы описанных окружностей превышают тот, который был задан изначально [2]. Алгоритмы обладают вычислительной сложностью  $O(N \log N)$ . Одной из сложности тетраэдризации является чувствительность к точности вычислений.

Для построения триангуляции Делоне на вход алгоритма подаются координаты всех точек, затем выполняется соединение данных точек линиями таким образом, чтобы выполнялось условие, по которому ни одна окружность, описанная вокруг каждого треугольника, не должна содержать других точек. В результате получается трехмерный каркас объекта наблюдения, который может рассматриваться в дальнейшем, как трехмерная модель наблюдаемого объекта. На рисунке 1 изображена триангуляция Делоне.

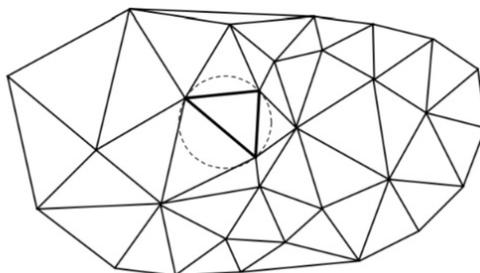


Рис. 1. Триангуляция Делоне

В последствии сегментации, выделяются трёхмерные области представления, которые изображены в виде плотных облаков точек. Под плотностью понимается, что помимо тех точек, которые лежат собственно на самой границе области, каждому облаку также принадлежат и все внутренние точки области. Стоит отметить, что данные точки не предоставляют никакой дополнительной информации и можно их удалить. При удалении существенно уменьшается место, которое захватывают в памяти все данные облака, и облегчается и упрощается работа алгоритмов построения трёхмерной поверхности (триангуляции). Для того, чтобы выяснить какие из точек относятся к контуру, а какие к внутренней области облака применяется алгоритм построения вогнутой оболочки ConcaveHull из библиотеки PCL, который функционирует на основе альфа-форм.

На рисунке 2 изображен результат работы метода альфа-форм в двумерном пространстве, с различными значениями параметра  $\alpha$ .

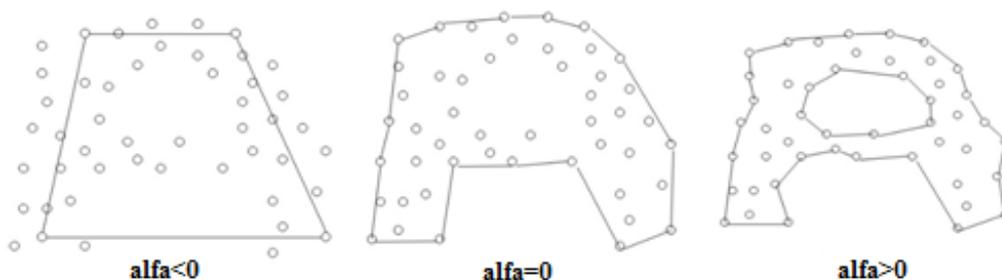


Рис. 2. Результат работы алгоритма альфа-форм в двумерном пространстве, с разными значениями параметра  $\alpha$

Альфа-форма набора точек является обобщением выпуклой оболочки и подграфом триангуляции Делоне. В отличие от выпуклой оболочки, Альфа-формы имеют параметр, который управляет уровнем детализации или тем, насколько плотно граница подходит вокруг набора точек. Параметр называется альфа или альфа-радиус. Изменение радиуса альфа от 0 до  $\text{Inf}$  создает набор различных форм Альфа, уникальных для этого набора точек. Изменение радиуса Альфа-канала иногда может привести к образованию Альфа-формы с несколькими областями, которые могут содержать или не содержать отверстия.

Алгоритм поворота шара (ВРА) вычисляет треугольную сетку, интерполирующую заданное облако точек. Как правило, точки являются образцами поверхности, полученными при многократном сканировании объекта. Принцип ВРА очень прост: три точки образуют треугольник, если шар заданного пользователем радиуса  $r$  касается их, не содержа никакой другой точки. Начиная с начального треугольника, шарик вращается вокруг края (т. е. он вращается вокруг края, сохраняя контакт с конечными точками края), пока не коснется другой точки, образуя другой треугольник. Процесс продолжается до тех пор, пока не будут опробованы все достижимые ребра, а затем начинается с другого исходного треугольника, пока не будут рассмотрены все точки. Процесс можно после этого повторить с шариком более большого радиуса для того чтобы отрегулировать неровные плотности забора. Применяется ВРА к наборам данных миллионов точек, представляющих фактическое сканирование сложных 3D-объектов. Относительно небольшой объем памяти, требуемый ВРА, его временная эффективность и качество полученных результатов выгодно отличаются от существующих методов. На рисунке 3 представлен алгоритм поворотного шара в 2D, окружность радиуса оси от опорной точки до опорной точки, соединяя их с краев.

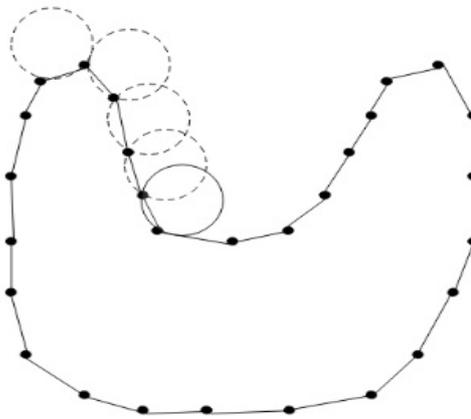


Рис. 3. Алгоритм поворотного шара в 2D

Алгоритм поворота шара эффективен в сроках выполнения и требования к хранению. Он представляет линейные характеристики времени для наборов данных, состоящих из миллионов входных данных. Он был реализован в форме, которая не требует одновременной загрузки всех входных данных в память. Результирующая сетка треугольника постепенно сохраняется во внешнем запоминающем устройстве во время своего вычисления и не использует никакой дополнительной памяти. ВРА оказался достаточно устойчивым, чтобы справиться с присутствующим шумом в реальных отсканированных 3D данных. Он был протестирован на нескольких больших отсканированных наборах данных, в частности, использовались для создания моделей Флорентийской Пьеты Микеланджело из сотен сканов, полученных со структурированным датчиком освещенности (визуальный интерфейс *VirtuosoShapeCamera*).

Дополняя точки данных приближенными нормальными поверхностями, вычисляется отображения диапазонов для устранения неоднозначных случаев, которые возникают при работе с отсутствующими или шумными данными. Например, если часть поверхности была неотсканирована, там будут отверстия больше, чем в выборке. Тогда невозможно отличить внутреннюю и внешнюю области по отношению к выборке. Необходимо использовать нормали поверхности для определения ориентации поверхности. Например, при выборе начального треугольника нужно проверить, что нормали поверхности на трех вершинах последовательно ориентированы. Поворотный шар все равно будет “ходить” по точкам, образуя маленькие треугольники. Если данные не содержат шума и меньше локальной кривизны, все точки будут интерполированы. Скорее всего, точки затронуты шумом, и некоторые, которые лежат под поверхностью, не будут прикасаться к мячу и не будут частью реконструированной сетки.

В настоящей статье рассмотрены основные алгоритмы восстановления поверхностей по трехмерным облакам точек: триангуляция Делоне, метод альфа-форм, а также алгоритм поворотного шара. В дальнейшем планируется провести исследование и оптимизацию времени выполнения алгоритмов построения поверхностей на основе трехмерных облаков точек с целью визуализации информации от 3D сканирующих систем.

### Библиографический список:

1. Боровиков С.Н., Иванов И.Э., Крюков И.А. Построение тетраэдризации Делоне с ограничениями для тел с криволинейными границами // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2005. Т.45, №8. С.1407-1423.
2. Суков С.А. Методы генерации тетраэдральных сеток и их программные реализации // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2015. №23.
3. F. Bernardini, C. Bajaj, J. Chen, and D. Schikore, “Automatic reconstruction of 3D CAD models from digital scans,” *International Journal of Computational Geometry and Applications*, vol. 9, no. 4 & 5, pp. 327–370, Aug.-Oct. 199.

УДК 004.93'1, 159.942.33; ГРНТИ 28.23.15, 15.01.77

## МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ МИКРОВЫРАЖЕНИЙ ЛИЦА: ОБЗОР

**В.А. Саблина, А.Д. Сергеева**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Россия, Рязань, sablina.v.a@evm.rsreu.ru*

*Аннотация.* В настоящее время достижения в области компьютерных технологий по захвату видео сделали возможным автоматический анализ микровыражений лица, в отличие от исследований десятка лет назад, когда анализ был преимущественно областью психологии и выполнялся специально обученными людьми. В данной статье приведен обзор существующих наборов данных микровыражений, основных методов решения задачи распознавания микровыражений лица.

*Ключевые слова:* микровыражение, распознавание эмоций, наборы данных выражений лица, антропометрические точки, локальные бинарные шаблоны.

## METHODS OF THE FACIAL MICRO-EXPRESSION RECOGNITION: AN OVERVIEW

**V.A. Sablina, A.D. Sergeeva**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, sablina.v.a@evm.rsreu.ru*

*Abstract.* At the present time advances in the field of computer science in the video capture made it possible to automatically analyze the facial micro-expressions as opposed to the investigations about the ten years ago when the analysis was mainly carried out in the field of psychology and performed by specially trained people. In this paper an overview of the existing micro-expression datasets and the main methods to solve the task of the facial micro-expression recognition are presented.

*Keywords:* micro-expressions, emotion recognition, facial expression datasets, facial landmarking, local binary patterns.

## 1. Введение

Микровыражения - это очень короткие произвольные выражения лица, которые обычно возникают, когда человек сознательно или бессознательно скрывает свои подлинные эмоции. По сравнению с обычными выражениями лица или макровыражениями микровыражения обычно длятся очень короткое время, которое составляет от 1/25 до 1/5 секунды [1].

Несмотря на то, что изучение микровыражений лица является давней областью психологии, это все еще относительно новое направление в компьютерном зрении с множеством проблем.

Автоматический анализ микровыражений состоит в решении двух задач: обнаружение и распознавание микровыражений. Обнаружение заключается в поиске микровыражения на видеопоследовательности, в то время как распознавание состоит в соответствии найденного микровыражения одному из классов микровыражений.

В данной статье представлен обзор основных подходов к решению задачи распознавания микровыражений лица.

## 2. Наборы данных

Необходимым условием разработки любой автоматической системы распознавания микроэкспрессий является наличие достаточного количества исходных данных. Поэтому исследования микроэкспрессий в области компьютерного зрения привлекают к себе внимание только в последние несколько лет, поскольку число общедоступных наборов данных все еще остается относительно небольшим.

Одними из самых ранних постановочных наборов стали: набор данных Поликовского, USF-HD и YorkDDT. Но в связи с существенным отличием эмоций, представленных в данных наборах, от естественных эмоций, данные наборы не получили дальнейшего применения. Среди наборов спонтанных эмоций выделяют: CASME, SMIC, CASMEII, SAMM, CAS(ME)2.

Большое количество алгоритмов было разработано с применением эмоционально ориентированных наборов данных, но в связи со сложностями, возникающими при анализе микровыражений и дальнейшем распределении их по определенным классам, основное внимание было перенесено на объективные классы, которые ориентированы на движение мышц лица [2]. Исследования, проведенные на наборах данных SMIC (рис. 1), CASMEII (рис. 2) и SAMM [3] (рис. 3), показали, что наборы данных ориентированные на движение мышц, дают лучшие результаты, чем эмоционально ориентированные.



Рис. 1. Образцы кадров из набора данных SMIC



Рис. 2. Образцы кадров из набора данных CASME II



Рис. 3. Образцы кадров из набора данных SAMM

### 3. Предварительная обработка

Предварительная обработка включает шаги детектирования и слежения за опознавательными точками лица (вручную или автоматически с использованием следующих подходов: модель активной формы ActiveShapeModel(ASM), подбор карт различающихся откликов DiscriminativeResponseMapsFitting (DRMF), сдвиги средних ограниченных подпространством SubspaceConstrainedMean-Shifts (SCMS), ограниченная локальная модель ConstrainedLocalModel (CLM)), регистрации лица (методами, основанными на областях: сопоставление эталонов, корреляция; методами, основанными на признаках: признаки областей, линий и точек), маскирования лица (методами маскирования областей глаз, носа, рта), извлечения областей лица (методами сегментации на несколько частей, блоков, методом триагуляции Делоне).

Обнаружение лица является первым наиболее важным этапом. В области распознавания микродвижений применяются два способа определения местоположения точек лица: ручной метод и метод автоматического определения ориентиров лица. В одной из самых ранних работ по определению микродвижений лица ориентиры лица выбирались вручную только на первом кадре и фиксировались на последующих кадрах, поскольку предполагалось, что исследуемые фронтальные грани расположены приблизительно в одном и том же месте. Во избежание проблем с ручным определением точек лица в большинстве последующих работ выполнялось автоматическое определение ориентиров лица. Вместо запуска алгоритма обнаружения ключевых точек для всей последовательности изображений лица точки лица обнаруживались только на первом кадре и фиксировались в последующих кадрах с предположением, что эти точки будут меняться только минимально из-за тонкости микровыражений [2].

Методы обнаружения антропометрических точек (рис. 4) ASM, DRMF и CLM основаны на деформации мышц лица, а не на эмоциональной составляющей. Лицевые модели деформации можно условно разделить на две основные категории: целостные (генеративные) модели и модели на основе частей (дискриминационные). Первые модели используют целостное представление лица на основе текстуры, а последние – используют локальные участки изображения вокруг точек ориентиров для последующей подгонки лица. Хотя целостные подходы позволяют достичь хорошего качества регистрации, эти методы неверно определяют местонахождение лицевых ориентиров на изображениях субъектов, не включенных в набор для обучения. В результате модели, основанные на локальных участках, которые обходят некоторые недостатки целостных методов, в последние годы чаще используются для определения антропометрических точек [4].

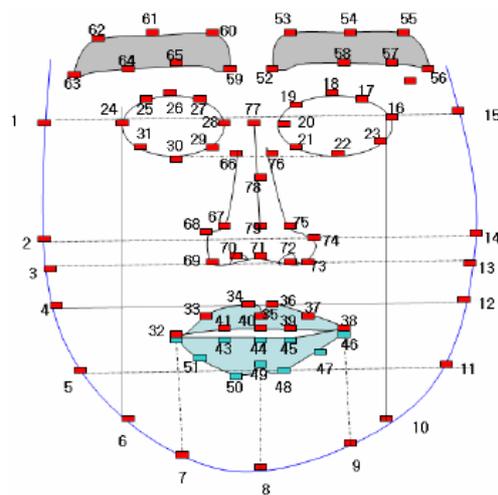


Рис. 4. Антропометрические точки лица

Метод ASM использует ограничения формы и ищет наилучшее местоположение каждой антропометрической точки. Метод DRMF исследует изменение внешнего вида набора областей шаблона, окружающих отдельные элементы, и соответствующим образом обновляет модель формы. Метод CLM изучает модель формы и вариации текстуры из шаблона (аналогично активным моделям внешнего вида), но текстура выбирается в виде участков вокруг отдельных антропометрических точек [2].

#### 4. Извлечение признаков

Следующим этапом при распознавании микровыражений является этап извлечения признаков, который может быть реализован методами, основанными на оптическом потоке или методами, основанными на локальной бинарной структуре, например, на основе локальных бинарных шаблонов Local Binary Patterns (LBP).

Среди методов извлечения признаков, основанных на внешнем виде, локальный бинарный шаблон по трем ортогональным плоскостям Local Binary Patterns from Three Orthogonal Planes (LBP-TOP) широко применяется во многих работах [2]. Большинство существующих наборов данных (SMIC, CASME II, SAMM) подтверждают, что LBP-TOP является базовым методом оценки. LBP-TOP является расширением локального бинарного шаблона низкого уровня LBP, который описывает локальное изменение текстуры вдоль круговой области с помощью бинарных кодов, которые затем кодируются в гистограмму. LBP-TOP извлекает признаки из локальных пространственно-временных окрестностей по трем плоскостям: пространственная (XY) плоскость, аналогичная обычной LBP, вертикальная пространственно-временная (YT) плоскость и горизонтальная пространственно-временная (XT) плоскость; это позволяет LBP-TOP динамически кодировать временные изменения происходящих микровыражений.

Впоследствии было предложено несколько вариантов LBP-TOP для задачи распознавания микровыражений, например, локальный бинарный шаблон Local Binary Patterns with Six Intersection Points (LBP-SIP) из LBP-TOP рассматривает только шесть уникальных точек, лежащих на трех пересекающихся линиях трех ортогональных плоскостей в качестве соседних точек для построения бинарных шаблонов. Сокращая избыточную информацию от LBP-TOP, LBP-SIP показал лучшую производительность, чем LBP-TOP при решении данной задачи. Более компактный вариант Local Binary Patterns with Mean Orthogonal Planes (LBP-MOP) был создан путем объединения элементов LBP только из трех средних изображений, которые являются результатом времен-

ного объединения стеков изображений вдоль трех ортогональных плоскостей. Производительность LBP-MOP была сопоставима с LBP-SIP, время вычислений значительно меньше [2].

Также предложен новый вариант бинарного шаблона, названный пространственно-временным локальным бинарным шаблоном Радона Spatio-Temporal Local Radon-based Binary Pattern (STRBP), который использует преобразование Радона для получения устойчивых характеристик формы. Альтернативный бинарный дескриптор под названием Hot Wheel Patterns (HWP) (и его пространственно-временное расширение Hot Wheel Patterns from Three Orthogonal Planes (HWP-TOP)) предложен для кодирования различительных признаков как макровыражений, так и микровыражений лица. Объемные локальные бинарные шаблоны Volume Local Binary Patterns (VLBP) являются расширением обычного LBP, используемого для анализа текстур, на основе комбинации движения и внешнего вида [2, 5].

## 5. Классификация

Завершающим этапом при распознавании микровыражений является этап классификации типов эмоций.

Для распознавания микровыражений могут быть использованы различные типы классификаторов, такие как ближайших соседей k-Nearest Neighbor (k-NN), машина опорных векторов Support Vector Machine (SVM), случайный лес Random Forest (RF), классификатор разреженного представления Sparse Representation Classifier (SRC), ослабленная декомпозиция k-сингулярных значений Relaxed K-Singular Value Decomposition RK-SVD, групповое разреженное обучение Group Sparse Learning (GSL) и машина экстремального обучения Extreme Learning Machine (ELM). Наиболее широко используемым классификатором является SVM. SVM – это вычислительные алгоритмы, которые строят гиперплоскость или набор гиперплоскостей в пространстве высокой или бесконечной размерности. Во время обучения SVM стремится к тому, чтобы различия между границами разных классов были максимальными. По сравнению с другими классификаторами SVM является надежным, точным и эффективным даже в тех случаях, когда количество обучающих выборок невелико. Другие известные классификаторы – RF и k-NN реже используются в задаче распознавания микровыражений. Хотя RF, как правило, быстрее, чем SVM, он склонен к перегрузке при работе с зашумленными данными. K-NN использует процесс обучения на основе экземпляров, которые могут не подходить для разреженных многомерных данных, таких как данные лица.

Чтобы решить задачу разреженности микровыражений, в нескольких работах использовались методы K-SVD, SRC и GSL для классификации. Однако каждый из этих методов по-разному решает данную проблему. Метод K-SVD изучает разреженный словарь, чтобы различать разные микровыражения, минимизируя дисперсию разреженных коэффициентов. SRC представляет данный тестовый образец как разреженную линейную комбинацию всех обучающих выборок; следовательно, редкие ненулевые коэффициенты представления, вероятно, будут сосредоточены на обучающих выборках того же класса, что и тестовая выборка. Нейронные сети могут предлагать одноразовый процесс (извлечение и классификация признаков) со способностью извлекать сложные шаблоны из данных. Однако для надлежащего обучения нейронной сети без переобучения требуется значительное количество помеченных данных, в результате чего она менее подходит для решения задачи распознавания микровыражений, поскольку помеченные данные ограничены [6].

## 6. Выводы

В статье приведен обзор методов распознавания микровыражений лица. Приведен сравнительный анализ методов для каждого из этапов распознавания микровыражений.

Технология компьютерного зрения в области обнаружения и распознавания микровыражений лица продолжает развиваться и представляет собой перспективное направление для дальнейших исследований. Микровыражения содержат значительное количество информации об истинных эмоциях человека, которая может применяться работниками таможни, полиции и пограничной службы, HR-специалистами, журналистами во время интервью людьми, которым часто приходится искать обман или подтвердить факты.

### Библиографический список

1. Paul Ekman, *Emotion in the Human Face*, 2nd Edition, Malor Books, 2013, 456 p.
2. Yee-Hui Oh, John See, Anh Cat Le Ngo, Raphael C.-W. Phan, and Vishnu M. Baskaran, "A Survey of Automatic Facial Micro-Expression Analysis: Databases, Methods, and Challenges," *Frontiers in Psychology Journal*, Volume 9, Article 1128, 2018, 21 p.
3. Adrian K. Davison, Cliff Lansley, Nicholas Costen, Kevin Tan, MoiHoon Yap, "SAMM: A Spontaneous Micro-Facial Movement Dataset," in *IEEE Transactions on Affective Computing*, Volume 9, No. 1, 2018, pp. 116-129.
4. KeshavSeshadriandMariosSavvides, "An Analysis of the Sensitivity of Active Shape Models to Initialization When Applied to Automatic Facial Landmarking," in *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, Volume 7, Issue 4, 2012, pp. 1255-1269.
5. Guoying Zhao and Matti Pietikainen, "Dynamic Texture Recognition Using Local Binary Patterns with an Application to Facial Expressions," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Volume 29, no. 6, June 2007, pp. 915-928.
6. Reza Entezari-Maleki, ArashRezaei, and BehrouzMinaei-Bidgoli, "Comparison of Classification Methods Based on the Type of Attributes and Sample Size," *Journal of Convergence Information Technology*, September 2009, Volume 4, Issue 3, pp. 94-102.

УДК 621.396; ГРНТИ 47.47

## ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ OPENMP В МЕТОДАХ КОРРЕЛЯЦИОННОГО СОВМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Е.А. Алтухова

С. И. Елесина

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, elena-altukhova25@rambler.ru*

*Аннотация.* В работе рассматривается технология написания параллельных программ OpenMP в методе корреляционного совмещения изображений с помощью пирамиды изображений.

*Ключевые слова:* корреляционное совмещение изображений, параллельные вычисления, OpenMP.

## THE USE OF OPENMP TECHNOLOGY IN THE METHODS OF THE CORRELATION IMAGE FITTING

E. A. Altukhov

S. I. Elesina

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, elena-altukhova25@rambler.ru*

*The summary.* The paper deals with the technology of writing parallel OpenMP programs in the method of correlation combining images using a pyramid of images.

*Keywords:* correlation combination of images, parallel computing, OpenMP.

Совмещение изображений является одной из важнейших задач при решении проблем, связанных с компьютерным зрением, которое применяется во многих областях, в том числе активно изучаемых в настоящее время, таких как автономное управление транспортными средствами или дополненная реальность.

Задача совмещения заключается в отыскании соответствия одного (эталонного) изображения (ЭИ) на другом (текущем) изображении (ТИ). Соответствие можно отыскать, срав-

нивая изображения с использованием специальной функции, принимающей максимальное значение при совпадении ЭИ и ТИ. Взаимная корреляционная функция, с учётом некоторых ограничений, является такой функцией.

Однако для совмещения изображений необходимо найти глобальный экстремум корреляционной функции. Самый надёжный способ – использование полного перебора точек взаимного расположения. Но он требует больших вычислительных затрат, что не позволяет использовать его в реальном времени для больших изображений и соответственно не позволяет применять этот способ во многих областях.

Для уменьшения времени совмещения изображений, было разработано множество модификаций корреляционного алгоритма поиска. В данной статье будет рассмотрен один из таких алгоритмов – алгоритм поиска с использованием пирамиды изображений.

### Корреляционное совмещение изображений

Классический алгоритм корреляционного совмещения изображений предполагает поиск максимума функции взаимной корреляции:

$$F(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} f_{ЭИ}(i, j) \cdot f_{ТИ}(i + x, j + y)$$

где  $0 \leq x < (K - N)$ ;

$0 \leq y < (L - M)$ ;

$K \times L$  – размер ТИ;

$N \times M$  – размер ЭИ;

$x, y$  – смещение фрагмента  $f_{ЭИ}$  относительно  $f_{ТИ}$ , которые отсчитываются от левого верхнего угла. Если ЭИ или выбранный участок ТИ имеют нулевую яркость, то значение функции полагается равным 0.

Для уменьшения числа ложных максимумов, возникающих при различии уровней интенсивности изображений, применяют нормированную корреляционную функцию:

$$F(x, y) = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} f_{ЭИ}(i, j) \cdot f_{ТИ}(i + x, j + y)}{\sqrt{[\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} f_{ЭИ}^2(i, j)] \times [\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{M-1} f_{ТИ}^2(i + x, j + y)']}}$$

Самым надёжным методом поиска глобального экстремума, является полный перебор точек возможного взаимного расположения двух изображений, но он является очень трудоёмким.

### Совмещение с использованием пирамиды изображений

Одной из альтернатив методу полного перебора, является метод сопоставления изображений с использованием пирамиды изображений. Использование пирамиды изображений сокращает время поиска за счёт ограничения области поиска глобального экстремума.

Под пирамидой изображений понимается последовательность из  $N$  изображений, где каждое последующее изображение в два раза меньше предыдущего. Рассмотрим, как изменяется область поиска  $R$  при использовании пирамиды изображений. На  $n$ -ом уровне площадь области поиска сокращается в  $(2^{n-1})^2$  раз:

$$R_n = \left\{ (x, y) : \frac{x_{min}}{2^{n-1}} \leq x \leq \frac{x_{max}}{2^{n-1}}, \frac{y_{min}}{2^{n-1}} \leq y \leq \frac{y_{max}}{2^{n-1}} \right\}$$

Пусть на  $n$ -ом уровне найден глобальный экстремум корреляционной функции в точке  $\langle x^*, y^* \rangle_n \in R_n$ . Эту точку можно рассматривать в качестве центра области поиска на  $(n - 1)$ -м уровне:

$$R_{n-1} = \{(x, y): 2x^* - \Delta x \leq x \leq 2x^* + \Delta x, 2y^* - \Delta y \leq y \leq 2y^* + \Delta y\},$$

где  $\Delta x, \Delta y$  – константы, характеризующие размер области поиска.

Развитие вычислительных технологий породило понимание, что работу необходимо обязательно разделять между несколькими исполнительными устройствами. Распараллеливание — естественный жизненный принцип, основанный на утверждении, что коллектив сильнее одиночки. Основным критерий эффективности распараллеливания заключается в минимизации времени выполнения работы. Однако действенен и другой критерий — выбор системы исполнителей, обладающей минимальной стоимостью и способной закончить работу не позже указанного срока. Параллельные алгоритмы являются естественным результатом оптимального решения задач распараллеливания.

Есть несколько способов реализации параллельных вычислений. Например, каждый вычислительный процесс может быть реализован в виде процесса операционной системы, либо же вычислительные процессы могут представлять собой набор потоков выполнения внутри одного процесса ОС.

Основная проблема при проектировании распараллеленных программ - это обеспечить правильную последовательность взаимодействий между разными вычислительными процессами и координацию ресурсов, которые разделяются между процессами.

После появления симметричных мультипроцессорных систем (SMP), разработка параллельных программ получила существенные изменения. В симметричных системах физически присутствуют несколько процессоров. Они имеют равные права, а также равную скорость обращения к памяти, используемой совместно. Наиболее распространенной технологией для реализации параллельных алгоритмов на общей памяти является OpenMP.

Технология OpenMP является стандартом для программирования на SMP-системах, в нее входит описание набора директив, переменных среды выполнения программ и ряд процедур. OpenMP является обменным средством распараллеливания и хорошо подходит для программ, в которых выполняемые вычисления обращаются к разным областям общей памяти, например, программ с “большими” по числу итераций циклами.

### Преимущества OpenMP

1. За счет «инкрементального распараллеливания», OpenMP хорошо подходит для разработчиков которые хотят распараллелить свои вычислительные программы с параллельными циклами, занимающими большую часть программы. Разработчик последовательно добавляет OpenMP-директивы в текст последовательной программы.

2. OpenMP - это гибкий механизм, который предоставляющий большие возможности контроля над поведением параллельного алгоритма.

3. OpenMP-программа, реализованная на однопроцессорной платформе может использоваться, как последовательная программа. Директивы OpenMP игнорируются последовательным компилятором, а для вызова процедур OpenMP могут быть подставлены заглушки.

4. Одним из достоинств OpenMP считается поддержка «*orphan*» (оторванных) директив. Эти директивы синхронизации и распределения работы не входят непосредственно в лексический контекст параллельной области.

Для сравнения последовательного и параллельных способов совмещения изображений, используются квадратные изображения различного размера. В качестве меры эффективности принимается время выполнения в миллисекундах.

Построим зависимость времени совмещения изображений от размера ТИ, чтобы узнать, как увеличение количества точек взаимного расположения, увеличивает время расчётов. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

ЭИ, пиксели	ТИ, пиксели	Уровни, шт.	Последова- тельно( $T_{II}$ ), мс	OpenMP	
				время ( $T_o$ ), мс	$T_{II}/T_o$
200	400	2	812	306	2,653595
	600	3	282	170	1,658824
	800	3	567	287	1,97561
	1000	4	209	175	1,194286
	1200	4	321	250	1,284
	1400	4	382	336	1,136905
	1600	5	472	443	1,065463
	1800	5	456	447	1,020134
	2000	5	551	542	1,016605

После анализа результатов были сделаны следующие наблюдения:

Практически во всех случаях OpenMP версия выполняется быстрее, чем последовательная.

Отсюда можно сделать вывод, что на данном компьютере, следует применять технологию OpenMP.

### Библиографический список

1. Совмещение изображений в корреляционно-экстремальных навигационных системах, С. И. Елесина, Л. Н. Костяшкин, А. А. Логинов, М. Б. Никифоров, Под редакцией Л. Н. Костяшкина, М. Б. Никифорова, М: Издательство «Радиотехника», 2015 г. – 208 стр.
2. Соيفер В.А. Компьютерная обработка изображений. Ч.2. Методы и алгоритмы.
3. Архитектура CUDA следующего поколения, кодовое название Fermi. Сердце суперкомпьютера в теле GPU. // Сайт компании NVIDIA [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа : [http://www.nvidia.ru/object/fermi\\_architecture\\_ru.html](http://www.nvidia.ru/object/fermi_architecture_ru.html). – Дата доступа : 03.02.2019.

УДК 004.337; ГРНТИ 50.33.04

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО И ГРАФИЧЕСКОГО ПРОЦЕССОРОВ ПРИ РЕШЕНИИ РАЗНОРОДНЫХ ЗАДАЧ

Н.В. Калинин, А.С. Епифанов, Т.А. Калинин, М.Б. Никифоров

Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, [nikit.kalinin.2000@mail.ru](mailto:nikit.kalinin.2000@mail.ru)

*Аннотация.* В представленной работе приводится сравнительный анализ центральных процессоров и видеоадаптеров. Рассмотрены гетерогенные вычисления, рендеринг изображения, построение фракталов и обработка физических явлений в играх. Также были проверены вычислительные возможности центрального и графического процессоров.

*Ключевые слова:* центральные процессоры, видеокарты, гетерогенные вычисления, фракталы.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FEATURES OF THE CENTRAL AND GRAPHIC PROCESSORS WHEN SOLVING DIFFERENT TASKS

N.V. Kalinin, A.S. Epifanov, T.A. Kalinin, M.B. Nikiforov

Ryazan State Radio Engineering University,

Russia, Ryazan, nikit.kalinin.2000@mail.ru

*Abstract.* This article presents a comparative analysis of central processors and video adapters. Heterogeneous calculations, image rendering, fractal construction and processing of physical phenomena in games are considered. The computing capabilities of the central and graphics processors were also checked.

*Keywords:* central processors, video cards, heterogeneous calculations, fractals.

### Введение

Растущая сложность задач, решаемых с помощью компьютерной техники, требует большей вычислительной мощности. Существует множество способов повышения быстродействия вычислений, одним из которых является использование гетерогенных систем. Гетерогенные вычислительные системы – способ использования различных типов вычислительных блоков. Они могут содержать процессоры общего и специальных назначений, сопроцессор, логику ускорения и графический процессор. Такие системы способны осуществлять параллельные вычисления, что позволяет заметно ускорить производительность ЭВМ. Одной из важнейших проблем в решении гетерогенных задач является выбор оборудования для их решения. Основными вычислительными средствами персональных ЭВМ, которые можно использовать в гетерогенных вычислениях, являются центральное процессорное устройство (ЦПУ) и графическое процессорное устройство (ГПУ). [1].

### Структура процессоров

Процессор представляет собой тонкую пластину (кристалл процессора), на которую размещают большое количество транзисторов длиной 7 нанометров, ячеек кэш-памяти и так далее. Он осуществляет управление всеми компонентами ЭВМ и выполняет логические и арифметические операции. Этот кристалл хрупкий и поэтому любое повреждение приведет к выходу из строя процессора. Для его защиты он помещается в пластиковый или керамический корпус [2].

Одной из главных особенностей центрального процессора выделяют его архитектуру. CISC-архитектура (рисунок 1) отличается от других типов тем, что она позволяет хранить и обрабатывать полный набор команд. RISC-архитектура подразумевает набор более простых команд, что увеличивает производительность, но при этом такой процессор используется для более простых задач. В наше время таких четких разделений не существует - в персональных компьютерах процессоры основаны на RISC ядрах, но при этом эмулируют CISC архитектуру, что позволяет значительно увеличить производительность, при этом не создавая ПО заново (почти все программы написаны под CISC архитектуру) [3].

Кроме CISC и RISC архитектур, используемыми компьютерной промышленностью на современном этапе развития вычислительной техники, выделяют:

MISC - компьютер с минимальным набором команд.

VLIW - компьютер с командными словами сверхбольшой длины.

EPIC - компьютер с явно параллельным выполнением команд.

SPARC - Масштабируемая процессорная архитектура.

SP – Суперскалярная архитектура.

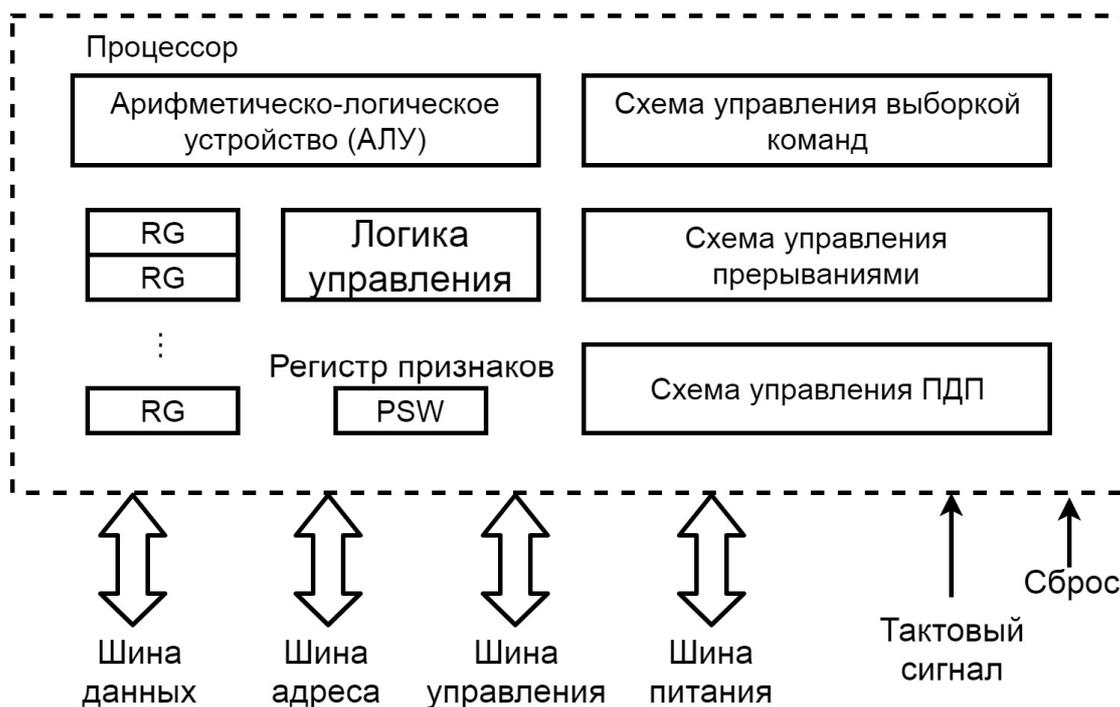


Рис. 1. Упрощенная структура CISC процессора

### Типы видеокарт

Процессор способен производить управление элементами персонального компьютера, но для создания высококачественной графики или обработки шейдеров требуется процессор, способный выполнять простые вычисления в больших объемах и в быстрые сроки. (Шейдер — набор данных для 3D объекта, который используется в трёхмерной графике для определения свойств изображения (Затемнение, рассеяние или поглощение света, наложения текстуры, смещение поверхности и других параметров)).

Видеоадаптер — это устройство преобразования данных в растровые графические изображения. На сегодняшний день видеокарты используются во всех компьютерах и занимаются формированием изображений, их так же можно использовать для обработок однотипных и больших объёмов данных [3]. Существует несколько типов видеокарт:

1. Встроенная видеокарта находится в чипсете на материнской плате. Дискретный аналог несколько превосходит ее в производительности, поэтому область применения таких видеокарт - компьютеры, не требующие мощного графического процессора (офисы предприятий, частное использование).

2. Дискретная видеокарта является отдельным устройством, который вставляется в специальный слот на материнской плате. Она имеет собственную систему питания, охлаждения и свою оперативную память. Такие видеокарты отличаются от встроенных большим тепловыделением, производительностью и энергопотреблением.

3. Гибридный процессор — объединение процессора и дискретной видеокарты в одно устройство (рисунок 2). Такой процессор имеет достаточную производительность для компьютеров со сложным графическим интерфейсом [4].

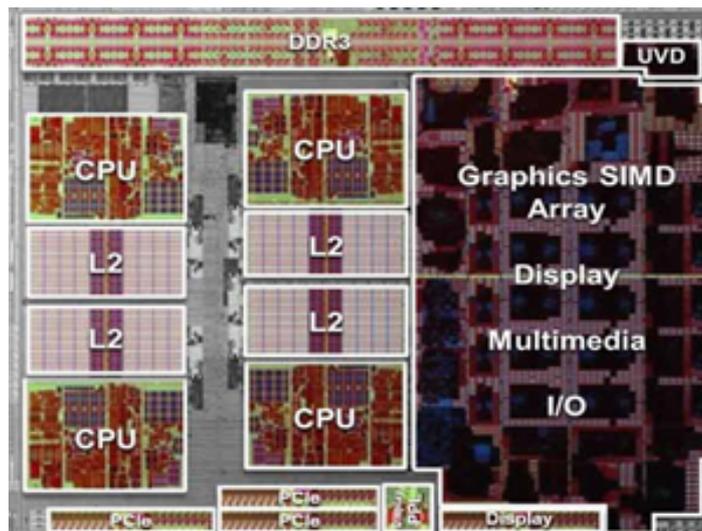


Рис. 2. Система APU

### Сравнительный анализ возможностей процессоров и видеокарт

Для анализа были рассмотрены центральный процессор Intel Core i7 и видеокарта GTX 1080 (таблица 1). Процессор обладает большей частотой, меньшими размерами корпуса и требует меньше энергии, однако пропускная способность выше у видеокарты. В CPU большая часть площади чипа занята под буферы команд, аппаратное предсказание ветвления и огромные объемы кэш-памяти, а в GPU большая часть площади занята исполнительными блоками. У процессора более сложные, мощные и дорогие ядра, в то время как у видеокарты они простые и относительно дешевые, однако их может быть несколько тысяч.

Таблица 1 – Характеристики Intel Core i7(CPU) и GTX 1080(GPU)

Характеристики	Intel Core i7	GTX 1080
Тактовая частота	3.10-4.10 GHz	1.6-1.8 GHz
Максимальная пропускная способность памяти	37.5 GB/s	323.4 GB/s
Размеры корпуса (длина, ширина)	42mm x 28mm	279mm x 149mm
Количество ядер	4	2560
Расчетная мощность	45 Вт	180 Вт

Эксперимент состоит в сложении двух одномерных массивов с целыми числами. Из таблицы 2 можно сделать вывод, что при большой размерности массива видеокарта обрабатывает данные быстрее чем процессор, однако при малых значениях последний выполняет задачу быстрее [5].

Таблица 2 – Сложение двух массивов

Размер массивов	Процессора	Видеокарта
10	1,5 мс	0,06 с
50	1,5 мс	0,06 с
100	0,028 с	0,09 с
500	0,03 с	0,1 с
1000	0,03 с	0,1 с
5000	0,054 с	0,11 с
100000	0,07 с	0,15 с
50000000	1,01 с	0,51 с

Рендер представляет собой процесс создания изображения на основе двухмерных или трехмерных данных. Этот процесс происходит с использованием компьютерных программ и сопровождается объемными вычислениями. На рисунке 3 представлен пример рендера изображения видеокартой и процессором.

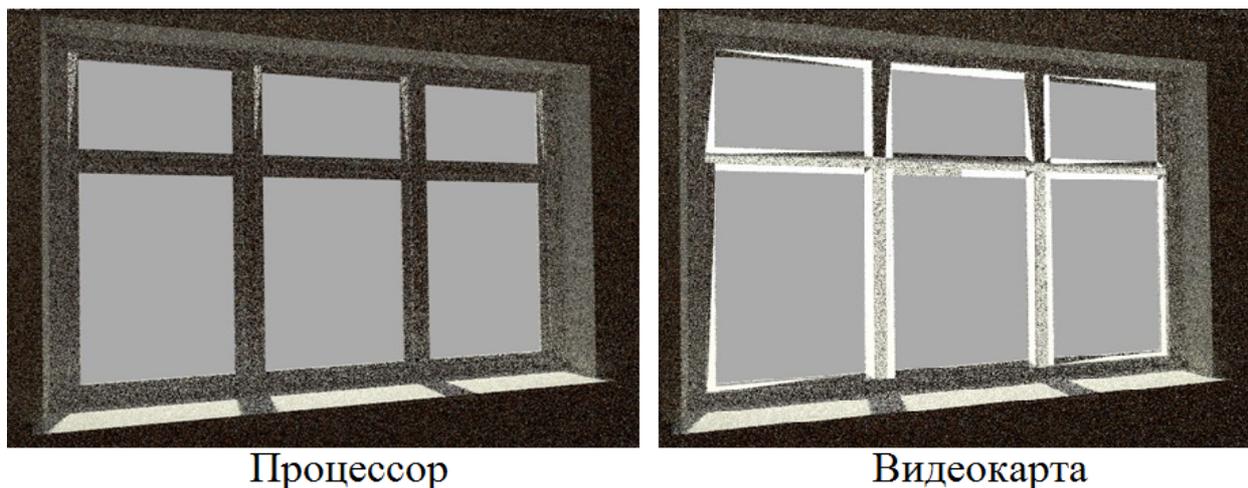


Рис. 3. Рендеринг изображений

Фрактал — множество, обладающее свойством самоподобия (объект, в точности или приближённо совпадающий с частью себя самого, то есть целое имеет ту же форму, что и одна или более частей) [6]. В этом эксперименте одинаковый фрактал был построен с помощью ресурсов видеокарты и процессора (рисунок 4).

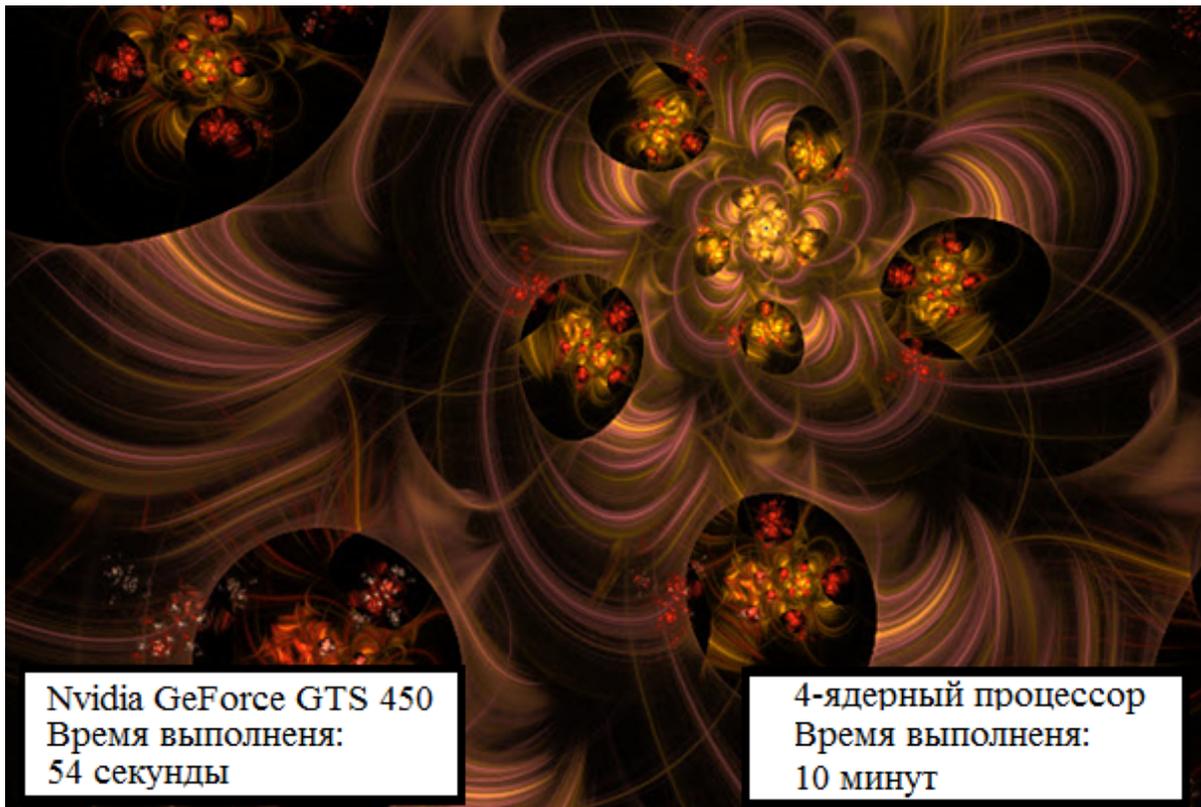


Рис. 4. Генерация фрактала

Огромное количество людей в наше время используют компьютер ради развлечения. Видеоигры подразумевают построение множества изображений за секунду (FPS) и обработку нескольких физических явлений (туман, дождь, падение предметов и так далее). На рисунке 5 приведены результаты тестирования возможностей процессора и видеокарты в игре Mafia 2 [7].



Рис. 5. Обработка физических явлений в играх

## Вывод

Основными задачами центрального процессора являются управление комплектующими компьютера и периферийными устройствами, выполнение сложных малообъемных вычислений. Видеокарта предназначена для выполнения больших вычислений и построения графики.

Графический процессор имеет более простые ядра в большем количестве, нежели центральный – его ядра сложнее и дороже, но в меньшем количестве. Именно это позволяет видеоадаптеру быстрее и качественнее строить графику и выводить ее на монитор. Но кроме графического интерфейса видеокарта способна обрабатывать большие массивы данных – например при сложении двух массивов из 50 миллионов элементов видеокарта оказывается в два раза быстрее. Поэтому видеокарты используют в тех местах, где есть объемные простые вычисления: анализ финансовых данных, майнинг биткоинов, взломы паролей путем полного перебора, нейросети. Если же перед нами стоит задача рендера изображения или построение фракталов, то видеокарта справляется с ней несколько качественнее, чем процессор.

## Библиографический список

1. Палташев Т., Перминов И. Гетерогенная архитектура для CPU, GPU и DSP. 2017 г. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.osp.ru/os/2013/08/13037850/>
2. Мюллер С. Модернизация и ремонт ПК – 17-е изд. Вильямс, 2007 г. – 241 с.
3. Дудко И.С., Ефимов А.И., Ломтева О.А., Никифоров М.Б., Устюков Д.И. Архитектура компьютеров: методические указания к лабораторным работам / Рязань, РГРТУ. 2016 г. – 32 с.
4. Алексеев Н. Кремниевая эволюция. [Журнал] 2011 г.– 85 с.
5. Васильков А.А. Какие чипы AMD и Nvidia лучше для расчетов на видеокарте. 2017 г. [Электронный ресурс]: <https://xaker.ru/2017/08/22/nvidia-vs-amd/>
6. Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов / Москва-Ижевск. Институт компьютерных исследований, 2002. – 8 с.
7. Официальный сайт компании NVIDIA [Электронный ресурс], URL: <https://www.nvidia.com>
8. Остапкевич М. Балдин Е. OpenCL: Стандарт. 2013 г. [Электронный ресурс], URL: <http://www.inp.nsk.su/~baldin/Parallel/04-OpenCL.pdf>

УДК 004.043; ГРНТИ 50.41.25, 50.49.37

## АНАЛИЗ МЕТОДИК ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ В АНАЛИТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Е.Н. Андрианова

*Рязанский государственный радиотехнический университет  
Российская Федерация, Рязань, caterina.andrianowa2010@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе исследуется одна из главных проблем использования аналитических систем – подготовка данных. Рассмотрены различные методы подготовки данных, оценены их преимущества и недостатки, а также выделены общие рекомендации при подготовке данных.

*Ключевые слова:* проблематика аналитических систем, источники данных, подготовка данных, электронные таблицы, ETL-инструменты, автоматизированные средства хранилищ данных, специализированные подготовки данных.

## ANALYSIS OF DATA PRAPARATION TECHNIQUES IN ANALYTICAL SYSTEMS

E.N. Andrianova

Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, caterina.andrianowa2010@yandex.ru

The summary. This paper examines one of the main problems of using analytical systems - data preparation. Various methods of data preparation are considered, their advantages and disadvantages are assessed, and general recommendations for data preparation are highlighted.

Keywords: problems of analytical systems, data sources, data preparation, spreadsheets, ETL-tools, automated data warehouse tools, specialized data preparation.

Проектирование аналитических информационных систем является на сегодняшний день очень актуальной задачей, потому что организации из разных сфер деятельности хотят автоматизировать процесс принятия решений и быстро анализировать информацию из больших массивов данных.

В целом, аналитические системы приносят много преимуществ, но есть и проблемы. В ходе изучения проблематики проектирования и использования аналитических систем, были выделены следующие проблемы, которые стоит учитывать при внедрении на своем предприятии аналитических систем:

Сбор и стандартизация данных.

Проблема конфиденциальности данных, их безопасности и защиты.

Дефицит необходимых навыков у потенциальных пользователей, а, следовательно, и нехватка квалифицированных кадров.

Высокая стоимость.

Техническая сложность.

Проблема четкого понимания целей и задач системы.

В связи с выделенными проблемами можно отметить, что аналитические системы имеют множество нерешенных проблем, над которыми еще следует поработать.

При внедрении системы на предприятие большой проблемой становится сбор и обработка исходных данных. Поэтому важно правильно организовать набор данных, с которым будет работать система.

Процесс подготовки данных представлен на рисунке 1.

Часто данные получают из: внутренних систем, из косвенных данных, из открытых источников, из проведенных собственных исследований и т.д.



Рис. 1. Процесс подготовки данных в аналитических системах

Рассмотрим различные методы, доступные для подготовки данных в мире BI (рисунок 2).



Рис. 2. Методы, используемые для подготовки данных

### Электронные таблицы

Много компаний пользуются электронными таблицами для корректировки данных. Выполнение ручной подготовки данных с использованием Excel или аналогичного инструмента является трудоемким процессом, подверженным ошибкам, однако с Excel знакомо большое число персонала в любой компании и возможно такой способ будет хорош, но только для небольших наборов данных. Чаще всего ручная подготовка данных оказывается дорогостоящей.

При автоматизированной подготовке данных часто используют **ETL-инструменты** (Extract, Transform, Load — дословно «извлечение, преобразование, загрузка»). Это системы корпоративного класса, которые применяются, чтобы привести данные к одним справочникам и загрузить их в ХД из нескольких учетных систем.

ETL-системы решают две задачи:

- 1) привести все данные к единой системе значений и детализации, попутно обеспечив их качество и надежность;
- 2) обеспечить аудиторский след при преобразовании данных, чтобы после преобразования можно было понять, из каких именно исходных данных и сумм собралась каждая строчка преобразованных данных.

*Преимущества ETL-систем*

1. Простой пользовательский интерфейс. Можно посмотреть иерархию задач, журналы задач, историю прогонов и статусы, какой код выполняется.
2. Простое тестирование.
3. Много ресурсов с открытым кодом

*Недостатки ETL-систем*

1. Как и у любого проекта с открытым исходным кодом, в нем есть свои ошибки. И ИТ-блоку придется самостоятельно их исправлять.
2. Традиционным инструментам ETL не хватает гибкости и уровня автоматизации.

### Автоматические инструменты хранилищ данных

Data Warehouse Automation (DWA) - это современный подход к хранилищу данных. Это эволюция от традиционной ETL, она обеспечивает автоматизацию и оптимизацию от проектирования хранилища, быстрого применения обновлений, используя все передовые практики и проверенные шаблоны проектирования.

*Преимущества DWA-систем*

1. Автоматизация проектирования.
2. DWA значительно быстрее, чем традиционные инструменты ETL.

#### *Недостатки DWA-систем*

1. Расходы на техническое обслуживание перевешивают выгоды. Жесткость данных.
2. Долгосрочный проект.
3. Сложная интеграция

#### **Инструменты самообслуживания при подготовке данных**

Инструменты самообслуживания для подготовки данных снижают нагрузку на ИТ-блок, обеспечивая при этом управление данными. Теперь подготовкой данных могут заниматься и пользователи от бизнеса.

#### *Преимущества*

1. Высокое быстродействие.
2. Простой интерфейс.
3. Контроль. Бизнес-пользователи могут контролировать аналитическую информацию без поддержки ИТ
4. Преобразование. Можно создавать форматы и стандарты, специфичные для вашего бизнеса.
5. Возможно создание повторно используемых правил преобразования данных, чтобы сэкономить время и усилия.

#### *Недостатки*

1. Недостаток, который следует из достоинства – бизнес-пользователи могут как помочь в обработке данных, так и навредить ей, в виду отсутствия технических навыков.
2. Позволяет выполнять только самую простую очистку.
3. Статические и единичные значения параметров. Параметры таблицы являются статическими, и всегда можно выбрать одно значение с помощью параметра. Всякий раз, когда данные изменяются, эти параметры должны обновляться вручную.

#### **Рекомендации для подготовки данных, не зависящие от метода обработки**

Даже самый лучший метод подготовки данных не даст хорошего результата, если исходные данные были плохого качества или вообще не те. Довольно часто именно это является причиной неудачного использования аналитических систем.

При подготовке данных лучше использовать как можно больше информации. Лучше исключить ненужное на последующих этапах очистки данных, чем искать новые источники уже в процессе подготовки данных.

Необходимо уделять большое внимание очистке данных и их предобработке.

Комбинировать методики анализа. Использование различных методов для решения одной и той же задачи может привести к ценным идеям.

При невозможности получения приемлемых результатов следует вернуться на предыдущие шаги схемы и рассматривать альтернативные варианты решения.

Стоимость подготовки данных значительно отличается в разных методах. Поэтому нужно вначале тщательно проанализировать какой именно метод подойдет лучше всего (или их комбинация).

Собранные данные нужно преобразовать к единому формату, например, Excel, текстовый файл, или любая СУБД.

Таким образом, не следует стремиться к абсолютной точности и начать использование при получении первых приемлемых результатов. Во-первых, это позволяет быстрее получить практическую отдачу. Во-вторых, только на практике можно действительно оценить полу-

ченный результат. В-третьих, можно и нужно параллельно работать над совершенствованием модели с учетом полученных на практике результатов.

### Библиографический список

1. А. Мокрышев. Основные функции ETL-систем. – 2015.
2. Сайт компании «BaseGroupLabs». Подготовка исходных данных для анализа – [Электронный ресурс] – Режим доступа - <https://basegroup.ru/community/articles/datamining-prepare> - Дата доступа: 27.02.2019.
3. Сайт компании «Attunity». Автоматическое хранение данных – [Электронный ресурс] – Режим доступа - <https://www.attunity.com/solutions/data-warehousing/agile-data-warehouse-automation/> - Дата доступа: 27.02.2019.
4. Sumit Thakur. 9 Disadvantages and Limitations of Data Warehouse. – 2016.
5. Сайт компании «Experian». Data preparation – [Электронный ресурс] – Режим доступа - <https://www.experian.co.uk/business/data-management/data-preparation/> - Дата доступа: 27.02.2019.

УДК 004.9; ГРНТИ 50.41.25

## АНАЛИЗ МЕТОДИК СБОРА ДАННЫХ В БИЗНЕС-АНАЛИЗЕ

М.В. Гуськова

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, margaritaguskova@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются основные методики сбора данных в бизнес-анализе. Описаны преимущества данных методов и их главные недостатки. Итогом является предлагаемое решение по устранению проблем, возникающих при применении данных методик.

*Ключевые слова:* сбор данных, интервьюирование, анкетирование, «совместные игры», наблюдение, изучение документации.

## ANALYSIS OF DATA COLLECTION METHODS IN BUSINESS ANALYSIS

M.V. Guskova

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, margaritaguskova@yandex.ru*

*The summary.* The paper discusses the main methods of data collection in business analysis. The advantages of these methods and their main drawbacks are described. As a result, the proposed solution to eliminate the problems arising from the application of these techniques.

*Keywords:* data collection, interviewing, questioning, “joint games”, observation, study of documentation.

При организации проектов, связанных с созданием новой модели процесса управления либо реинжинирингом бизнес-процессов компании особое место занимает процесс сбора данных.

При проведении анализа процессов компании, аналитики сталкиваются с рядом ключевых вопросов, одним из которых является выбор подходящей методики сбора данных. От правильного выбора метода сбора информации зависит сам результат моделирования и актуальность предложенного решения.

В бизнес-анализе выделяют следующие основные методы сбора данных:

- наблюдение за бизнес-процессами компании в режиме реального времени;
- интервьюирование;
- анкетирование;
- «совместные игры»;
- изучение документации компании.

### Метод наблюдения за бизнес-процессами компании

Метод наблюдения рекомендуется использовать для рабочих процессов компании, которые предполагают производство продукции или услуги. Особенности данного метода изображены на рисунке 1. Преимущество метода в том, что у аналитика есть возможность просмотреть весь процесс целиком, зафиксировать входы, выходы и отслеживать все его стадии [1]. Недостатками метода наблюдения является то, что в процессе сбора данных могут быть упущены некоторые важные альтернативные сценарии бизнес-процесса и то, что данный метод не подойдет для применения на секретных предприятиях или опасных производствах.

### Метод интервьюирования

Метод интервьюирования рекомендуется использовать для сбора информации в рамках обследования офисных бизнес-процессов [2]. Данная методика позволяет аналитику выявить скрытые или неявные бизнес-процессы, получить информацию от владельцев процессов или исполнителей, так как только они могут описать процессы компании более подробно. Однако, использовать метод интервьюирования следует крайне осторожно. Зачастую, опрашиваемые сотрудники предоставляют аналитику искаженную информацию, выдавая желаемое за действительное, что может привести к значительной потере времени и получению неверных результатов моделирования.

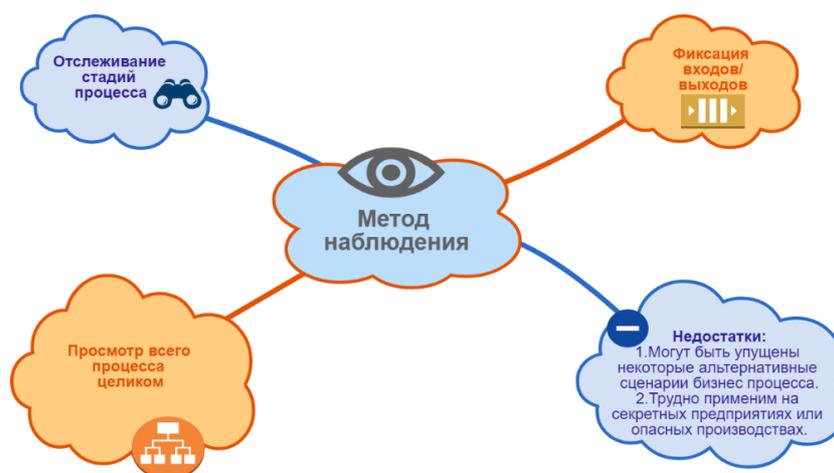


Рис.1. Метод наблюдения за бизнес-процессами компании

### Метод анкетирования

Метод анкетирования используется в тех случаях, когда в рамках проекта необходимо охватить большое число объектов исследования. Суть данного метода заключается в передаче сотрудникам анкет, которые содержат необходимые для последующего моделирования вопросы. Анкеты заполняются сотрудниками и передаются к заранее установленному сроку [2]. Преимуществом данной методики является то, что в процессе сбора информации не требуется непосредственное участие аналитика, что существенно экономит его время для других задач в рамках проекта. Недостатком метода является получение неактуальной или ложной информации, которую аналитик получает от сотрудников компании в форме анкеты.

### Метод «Совместные игры»

Одной из актуальных на сегодняшний день методик сбора данных является метод, называемый «совместные игры». Он появился недавно и подробно описан в стандарте ВАВОК, версии 3.0. Суть данного метода заключается в организации и проведении игры для сотрудников, предполагающей установленные правила. Игры, как правило, состоят из следующих этапов (рис.2):

Шаг 1. Начало игры, в котором ведущий объясняет участникам правила игры и сотрудники начинают предлагать свои идеи по улучшению бизнеса.

Шаг 2. Этап исследования, в котором участники взаимодействуют друг с другом и ищут связи между предложенными идеями, тестируют эти идеи и экспериментируют с новыми решениями.

Шаг 3. Заключительный шаг, на котором участники оценивают полученные ранее идеи и выбирают наиболее полезную информацию, которая в дальнейшем будет использована аналитиком.

В конце совместной игры ведущий и участники прорабатывают полученные результаты и определяют решения или действия, которые должны быть приняты в качестве итога игры. Недостатками методики является то, что игры могут занимать много времени, а так же восприниматься как неэффективный инструмент, особенно если ведущий неясно определил правила и цели игры. Еще одним недостатком, на который следует обратить внимание, является чувство ложного доверия к сделанным в группе выводам[1].

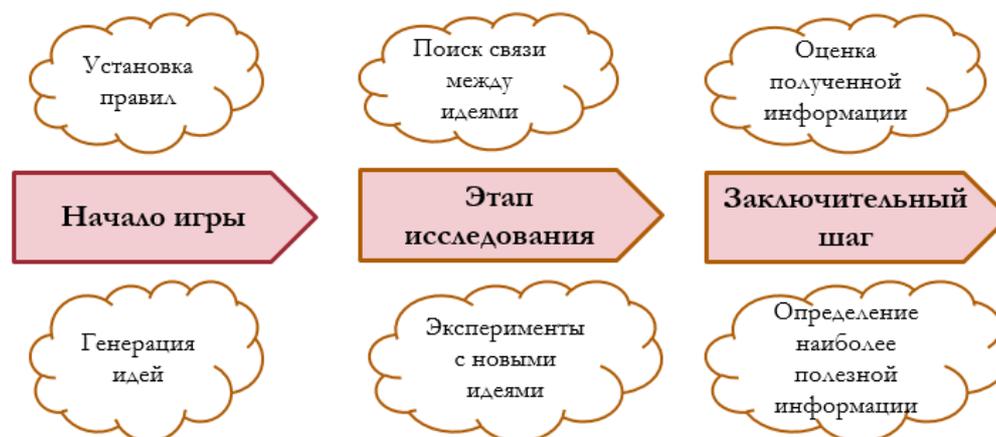


Рис.2. Этапы проведения «совместных игр»

### Метод изучения документации компании

Метод, предполагающий изучение внутренней документации компании помогает аналитику собрать информацию о текущих процессах и провести сравнение как процесс осуществляется на данный момент, с тем, как он протекал ранее. Сбор данных из внутренней документации компании имеет важное значение для построения моделей бизнес-процессов, так как для получения достоверной модели процесса требуется отразить в ней ссылки на регламенты и положения, регулирующие ту или иную деятельность компании[2]. Главным недостатком метода является получение неактуальной информации, которая может содержаться в документах, изучаемых аналитиком. В таком случае, бизнес-аналитик, при моделировании процесса может отразить ситуацию, не соответствующую действительности.

### Предлагаемое решение

Проведя анализ методик сбора данных на начальном этапе бизнес-анализа, можно сделать вывод, что все рассмотренные методы имеют схожие недостатки, главным из которых является получение недостоверной или неактуальной информации. Для устранения данной проблемы предлагается следующее решение. Метод, предполагающий изучение внутренней документации компании необходимо использовать как дополнительный, но не как единственный. Применение одной из рассмотренных методик в сочетании с методом изучения документации позволит аналитику собрать достоверную информацию о бизнесе и уточнить все аспекты процессов компании. Такое решение обеспечит подтверждение полученной информации.

Однако, такого решения на практике может быть недостаточно, так как применение нескольких методик может вызывать появление противоречивой информации. При возникновении данной проблемы необходимо провести анализ первопричины, путем последовательного ответа на вопросы, характеризующие исследуемый процесс и возникшие в нем узкие места.

### Библиографический список

1. International Institute of Business Analysis, BABOK v3. – Toronto, Ontario, Canada, 2015.
2. Data analysis techniques [Электронный ресурс], - <http://www.writeawriting.com/academic-writing/data-analysis-techniques/>. (Дата обращения 14.02.19).

УДК 004.932; ГРНТИ 28.23.15

## ОБЗОР МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ВЕКТОРИЗАЦИИ РАСТРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

**И.И. Виноградова**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, irkkkkkk@yandex.ru*

*Аннотация.* В статье рассматриваются существующие методы и алгоритмы векторизации растрового изображения. Выделены основные этапы преобразования растра в векторное представление.

*Ключевые слова:* растровое изображение, векторное изображение, векторизация.

## OVERVIEW OF METHODS AND ALGORITHMS FOR VECTORIZATION OF RASTER IMAGES

**I.I. Vinogradova**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, irkkkkkk@yandex.ru*

*The summary.* The article considers the existing methods and algorithms of raster image vectorization. The main stages of transformation of a raster into a vector representation are allocated.

*Keywords:* raster image, vector image, vectorization

Актуальность представления изображения в векторном формате связана с развитием и широким внедрением систем автоматизированного проектирования. Также, по сравнению с растровым, векторное представление имеет следующие преимущества: простота управления и совершения различных манипуляций, необходимость меньшего объема памяти, сохранение качества исходного изображения при его геометрических преобразованиях и др.

Целью данной работы является разработка и исследование методов и алгоритмов векторизации растровых изображений в задачах совмещения изображений в системах улучшенного и комбинированного видения и автоматического картографирования.

В данной работе будут рассмотрены методы и алгоритмы векторизации растрового изображения, а так же выделены основные этапы преобразования растра в векторное представление.

Растровое изображение – это изображение, которое представляет собой сетку пикселей – цветных точек (обычно прямоугольных) на различных отображающих устройствах, например, на мониторе или бумаге.

Векторным изображением является цифровое изображение, формирующееся из геометрических примитивов, например, точек или линий, по указанным формулам.

Векторизацией растрового изображения можно назвать процесс преобразования и представления растровой графики в векторной форме.

Пример растрового и векторного изображений показан на рисунке 1.

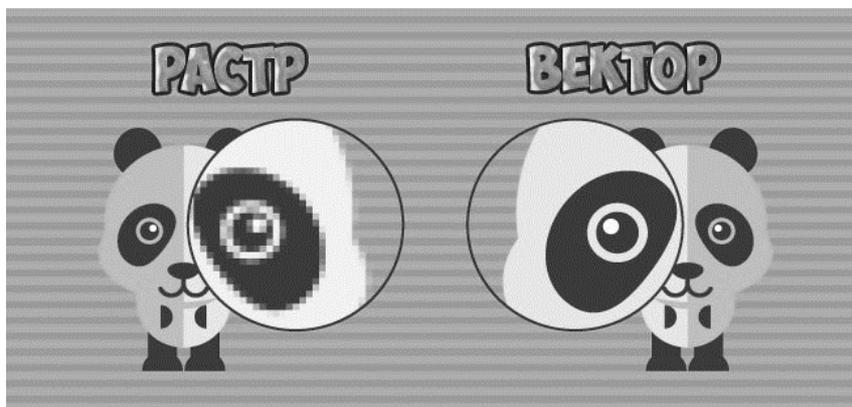


Рис. 1. Пример растрового и векторного изображения

Векторная и растровая графики имеют свои плюсы и минусы [1].

Преимуществом растровой графики является возможность создания рисунка любой сложности с различными вариантами цветовых переходов. Также есть и недостатки:

- большой объем графических файлов (что особенно актуально при больших разрешениях изображений);
- потеря качества изображения при условии изменения его геометрического размера или формы.

Основными преимуществами векторного изображения являются возможность точного создания и описания объекта, а так же возможность масштабирования и редактирования объекта без потери качества изображения.

Недостатки векторного изображения:

- отсутствие возможности создавать реалистичную картинку, приближенную по качеству к фотографии;
- существование обширной библиотеки фильтров, которая, в случае работы с кривыми, абсолютно бесполезна;
- возможность редактирования файлов, содержащихся картинки в векторе, только в той программе, в которой они были изначально созданы.

Важной особенностью векторной графики является то, что для каждого объекта, а, точнее, класса геометрических объектов, определяются управляющие параметры, которые конкретизируют его внешний вид. В последующей работе векторное изображение более гибкое, а для того, чтобы его увеличить или уменьшить, необходимо просто изменить масштаб геометрических примитивов.

По сравнению с растровым, векторный формат сам по себе компактнее и точнее передает графическую информацию, а любое редактирование растровых файлов получается до-

вольно затруднительным и требует больших затрат компьютерных ресурсов и времени оператора.

Из-за наличия различных требований и условий применения как на входные форматы и виды растровых изображений, так и на форматы выходных векторных данных, на данный момент в мире еще не придумали единого алгоритма векторизации растровых изображений.

Рассмотрим 3 основных метода представления изображения в векторном формате [2]:

- автоматическая векторизация, при которой программа сама определяет, какие растровые линии нужно аппроксимировать отрезками, дугами, а что является растровым текстом. Пользователю необходимо просто задать параметры, после чего запустить процедуру;
- интерактивная векторизация или по-другому трассировка – один из наиболее перспективных методов преобразования, с помощью которого можно совмещать автоматизированный процесс преобразования с интуитивным знанием пользователя. Оператору нужно указать на экране растровые линии, которые затем должны быть представлены в виде векторных объектов;
- гибридная технология, ставшая возможной в результате разработки алгоритмов локального распознавания геометрических примитивов, с помощью которых программа без анализа большого участка изображения с высокой скоростью идентифицирует растровую линию как отрезок, дугу или окружность.

Выделим основные этапы преобразования раstra в его векторное представление:

- загрузка раstra;
- предварительная обработка изображения;
- выделение контуров и «крайних» точек областей;
- группировка точек одной области, формирование многоугольника (вектора);
- корректировка полученных геометрических фигур;
- формирование векторного формата.

Этап выделения контуров областей используется оператором для предварительного выделения точек, описывающих эти области.

Группировка точек нужна для того, чтобы решить проблемы упорядочивания и принадлежности. Существуют разнообразные алгоритмы, позволяющие это делать. В общем случае они сводятся к следующим возможным решениям: обход контура, построение выпуклой оболочки; кластеризация.

Корректировка необходима для удаления «лишних» многоугольников, то есть избыточности информации.

Конечным этапом является формирование векторного формата, на котором решаются дополнительные задачи. Сюда относят нахождение различных статистических характеристик всего изображения, а так же характеристик некоторых областей. Полученную векторную и другую (дополнительную) информацию заносят в определенную структуру данных, которая сохраняется на носителях и используется в дальнейшем сторонними приложениями. Такая структура определена заранее.

Для векторизации изображения в моей последующей работе предлагается использовать следующий алгоритм векторизации изображений, получаемых от сенсоров систем технического зрения:

1. Предварительная обработка цветного или полутонового изображения. Данный этап помогает создать условия, повышающие эффективность и качество выделения, а также распознавания нужных для последующей обработки объектов. Существуют несколько способов предварительной обработки. В качестве методов предварительной обработки будут использованы шумоподавляющие фильтры – медианная, гауссовская фильтрация, математическая морфология и др.

2. Выделение границ на изображениях. Этот этап очень важен по причине того, что основная информация, представляющая интерес с точки зрения дальнейшей обработки, заключена в очертаниях отдельных областей, и включает в себя выделение на изображении границ объектов и очертаний однородных областей. Для этой задачи будут использоваться детекторы границ Собеля и Кэнни.

3. Векторизация набора несвязных пикселей, полученных в результате выделения границ. Для этого необходимо выполнить следующие шаги:

3.1. Предобработать полученный контурный препарат. Данный шаг необходим для улучшения распознаваемости выделенных объектов.

3.2. Соединение пикселей воедино. Это нужно для того, чтобы получить связанные объекты на изображении.

3.3. Заменить, если это возможно, полученные объекты растровым примитивом с найденными параметрами.

Благодаря преобразованию растрового изображения в векторное, исходное изображение получает все преимущества векторной графики, а именно: малые размеры файла, возможность масштабирования и редактирования без потери качества.

### Библиографический список

1. Векторно-растровое преобразование // Файловый архив для студентов [Электронный ресурс] - Режим доступа <https://studfiles.net> - Дата доступа 25.01.2019.
2. Этапы и методы векторизации изображения // Студенческая библиотека онлайн студентов [Электронный ресурс] - Режим доступа <https://studbooks.net> - Дата доступа 27.01.2019

УДК 004.9; ГРНТИ 28.17.31

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

А.Ю. Громов, М.А. Титова, А.А. Гудкова

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, [gromov.a.y@evm.rsreu.ru](mailto:gromov.a.y@evm.rsreu.ru)*

*Аннотация.* В работе рассматривается задача моделирования образовательной деятельности образовательных программ высшего образования с целью контроля показателей результатов обучения и соблюдения норм оказания образовательных услуг в соответствии с регламентирующими документами.

*Ключевые слова:* процессное моделирование, образовательная деятельность, метрики, образовательный стандарт.

## MODELING OF EDUCATIONAL ACTIVITIES

A.Y. Gromov, M.A. Titova, A.A. Gudkova

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, [gromov.a.y@evm.rsreu.ru](mailto:gromov.a.y@evm.rsreu.ru)*

*The summary.* The paper deals with the task of modeling the educational activities of educational programs of higher education in order to monitor the indicators of learning outcomes and compliance with the standards for the provision of educational services in accordance with regulatory documents.

*Keywords:* process modeling, educational activities, metrics, educational standard.

В последние годы главной задачей в учебных заведениях стало внедрение информационных систем в процессы образовательной деятельности. Информационные процессы оказывают влияние на все составляющие образовательной системы вуза: содержание образования, деятельность педагогических и вспомогательных кадров, решение финансово-хозяйственных вопросов и другие аспекты оказания образовательных услуг.

Основной составляющей образовательной деятельности вуза являются основные профессиональные образовательные программы.

В соответствии с «Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» [1], образовательная программа высшего образования представляет собой набор основных характеристик образования, материально-технических и кадровых условий, а так же форм контроля результатов образовательной деятельности.

Образовательные программы разрабатываются в форме комплекта рабочих программ, учебного плана, методических рекомендаций и оценочных материалов.

Образовательные программы регламентируют цели, ожидаемые результаты, содержание, условия и технологии реализации образовательного процесса, оценку качества подготовки выпускника направлению подготовки и включает в себя: общую характеристику, календарный учебный график, учебный план, рабочие программы дисциплин и другие материалы, обеспечивающие качество подготовки обучающихся, а также программы учебной и производственных практик, программу государственной итоговой аттестации, оценочные и методические материалы.

В образовательной программе устанавливаются:

- планируемые результаты освоения образовательной программы – компетенции выпускников, установленные образовательным стандартом;
- планируемые результаты обучения по каждой дисциплине и практике, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Образовательные программы постоянно обновляются по ряду причин:

- утверждение новых образовательных стандартов;
- изменения регламентационных документов организаций осуществляющих образовательную деятельность;
- развитие науки и техники;
- корректировки результатов обучения на основе пожеланий работодателей будущих выпускников.

Главной задачей поддержания актуальности образовательных программ становится использование информационных систем на кафедрах, что является ключевым шагом в обеспечении информационно-образовательной среды вуза. Основой таких информационных систем должны являться процессные модели, описывающие все нюансы образовательного процесса и контроля соблюдения всех регламентируемых норм.

Использование подходов процессного моделирования позволяет контролировать показатели образовательной деятельности на всех этапах формирования и мониторинга образовательных программ.

В данной работе в качестве средств мониторинга используется нотация моделирования бизнес-процессов BPMN и среда моделирования ARIS Express [2].

На рисунке 1 приведена модель процесса организации образовательной деятельности.

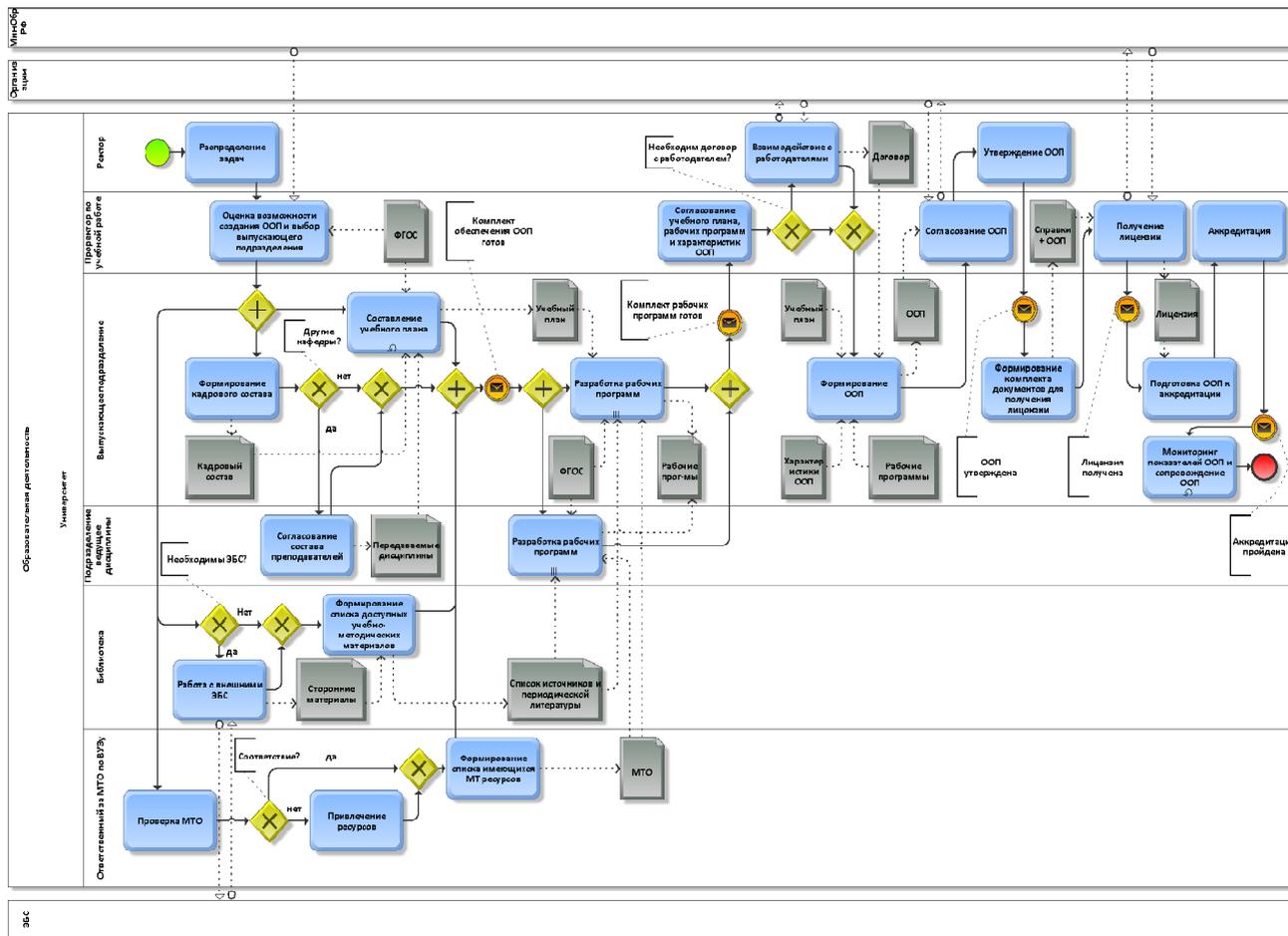


Рис. 1. Организация образовательной деятельности

Получение лицензии начинается с постановления ректором задачи открыть новое направление. Далее оценивается и согласовывается возможность создания образовательной программы. В ходе процесса формируются и согласовываются кадровый состав, дисциплины, материально-техническое обеспечение, учебно-методические материалы, составляется учебный план, разрабатываются рабочие программы. В результате формируется основная профессиональная образовательная программа, утверждаемая ректором. После получения лицензии проходит аккредитация основной профессиональной образовательной программы. В дальнейшем осуществляется ее постоянный мониторинг и сопровождение.

На рисунке 2 приведен процесс контроля показателей образовательной деятельности.

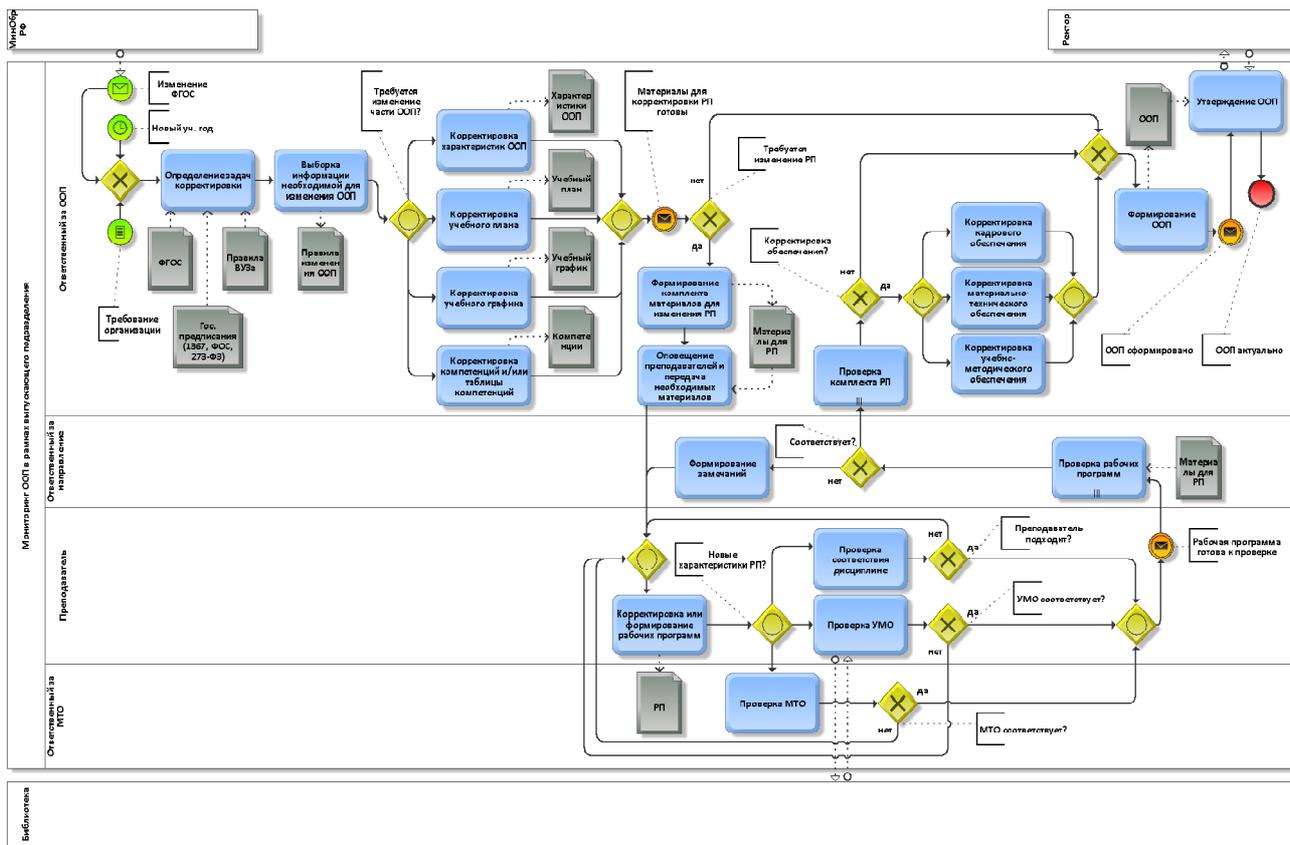


Рис. 2. Контроль показателей образовательной деятельности

Мониторинг образовательной деятельности применяется для модернизации и обеспечения качества высшего образования. Мониторинг является отражением новых требований управления к качеству, объему и срокам подачи информации для принятия управленческих решений, адекватных реальному положению дел.

Процесс актуализации образовательных программ в рамках выпускаемого подразделения запускается в нескольких случаях:

- 1) произошли изменения в министерских документах регламентирующих образовательную деятельность;
- 2) происходит подготовка к началу нового учебного года;
- 3) изменились локальные нормативные акты организации, осуществляющей образовательный процесс.

Руководитель образовательной программы определяет задачи корректировки и формирует необходимые документы для внесения изменений в требуемую часть программы. После корректировки рабочих программ преподаватели передают их для проверки руководителю образовательной программы, после чего формируется комплект документов, входящих в образовательную программу. После согласования рабочие программы утверждаются ректором по учебной работе.

Моделирование процессов образовательной деятельности действенный инструмент контроля ее основных показателей. Применение процессного подхода позволяет снимать метрики образовательной деятельности и вносить коррективы в случае несоответствия нормам, регламентируемым федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования и другими регламентирующими документами Министерства науки и высшего образования РФ, а также стандартами организаций, осуществляющих образовательный процесс.

### Библиографический список

1. Приказ Министерства образования и науки РФ от 05.04.2017 г. № 301 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры».
2. Август-Вильгельм Шеер ARIS - моделирование бизнес-процессов. Пер. с англ. -М.: Вильямс, 2009. - 224.С.

УДК 004.8; ГРНТИ 282200

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

В.С. Агейкова

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, viktorina0126@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются несколько категорий программных приложений в образовательной сфере, полученные при использовании искусственного интеллекта. Приводятся их основные особенности, принципы действия и влияние на учеников и образовательный процесс в целом.

*Ключевые слова:* искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение, образование, методы ИИ.

## ANALYSIS OF THE RESULTS OF THE EDUCATIONAL PROGRAMS

V.S. Ageykova

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, viktorina0126@yandex.ru*

*The summary.* The paper discusses several categories of software applications in the educational sphere, obtained using artificial intelligence. The main features, principles of action and influence on pupils and the educational process as a whole are given.

*Keywords:* artificial intelligence (AI), machine learning, education, AI methods.

Машинное обучение набирает обороты и популярность. Рассмотрим самые востребованные категории программных приложений на основе ИИ, которые были разработаны для поддержки обучения напрямую: персональные репетиторы для каждого учащегося, интеллектуальная поддержка для совместного обучения, интеллектуальной виртуальной реальности и прогнозирование результатов экзаменов.

Лаборатории знаний Университетского колледжа Лондона и компания Pearson провели исследование, результаты которого показали, что уже немалая часть школ и университетов применяют технологии искусственного интеллекта для улучшения образовательного процесса[1].

### Интеллектуальные системы репетиторства

Это первая категория программных приложений, которые работают по принципу модели на основе адаптивного репетитора. В основе лежат три ключевые модели: педагогическая модель, модель предметной области (домена) и модель учащегося.

Необходимо, чтобы система имела знания об:

- эффективных подходах к преподаванию (представленных в педагогической модели);
- изучаемом предмете (представленном в модели предметной области);
- учащихся (представленных в модели учащегося).

Для лучших результатов необходимы еще такие модели, которые дают представление о социальных, эмоциональных и мета-когнитивных аспектах обучения. Это позволит системам учесть полный спектр факторов, влияющих на обучение.

На протяжении последнего десятилетия были введены многочисленные адаптивные репетиторы для поддержки индивидуального обучения.

**iTalk2Learn**- проект, который разработал интеллектуальную обучающуюся платформу с открытым исходным кодом и объединил опыт машинного обучения, моделирования пользователей, интеллектуальных систем обучения, обработки естественного языка, образовательной психологии и математического образования. Проект поддерживает обучение математике для студентов в возрасте от 5 до 11 лет. Ключевые инновации проекта - это адаптивный секвенсор (учитывает все предыдущие показатели ученика и его поведенческие модели для адаптации к потребностям ученика) и распознавание речи (позволяет обнаружить модели поведения, отношение к ситуации обучения и аффективное состояние ученика).

**AutoTutor** обучает компьютерной грамотности, физике и критическому мышлению, общаясь с учащимся на естественном языке. Первоначально разработанная в Университете Меллона, эта система была широко внедрена на нескольких уровнях математики и естественных наук по всей стране. Так же этот когнитивный репетитор помогает студентам Карнеги-Меллона понимать такие вопросы, как взаимодействие генов и регуляция генов.

**ASSISTments** - бесплатная онлайн-программа, разработанная на Вустерском политехническом институте, которая обучает студентов по различным предметам. Исследование MIT показало, что ASSISTments - одна из немногих образовательных платформ, доказавших, что она эффективно увеличивает успеваемость студентов по математике.

В исследовании приняли участие более 2800 учащихся из 43 школ штата Мэн. Участниками были учителя математики 7-го класса и их ученики. Сбор данных закончился в июне 2015 года. В исследовании MIT [2] проведен обзор более 100 образовательных технологических исследований, и сделан вывод, что ASSISTments - одна из самых перспективных программ в США, внешняя оценка [3] показала, что он удваивает ежегодные достижения студента по стандартизированной математической дисциплине. Институт образовательных наук присудил SRI International и ее партнерам, Вустерскому политехническому институту (WPI) и Университету штата Мэн грант для проведения скрупулезных исследований по домашней работе в онлайн-математике в средней школе.

В китайском высшем образовании аффективные вычисления имеют потенциал для улучшения онлайн-обучения. В Сычуаньском университете профессор внедрил программное обеспечение для распознавания лиц с целью измерить уровень интереса студентов во время лекций. Исследователи из нескольких учреждений, используя датчики Microsoft Kinect, обнаружили, что датчики слежения за глазами в Интернете могут точно оценить уровень владения китайским языком, что позволяет адаптировать контент к способностям каждого ученика и диагностировать нарушения обучения. На онлайн-платформах Coursera, EdX и UdaCity искусственный интеллект оценивает тесты и эссе. Обучающие программы Carnegie Speech и Duolingo используют технологию обработки естественного языка, чтобы распознавать ошибки в произношении людей и исправлять их.

### **Интеллектуальная поддержка для совместного обучения**

Исследования показали, что сотрудничество может способствовать более высоким результатам обучения, чем само обучение. Вторая категория делится на следующие подгруппы:

- Адаптивное формирование группы

При этом используются методы ИИ и знания об отдельных участниках. Цель состоит в том, чтобы создать группу студентов со схожим когнитивным уровнем и схожими интересами или группу, в которой участники приносят разные, но взаимодополняющие знания и навыки.

- Экспертное содействие

Модели эффективного сотрудничества, известные как «шаблоны сотрудничества», используются для обеспечения интерактивной поддержки участвующих студентов. Методы ИИ, такие как машинное обучение или Марковское моделирование, использовались для определения эффективных стратегий совместного решения проблем. Затем их можно использовать для обучения систем распознаванию, когда у учащихся возникают проблемы с пониманием концепций.

- Интеллектуальные виртуальные агенты

Эти агенты ИИ могут выступать в роли посредника во взаимодействии со студентами в Интернете или просто участвовать в диалогах, действуя как:

- эксперт-участник (тренер или репетитор);
- виртуальный сверстник (искусственный ученик на том же уровне, что и ученик, но способный предоставить новые идеи);
- кто-то, кому участники могут сами преподавать - например, искусственный ученик может иметь намеренное заблуждение или предоставлять альтернативные точки зрения, чтобы стимулировать продуктивные аргументы или размышления.

- Интеллектуальная модерация

Использует методы ИИ, такие как машинное обучение и поверхностная обработка текста, для анализа и обобщения дискуссий, чтобы дать возможность репетитору-человеку направлять студентов к плодотворному сотрудничеству. Например, система может предоставлять предупреждения репетиторам-людям, чтобы информировать их о значительных событиях (таких как отклонение учащихся от темы или повторение неправильных представлений), которые могут потребовать их вмешательства или поддержки.

Компания Knewton предоставила продукт, который является примером интеллектуальной поддержки для совместного обучения (ученик и учитель). В результате их работы была создана образовательная платформа, которую можно подключить к любой современной системе управления учебным процессом [4].

Платформа использует данные, чтобы понять уровень знаний студента и какой способ обучения наиболее эффективен для него. На основе анализа этих данных система дает рекомендацию о последовательности изучения тем. Knewton предоставляет преподавателям отчеты в реальном времени, которые помогают им определять слабые места в подготовке студентов, создавать для каждого адаптированный учебный план и уделять особое внимание на уроках тем темам, которые студенты усвоили хуже всего.

Предварительные итоги эксперимента показали, что результаты улучшились на 18%, а процент отчислений упал на 47%. Эти результаты вдохновили The Gates Foundation в 2013 году запустить специальную программу по ускорению распространения технологий адаптивного обучения.

### **Интеллектуальная виртуальная реальность**

Виртуальная реальность имитирует некоторый аспект реального мира, к которому у пользователя не было бы доступа в противном случае. Внедрение ИИ в приложения виртуальной реальности обеспечивает постоянную интеллектуальную поддержку и возможность контролировать, по правильному ли пути следует ученик.

В этом случае ИИ будет реализован по тому же принципу, какой используется в онлайн-играх: изменять виртуальное пространство в зависимости от действий пользователей.

Такие технологии уже реализуются. Проект Immersive VR Education дает возможность студентам погрузиться в ситуации первого полета на Луну или тонущего «Титаника», а студенты-медики получают возможность попробовать провести операции в виртуальной реальности.

Данные системы могут помочь получать не только новые знания, но преодолевать проблемы психологического характера. Виртуальная среда FearNot была придумана с целью помощи ученикам, которых запугивают в школе. В VR конструируется ситуация, когда ученика начинают травить одноклассники.

Правительства во всем мире проводят реформы в сфере образования, которые призваны поддержать новые методы в обучении. Knowledge Alliances — часть программы Европейской комиссии Erasmus+ — это совокупность проектов, которые объединяют высшие учебные заведения и коммерческие организации, чтобы решить возникающие проблемы в образовании, а так же помогать внедрять инновационные технологии.

Панамериканская сеть проблемного обучения распространяет новые подходы к обучению с использованием ИИ: актуальные данные публикуются на 2 языках, раз в полгода проводится собрание, а так же в любое время доступны для ответов на интересующие вопросы. Университет образования Баку создал комплексную, основанную на исследованиях модель, которая позволяет учителям и высшим учебным заведениям оценивать, вносить поправки и улучшать свои способы обучения. Эта модель, более знаменитая как Золотой стандарт обучения на основе проектов, берет во внимание цели студентов, основные элементы проектных решений и методы преподавания.

Постоянно появляются новые организации, исследующие возможности внедрения искусственного интеллекта в образование с целью усовершенствовать данную область, это свидетельствует о возрастающем интересе к использованию ИИ.

### Библиографический список

1. AutoTutor [Электронный ресурс] - URL: <http://ace.autotutor.org/IISAutotutor/index.html> (Дата обращения: 20.02.19).
2. Maya Escueta, Vincent Quan, Andre Joshua Nickow, Philip Oreopoulos, Education Technology: An Evidence-Based Review - NBER Working Paper No. 23744, August 2017.
3. Assisments: improving learning through scientific research [Электронный ресурс] - URL: <http://www.aboutus.assistments.org/about-assisments-home.php> (Дата обращения: 20.02.19).
4. Knewton: адаптивное обучение в действии [Электронный ресурс] / Newtonew: новости сетевого образования. - URL: <https://newtonew.com/tech/knewton-adaptivnoe-obuchenie-v-dejstvii> (Дата обращения: 20.02.19).

УДК 519.246.8; ГРНТИ 83.03.05

## МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Е.С. Тюнина

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, caterinatyunina@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются основные методы анализа и прогнозирования временных рядов. Приводятся их особенности и недостатки, а также ограничения, накладываемые на методы статистического анализа временных рядов.

*Ключевые слова:* корреляционный анализ, спектральный анализ, модели авторегрессии, модели скользящего среднего, бутстреп, нейросетевой метод.

## METHODS OF ANALYSIS AND FORECASTING OF TIME SERIES

E.S. Tyunina

*Ryazan State Radio Engineering University,*

*Russia, Ryazan, caterinatyunina@yandex.ru*

*The summary.* The paper deals with the main methods of time series analysis and forecasting. Their features and shortcomings, as well as restrictions imposed on the methods of statistical analysis of time series are given.

*Keywords:* correlation analysis, spectral analysis, autoregression models, moving average models, bootstrap, neural network method.

По мнению экспертов существует более ста методов прогнозирования. Меньшую часть из существующих методов представляют так называемые базовые, которые в различных вариациях встречаются в других методах. Методы могут быть использованы в виде как самостоятельных приемов прогнозирования, так наборами алгоритмов, различающихся числом и последовательностью применения частных приемов [1].

Так, регрессионные модели используются для моделирования тренда, гармонический и спектральный анализы применяются при выявлении колебаний относительно тренда. Для того, чтобы описать и спрогнозировать подобные процессы применяют модели авторегрессии, скользящего среднего или гармонические модели.

Поэтому, для получения адекватных прогнозов исследуемого объекта, специалистам, исходя из специфики ряда, необходимо подобрать наиболее подходящие методы.

При анализе временных рядов значительная роль отведена стационарным временным рядам. Стационарными рядами называют временные ряды с отсутствующими тенденцией и циклическими компонентами, при этом для формирования следующего уровня ряда производится суммирование случайной компоненты и среднего уровня ряда. Стационарные временные ряды, вероятностные свойства которых не изменяются во времени, могут быть применимы при описании случайных составляющих анализируемых рядов [2].

Реальные процессы, как правило, не являются стационарными. Проблема построения адекватных моделей нестационарных временных рядов связана с недостаточным объемом наблюдений и изменяющейся со временем статистической структурой временного ряда.

В настоящее время одними из самых распространенных методов анализа считаются корреляционный и спектральный анализ, модели авторегрессии и скользящей средней, бутстреп и нейросетевой метод.

Выявить формы периодичности и взаимовлияния временных процессов, а также спрогнозировать поведение временного ряда можно с помощью корреляционного анализа. Анализ заключается в исчислении коэффициента автокорреляции. Максимальное значение коэффициента первого порядка (по модулю) свидетельствует о наличии тренда, порядка  $n$  – о присутствии циклического колебания с периодичностью в  $n$  моментов времени, значение близкое к нулю говорит либо об отсутствии тенденции и циклических колебаний, либо о нелинейной тенденции, выявление которой требует дополнительного анализа.[3]

Скрытая зависимость появляется в промежутки времени, получившие название лаги. Модели, использующие лаговую автокорреляцию называются автокорреляционными или авторегрессионными. Модель авторегрессии применима для описания не только стационарных, но и нестационарных временных рядов, при соблюдении ряда условий, накладываемых на параметры модели.

Для построения модели скользящего среднего, берется выборка последних данных за определенный промежуток времени. Каждое новое значение рассчитывается путем усреднения текущего значения случайного отклонения и нескольких предыдущих ошибок.

Широкое распространение получили адаптивные модели прогнозирования, базирующиеся на объединении схем авторегрессии и скользящего среднего. Для анализа и прогнозирования стационарных рядов применяется модель ARMA, для нестационарных – модель

ARIMA. Использование данной модели позволяет расширить класс рядов, пригодных к анализу с приемлемым показателем точности, не требует высокой квалификации пользователя, применяется во многих статистических пакетах

Гармонический (спектральный) анализ позволяет произвести оценку сезонной компоненты. Целью данного метода является разложение временного ряда на сумму синусоидальных функций с различными частотами. В результате анализа становится возможным выделение повторяющихся циклов различной длины, появление которых особенно существенно и значимо.

Гармонический анализ определяет корреляцию тригонометрических функций различной частоты с наблюдаемыми данными. При высокой корреляции делается вывод о существовании строгой периодичности в данных.

Идея бутстрепа заключается в многократном извлечении из эмпирического распределения повторной выборки. Из выборки, состоящей из  $N$  элементов, на каждом шаге извлекается произвольный элемент и снова возвращается в исходную выборку, что делает возможным его повторное извлечение. Всего производится  $n$  шагов. В результате образуются выборки того же объема. При этом один и тот же элемент может встречаться не единожды, в то время как другие элементы отсутствовать вовсе. Количество сформированных бутстреп-выборок не ограничено. Для интересующего параметра из исходной выборки строится оценка по каждой бутстреп-выборке, после чего полученные значения усредняются [4].

Нейронные сети представлены аналитическими методами для моделирования множества факторов. Метод предусматривает прогнозирование некоторого числа переменных, полученных после этапа обучения.

В качестве положительной стороны использования метода считается его применимость при наличии слабовыраженной зависимости входов и выходов. При этом, специалист не обязан строить предположения относительно характера данной взаимосвязи. Все это: от выявления типа связи и весовых коэффициентов, производится алгоритмами машинного обучения.

В основе моделирования лежат данные, подтвержденные опытным путем. Непроверенные предположения не учитываются. При применении подхода может возникнуть ряд проблемных ситуаций. К примеру, недостаточность данных для проведения процедуры обучения или неверно определенная размерность входов. Потребитель определяет цели моделирования, от которых в свою очередь зависит постановка задач. Вместе эти факторы влияют на требования, предъявляемые к входным и выходным показателям, к их структуре и составу. Решение этих проблем входит в миссию аналитиков. Для принятия верного заключения, он должен предоставить обоснованные результаты прогноза, построенного по сформированному им ранее набору показателей.

Тем не менее, на предварительном этапе каждому из факторов должен соответствовать индивидуальный прогноз. Первичные прогнозы сравниваются с результатами использования метода. Несовпадения хотя бы по одному из них свидетельствуют о некорректности работы всей модели.

### **Проблемы анализа временных рядов**

Множество разнообразных статистических моделей, методов и критериев не избавляют статистический подход к моделированию от ряда ограничений и проблем.

Одной из основных проблем анализа временных рядов является выбор адекватной модели, а также минимизация ошибки прогнозирования для выбранного метода. Однозначных критериев не существует, поэтому, зачастую, используют несколько критериев с различной эффективностью. Кроме того, разные методы характеризуются различной чувствительностью точности аппроксимации данных к действию факторов.

Другой проблемой является моделирование нестационарных временных рядов. При работе с нестационарными рядами следует учитывать конечность выборки и различия распределений для разных выборок. Модели и методы прогнозирования стационарных рядов, в случае с нестационарными временными рядами, требуют адаптации. Использование данных моделей без предварительной адаптации может привести к тому, что ошибка прогноза при увеличении статистической базы может не убывать.

При использовании адаптивных моделей возникает проблема в определении объема выборки для проведения скользящего усреднения, направленного на получение наименьшей ошибки прогноза. Данный вопрос решается экспертом и, соответственно, зависит от его опыта и квалификации.

Применение гармонического анализа возможно при существовании зависимости корреляционной функции от разности моментов в стационарных процессах. Прогнозирование нестационарных рядов с использованием данного метода приводит к высокой погрешности.

Размножение выборки бутстреп методом возможно, при условии принадлежности некоторой выборки генеральной совокупности и неизменности функции распределения. Изменение функции распределения приведет к существенным различиям между размноженными выборками и изначальной.

Исходя из вышесказанного, можно выделить следующие ограничения статистического моделирования временных рядов:

- на класс моделируемых процессов;
- на длину временного ряда;
- ресурсов;
- информативности.

Таким образом, несмотря на наличие огромного количества разнообразных методов, позволяющих произвести анализ и прогнозирование временных рядов, не существует универсального метода, пригодного для решения любого типа задач. Каждый метод имеет как свои достоинства, так и недостатки. К тому же, при выборе подхода, необходимо учитывать не только особенности решаемой задачи, но и накладываемые на метод ограничения.

### **Библиографический список**

1. Владимирова Л.П. Прогнозирование и планирование в условиях рынка: учеб. пособие. М.: Изд. дом «Дашков и К», 2000. – 308 с.
2. Кизбикенов, К. О. Прогнозирование и временные ряды: учебное пособие / К. О. Кизбикенов. – Барнаул: АлтГПУ, 2017 – 113 с.
3. Елисеева И. И. Эконометрика : учебник для магистров / под ред. И. И. Елисеевой. — М. : Издательство Юрайт, 2014. — 453 с.
4. Шитиков В.К., Розенберг Г.С. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R. - Тольятти: Кассандра, 2013 - 314 с.

УДК 621.396; ГРНТИ 47.47

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОНТУРОВ СЛАБОРАЗЛИЧИМЫХ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

А. Ю. Лоскутов, О.В. Мельник, М.Б. Никифоров

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, nikiforov.m.b@evm.rsreu.ru*

*Аннотация.* В данной статье рассматриваются методы фильтрации и обработки сигналов на основе преобразования Фурье. Основной задачей таких преобразований, является идентификация контуров слабо различимых объектов.

*Ключевые слова:* идентификация контуров, выделение контуров, преобразование Фурье, спектральный анализ, свертка

## IDENTIFICATION OF CONTOURS OF POORLY DISTINGUISHABLE OBJECTS IS

A. Y. Loskutov, O.V. Melnik, M.B. Nikiforov

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, nikiforov.m.b@evm.rsreu.ru*

*Annotation.* In this article, methods of filtration and processing of signals on the basis of Fourier's transformation are considered. The main objective of such transformations, identification of contours of poorly distinguishable objects is.

*Keywords:* contour identification, contour selection, Fourier transform, spectral analysis, convolution

В современном мире цифровых технологий, обработка изображений является одним из ключевых вопросов. Это связано со стремлением перевести как можно больше информации на удобную для понимания человеком плоскость, то есть визуализировать ее. Такой подход к восприятию информации, является более полным, в отличие от прочих. Например, если нам сказать «здесь растёт дерево», при этом лишиться визуальной информации. В этом случае мы не сможем точно знать какими свойствами оно обладает, более того мы интуитивно попытаемся его визуализировать в нашем сознании. Однако, если нам показать, то самое дерево, не сказав что это, мы с большой вероятностью сможем его классифицировать и даже определить некоторые его свойства.

На сегодняшний день можно выделить несколько типов задач для которых требуется обработка изображения или ряда изображений (видеопотока). Среди них основными являются изменение качества отображения и поиск информации на изображении. Задача изменения качества отображения в большинстве случаев сводится к регулировке интенсивности цвета и света обрабатываемого изображения. В отличие от задачи изменения, поиск информации является более трудоемкой задачей и как правило состоит из множества подзадач, к которым относятся контурное выделение и сравнение выделенной области с шаблоном искомой информации. Одним из возможных способов обработки изображения с целью вычисления необходимой информации на нем, являются методы основанные на преобразовании Фурье.

### Преобразование Фурье

Преобразование Фурье – это операция, сопоставляющая одной функции вещественной переменной  $X(t)$  другую  $Y(w)$ .

В зависимости от того, является ли исходная функция дискретной или непрерывной, существует два математических способа реализации данного преобразования.

Первый способ представляет функцию  $f$  с периодом  $\tau$  в виде ряда:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{+\infty} A_k * \cos \left( x * k * \frac{2\pi}{\tau} + \theta_k \right). \quad (1)$$

Такое представление функции называется ряд Фурье, который так же может быть записан в виде:

$$f(x) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} \hat{f}_k e^{ik\frac{2\pi}{\tau}x}, \quad (2)$$

где

$A_k$  – амплитуда  $k$ -го гармонического колебания,

$k\frac{2\pi}{\tau} = k\omega$  – круговая частота гармонического колебания,

$\theta_k$  – начальная фаза  $k$ -го колебания,

$\hat{f}_k$  –  $k$ -я комплексная амплитуда.

Второй способ представляет функцию  $f$  в виде интеграла, поэтому его еще называют интегралом Фурье. Интеграл Фурье задается следующей формулой:

$$\hat{f}(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) * e^{-ix\omega} dx. \quad (3)$$

За счет основных свойств преобразования, такой подход к обработке изображений имеет больше возможности применения. Одним из таких свойств является его линейное отображение, а с соответствующей нормалью, оно является унитарным, то есть ограниченным на Гильбертовом пространстве. Еще одним не маловажным свойством, является свойство смещения во времени, которое гласит что любой сдвиг сигнала во времени приводит к изменению фазы спектра, при этом не влияя на амплитудную функцию.

Стоит отметить, что все преобразования Фурье являются обратимыми, причем обратное преобразование имеет ту же форму, что и прямое.

### Двумерное преобразование Фурье

Зная, что любое изображение можно представить, как двумерный сигнал, его спектр также будет являться двумерным сигналом. Функция преобразования Фурье в данном случае будет иметь вид:

$$h_{k_1, k_2}^{\pm}(n_1, n_2) = \sin\left(\frac{2\pi k_1 n_1}{N_1} \pm \frac{2\pi k_2 n_2}{N_2}\right) \quad (4)$$

где

$N_1, N_2$  – размер исходного сигнала и спектра

$k_1, k_2$  – номер функции

$n_1, n_2$  – переменные аргументы функции

На изображении каждая такая функция представляет собой волну определенной частоты, ориентации, а также фазы.

Комплексный вид преобразования Фурье определяется формулами:  
для исходного сигнала:

$$x[n_1, n_2] = \frac{1}{N_1 * N_2} * \sum_{k_1=0}^{N_1-1} \sum_{k_2=0}^{N_2-1} X[k_1, k_2] * e^{in_1k_1\left(\frac{2\pi}{N_1}\right)} * e^{in_2k_2\left(\frac{2\pi}{N_2}\right)}, \quad (5)$$

для спектра:

$$X[k_1, k_2] = \frac{1}{N_1 * N_2} * \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_2=0}^{N_2-1} x[n_1, n_2] * e^{-in_1k_1\left(\frac{2\pi}{N_1}\right)} * e^{-in_2k_2\left(\frac{2\pi}{N_2}\right)}. \quad (6)$$

Так как, непосредственное вычисление двумерного преобразования Фурье по заданным формулам, требует колоссальных вычислительных затрат, более эффективным способом данного преобразования для изображения, является одномерное быстрое преобразование Фурье (БПФ). Такой алгоритм заключается в вычислении сначала от всех строк, а затем от всех столбцов данного изображения.

### Применение теоремы запаздывания для идентификации контуров

Как упоминалось ранее, согласно теореме запаздывания (свойству смещения во времени), сдвиг сигнала приводит к изменению фазы спектра, при этом не влияя на амплитудную функцию. Из этого утверждения, можем сделать вывод, что при любом смещении объекта, его можно идентифицировать по амплитуде.

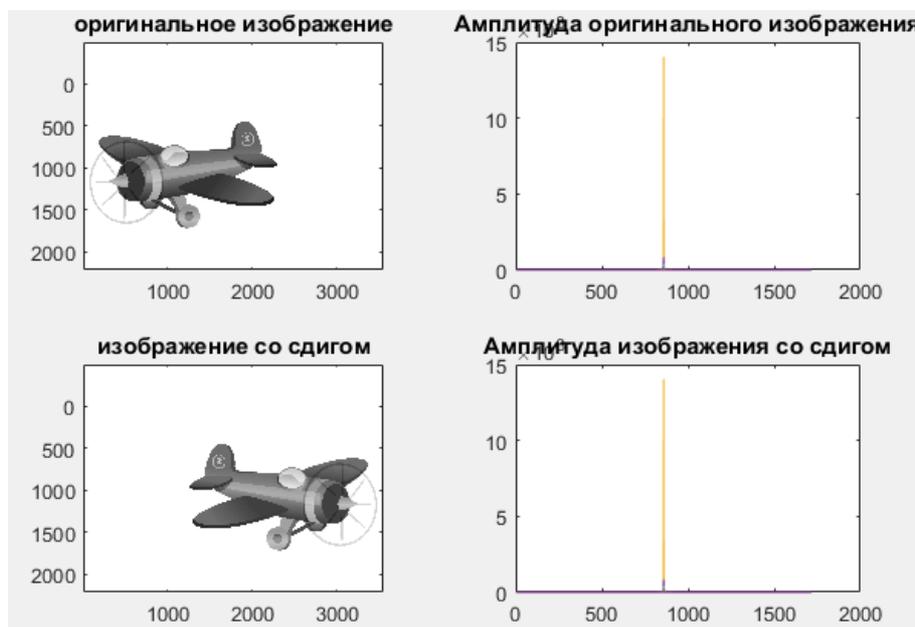


Рис. 1. Влияние смещения объекта на его амплитудную функцию

Такой способ идентификации подходит только для изображений с ярко выраженным спектром искомого объекта.

Для изображений с большим количеством объектов, согласно свойству линейного отображения, спектр изображения представляет собой сумму спектров каждого из объектов в отдельности. Отсюда следует, что если мы из общего спектра изображения вычтем спектр искомого объекта, то объект должен исчезнуть с изображения.

А что произойдет, если искомого объекта не было на изображении? В этом и заключается основной недостаток данного метода, так как в этом случае результат является не пред-

сказуемым. Это значит, что мы не сможем зафиксировать факт отсутствия искомого объекта на изображении.

### Идентификация контуров с помощью спектрального анализа

Как известно из определения, спектр изображения представляет собой косинусоидальное колебание с определенной амплитудой и начальной фазой. Иначе говоря, это некая частотная функция. В центре этого спектра расположена нулевая частота, вокруг которой находятся низкие частоты. Дальше располагаются высокие частоты.

Учитывая, что в высоком диапазоне частот, как правило, находятся перепады яркости и цвета, можем сделать вывод, что высокие частоты содержат контуры объектов на изображении.

Отсюда следует, что удаление информации из центра спектра равносильно удалению информации из низких частот. Это значит, что при удалении определенного количества информации, на изображении останутся контуры объектов для дальнейшей их идентификации.

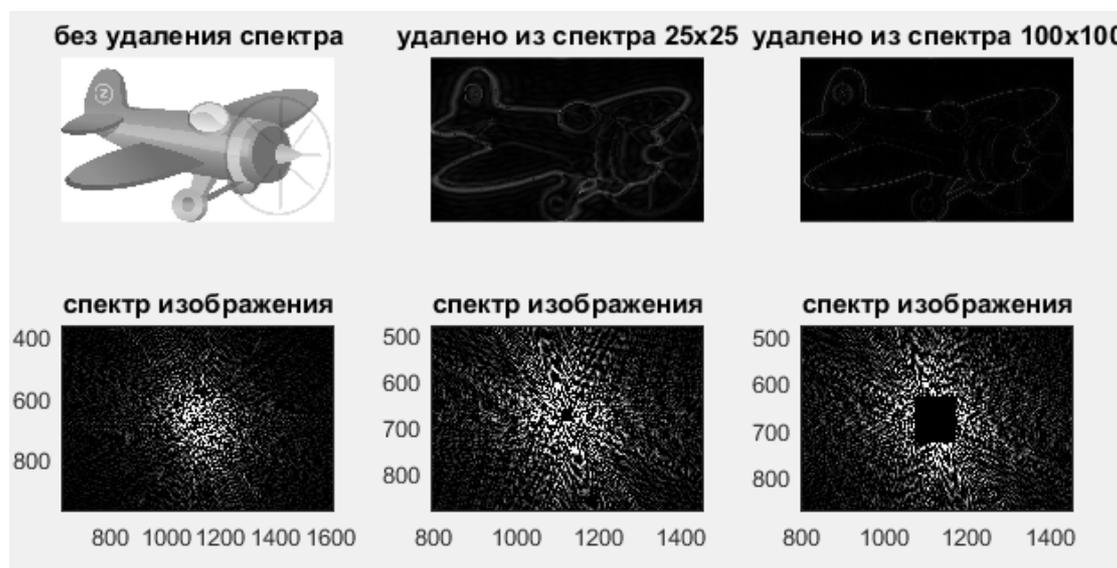


Рис. 2. Удаление информации из спектра изображения

Данный метод идентификации контуров требует довольно точной настройки, а также вспомогательных методов для сравнения полученного контура с шаблоном.

### Идентификация контуров с помощью свертки

Стандартные методы преобразования изображения подразумевают постоянное вычисление такого преобразования для всего изображения, что не всегда является оптимальным. Для решения такой задачи, используют свертку функций.

Свертка – это особый вид интегрального преобразования двух функций  $f(x)$  и  $g(x)$ , результатом которого является третья функция  $h(x)$ :

$$h(x) = f(x) * g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) * g(x - t) * dt . \quad (7)$$

А спектральная плотность такой функции  $h(x)$  представляет собой:

$$H(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) * g(x - t) * dt * e^{-i\omega x} * dx \quad . \quad (8)$$

Подставив формулу из теоремы запаздывания и изменив порядок интегрирования, получим следующее преобразование:

$$H(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \int_{-\infty}^{\infty} g(x - t) * e^{-i\omega x} * dx * dt ; \quad (9)$$

$$H(\omega) = G(\omega) \int_{-\infty}^{\infty} f(t) * e^{-i\omega x} * dt \quad ; \quad (10)$$

$$H(\omega) = G(\omega) * F(\omega) \quad . \quad (11)$$

Как видно из выражения (11), спектральная плотность свертки  $H(\omega)$ , есть ничто иное, как произведение спектральных плотностей функций  $h(x)$  и  $g(x)$ . Чтобы применить свертку в качестве обработки изображения, необходимо подставить вместо спектральной плотности функции  $f(x)$  спектр изображения, а в качестве функции  $g(x)$ , соответствующий фильтр.

Для идентификации контуров на изображении используют высокочастотные фильтры, тогда как низкочастотные применяются в основном для сглаживания изображения или удаления помех.

Одним из примеров низкочастотных фильтров, представляет собой фильтр Гаусса. Основным применением такого фильтра, является сглаживание уровня шума. Применительно в качестве функции свертки, данный фильтр имеет вид:

$$G(x, y) = e^{-\frac{R^2(x, y)}{2\sigma^2}} \quad . \quad (12)$$

Для применения фильтра Гаусса в качестве высокочастотного фильтра свертки, используется следующее выражение:

$$G(x, y) = 1 - e^{-\frac{R^2(x, y)}{2\sigma^2}} \quad . \quad (13)$$

Однако, на практике использование фильтра Гаусса в качестве высокочастотного фильтра не применяется.

Для идентификации контуров на изображении, в качестве свертки преобразования Фурье гармонической функции, используется фильтр Габора, который относится к высокочастотным фильтрам.

Построение данного фильтра производится по формуле:

$$G(x, y) = e^{-\frac{1}{2} * \left[ \frac{x_{\phi}^2}{\sigma_x^2} + \frac{y_{\phi}^2}{\sigma_y^2} \right]} * \cos(2\pi\theta x_{\phi}) \quad , \quad (14)$$

где

$$x_{\phi} = x * \cos(\phi) + y * \sin(\phi) \quad , \quad (15)$$

$$y_{\phi} = -x * \sin(\phi) + y * \cos(\phi) \quad , \quad (16)$$

$\sigma_x, \sigma_y$  – отклонение Гауссового ядра,

$\theta$  – частотная модуляция,

$\Phi$  – направление фильтра в пространстве.

В заключение стоит отметить, что использование преобразование Фурье позволяет производить различные операции с изображением, такие как выделение, удаление и поиск объектов, не привязываясь к расположению этого объекта на изображении. Это происходит за счет того, что основные операции проводятся не с изображением, а с его спектром. Вычисления при этом происходят одновременно для различных комбинаций сдвигов объекта.

### Библиографический список

1. Ломов Д.С Влияние фильтров на классификацию дактилографии / Деон А.Ф., Ломов Д.С // Инженерный вестник. – 2015. – № 01. URL: <http://engsi.ru/doc/753487.html> (дата обращения: 28.02.2019).
2. Лукин А.С. Введение в цифровую обработку сигналов (математические основы): Учеб. Пособие. – М.: МГУ, 2007. – 54 с.
3. Моудио Моудио Ф.Е. Сравнительный анализ детекторов границ объектов / Моудио Моудио Ф.Е., Муратов Е.Р., Никифоров М.Б. // Методы и средства обработки и хранения информации. – Рязань: 2018. – с.200-205
4. Саблина В.А. Алгоритм выделения границ перепада яркостей при обработке видеоизображений / Никифоров М.Б., Новиков А.И., Саблина В.А., Щербакова О.В. // Информационные и телекоммуникационные технологии. – М.: 2013, №18. – с. 17-23
5. Федотов М.Г. Преобразование Фурье и анализ линейных цепей и систем (часть 1): Учеб. Пособие. – Новосибирск: НИУ-НГУ, 2010. – 44 с.
6. Чернопяттов А.В. Опыт использования преобразования Фурье для обнаружения объектов на изображении // Современные проблемы науки и образования. – 2012.– № 6. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=8081> (дата обращения: 26.02.2019).
7. Яне Б. Цифровая обработка изображений / Б. Яне. – М.: Техносфера, 2007. – 584 с.
8. Bracewell R. The fourier transform and its applications / Ronald N. Bracewell. – 3rd ed.: McGraw-Hills, 2000. – 618 с.
9. Sablina V.A. Contour analysis application for object detection in aerial image sequence / Sablina V.A., Novikov A.I., Nikiforov M.B., Loginov A.A. // proceedings - 2014 3rd mediterranean conference on embedded computing, MECO 2014. – 2014, №3 – pp. 102-107
10. Gurov V.S. Adaptive system of image processing / Kolchaev D.A., Muratov Y.R., Nikiforov M.B., Gurov V.S. //6th mediterranean conference on embedded computing, MECO 2017 – 2017, №6
11. Gurov V.S. Detection of mobile objects in computer vision systems / Nikiforov M.B., Orlov S.V., Gurov V.S. //5th mediterranean conference on embedded computing, MECO 2016– 2016, №5 – с. 137-139

УДК 004.932; ГРНТИ 47.63

## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ БИНАРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В НЕТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИХ СПЕКТРАЛЬНЫХ БАЗИСАХ

Н.В. Лукина

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, notalukina@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются функции Уолша с осуществлением ортогональных преобразований. А также приводится ряд теорем, на которых основывается методология ограничения спектра преобразований для осуществления сжатия информации. Теоретические данные демонстрируются на примерах обработки бинарных изображений.

*Ключевые слова:* бинарные изображения, ортогональные функции, матрица Уолша, спектральный анализ, ограничение нетригонометрического спектра.

## REPRESENTATION OF BINARY IMAGES IN NUTRIGENOMICS SPECTRAL BASES

N. V. Lukina

Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, notalukina@yandex.ru

The summary. The paper deals with Walsh functions with the implementation of orthogonal transformations. And also a number of theorems on which the methodology of limiting the spectrum of transformations for the implementation of information compression is based are given. Theoretical data are demonstrated by examples of binary image processing.

Keywords: binary images, orthogonal functions, walsh matrix, spectral analysis, restriction of non-trigonometric spectrum.

Потребность и одна из первостепенных задач передачи информации по каналам связи базируются на хранение и передачи документов в информационных системах. Использование незащищенного передающего канала диктует необходимость применения алгоритмов, осуществляющих кодирование информации. Одним из достаточно простых и удобных методов в области передачи сигналов и информации - ортогональные преобразования. Качество выходной информации, определяется степенью и принципами сжатия исходной информации и распространению сигнала в канале. Экспериментальная часть по обработке информации основывается на бинарных изображениях, аналогичных представленных на рисунке 1.



а



б

Рис. 1. Исходные изображения: а – полутоновое; б – черно-белое

В современных системах применяются методы сжатия, использующие для обработки в них компонентов дискретным преобразованием Уолша (ДПУ). Такое преобразование можно рассматривать, как аналог непрерывного преобразования сигнала по базису, составленному из функций Уолша. Данное преобразование рассматриваем с упорядочением по частотам (или по Уолшу) [1]. Будем обозначать множество функций Уолша по формуле (1)

$$S_w = \{wal_w(i, j), i = 0, 1, \dots, N - 1\}, \quad (1)$$

где  $N = 2^n, n = 1, 2, 3, \dots;$

$w$  – индекс, обозначающий упорядочение по Уолшу.

В дискретном представлении упорядочение по Уолшу определяется матрицей [1], элементы которой имеют вид (2)

$$\mathbf{H}_w = (-1)^{\sum_{i=0}^{n-1} r_i(u)v_i}; u, v = 0, 1, \dots, N-1, \quad (2)$$

где  $r_0(u) = v_{n-1}$ ;  
 $r_1(u) = v_{n-1} + v_{n-2}$ ;  
 $r_2(u) = v_{n-2} + v_{n-3}, \dots$ ;  
 $r_{n-1}(u) = v_1 + v_n$ .

Спектр ортогонального преобразования, построенный по функциям Уолша по исходному изображению (рисунок 1) представлен на рисунке 2.

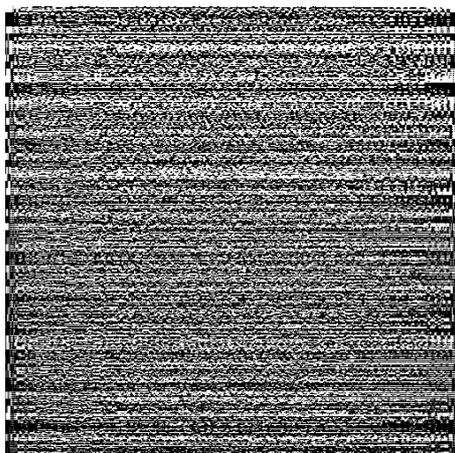


Рис. 2. Полученный спектр для тестового изображения

Обобщенный вариант формы построения функций Уолша сводится к применению систем функций Виленкина – Крестенсона (ВКФ) в нетригонометрической форме [2,4].

Понятие ВКФ охватывает в качестве частного случая систему функций Уолша. Методы применения данной системы функций базируется на следующих свойствах применительно к функциям Уолша [5]:

1. Все функции системы являются действительными функциями на интервале определения  $N = 2^n$

2. Функции системы принимают только значения +1 и -1, поэтому основные операции при использовании разложения по системе Уолша – сложение и вычитание.

3. Система функций Уолша является ортогональной на интервале определения N [3].

В результате можно записать систему функций Уолша через функции Радемахера (3):

$$wal(w, x) = \prod_{i=1}^n [r_j(x)^{\langle w_i \rangle}] \quad (3)$$

где  $\langle w_i \rangle$  – значение i-го разряда номера функции Радемахера, представленного в коде Грея;  
 $i = 1, 2, 3, \dots, n$ .

Если в функции ВКФ присутствует только одна 1, то функция Уолша совпадает с функцией Радемахера с соответствующим номером. Таким образом, на интервале определения  $N = 2^n$  систему функций Уолша можно разделить на несколько n групп. При этом функ-

ция нулевого порядка не учитывается. Таким образом, система ВКФ является определенным базисом, на ней и основывается система Уолша. Эту парадоксальность можно использовать при анализе спектра изображений [3,6].

Метод использования преобразования такого рода строится на ряде теорем, отклоняющихся от базового классического спектрального анализа. Теорема об ограничении нетригонометрического спектра лежит в основе исследований данной статьи.

Допустим, что  $n$  – порядок системы ВКФ,  $k$  – номер группы функций в системе Уолша, а ограничение спектра разворачивается на базе функций Радемахера с номером  $n + 1 - k$ . Тогда в образованном изображении яркость выходных элементов будет определяться по формуле (4)[7,8].

$$b_{ij}^{[N_s]} = \frac{1}{S^2} \sum_{g=1}^s \sum_{p=1}^s b_{gp} \quad (4)$$

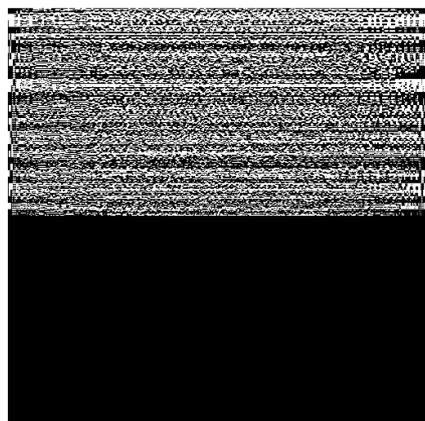
где  $N_s = \frac{N}{S}$  ;  
 $s = 2^{k-1}$  ;  
 $i, j = 1, N_s$  .

Данную теорему об ограничении нетригонометрического спектра можно использовать при построении систем совмещения или разделения изображений [9]. Использование данного свойства позволяет построить разделение спектра изображения, полученного в результате ортогонального преобразования, уменьшив при этом объем хранимого изображения. Реализация этого подхода описана далее в работе. К исходным изображениям применяются собственно преобразования Уолша и теорема об ограничении нетригонометрического спектра. Результаты экспериментального анализа усеченного спектра ортогонального преобразования представлены на рисунках 3.

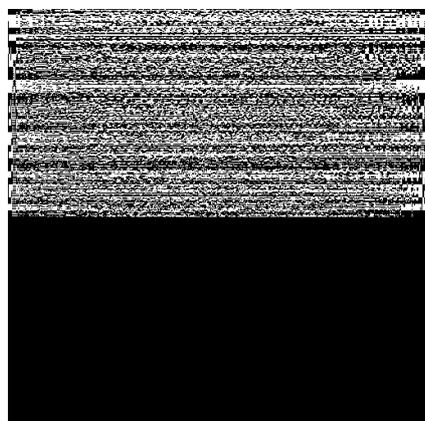
Суть эксперимента в разделении спектра (чаще пополам) полученного ортогонального преобразования, одну из частей которого удаляют. Это позволяет избавиться от хранения и передачи избыточной информации. По половине спектральных составляющих восстановить информацию не составляет труда. Удаленную часть на полученной стороне заполняют нулями (на рисунке черная часть) и получают требуемое изображение. Качество полученного изображения оценивается среднеквадратичным отклонением по формуле (5) [2,3]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{NK} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{K-1} (\hat{b}(i, j) - b(i, j))^2} \quad (5)$$

где  $N, K$  - размеры изображений в пикселах;  
 $b(i, j)$  и  $\hat{b}(i, j)$  - элементы матрицы яркостей исходного и восстановленного изображений соответственно.



а



в

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Рязанский государственный  
радиотехнический университет»**

(ФГБОУ ВО «РГРТУ», РГРТУ)

Гагарина ул., 59/1, г. Рязань, 390005



Телефон: (4912) 46-03-03

Факс: (4912) 92-22-15

E-mail: [rgrtu@rsreu.ru](mailto:rgrtu@rsreu.ru)

На № \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

б

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Рязанский государственный  
радиотехнический университет»**

(ФГБОУ ВО «РГРТУ», РГРТУ)

Гагарина ул., 59/1, г. Рязань, 390005



Телефон: (4912) 46-03-03

Факс: (4912) 92-22-15

E-mail: [rgrtu@rsreu.ru](mailto:rgrtu@rsreu.ru)

На № \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

г

Рис. 3. Результаты усечения спектра тестового изображения:

- а – усеченный спектр полутонового изображения;
- б – полученное полутоновое изображение  $\sigma = 1.69$ ;
- в – усеченный спектр черно-белого изображения;
- г – полученное черно-белое изображение  $\sigma = 2.54$

Таким образом, можно сделать вывод, что изображение при осуществлении преобразования с усечением спектра не страдает в качестве. А оценивая качественный показатель, осуществление обработки бинарного изображения на полутонах удобнее и быстрее, в связи с отсутствием перевода изображения в черно белое.

### Библиографический список

1. Ахмед Н., Рао К. Р. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов: Пер. с англ./Под ред. И. Б. Фоменко. М.: Связь - 1980. С.248
2. Злобин В.К., Костров Б.В., Свирина А.Г. Спектральный анализ изображений в конечных базисах. М.: Курс: Инфра - 2016. С.172
3. Костров Б.В. Моделирование канала связи / Б.В. Костров, Н.И. Соломенцева // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. Вып. 2. С.95 – 100.
4. Светлов Г. В. Применение теории дискретных сигналов, определенных на конечных интервалах, для обработки аэрокосмических изображений / Г. В. Светлов, Н. А. Суменков, Б. В. Костров, Н. С. Фокина // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». – 2017, №3. – С.94-102
5. Сэлмон Д. Сжатие данных, изображений и звука. Пер. с англ. В.В.Чепыжова. М.: Техносфера - 2004. С.368.

6. Костров Б.В., Саблина В.А. Адаптивная фильтрация изображений со структурными искажениями // Цифровая обработка сигналов. 2008. № 4. С. 49-53.
7. Ruchkin V., Romanchuk V., Fulin V., Kostrov B., Ruchkina E. Parallelism in embedded microprocessor systems based on clustering // В сборнике: Proceedings - 2015 4th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2015 - Including EСyPS 2015, BioEMIS 2015, BioICT 2015, MECO-Student Challenge 2015 4. С. 45-50.
8. Костров Б.В. Особенности формирования аэрокосмических изображений радиотехническими системами // Проектирование и технология электронных средств. 2011. № 1. С. 41-43.
9. Злобин В.К., Костров Б.В., Саблина В.А. Место и роль методов секвентного анализа в обработке аэрокосмических изображений // Радиотехника. 2012. № 3. С. 64-72.

УДК 004.8, ГРНТИ 28.23.37

## АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ

С.В. Кузьмина

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, kuzmina.sofiya@mail.ru*

*Аннотация.* В работе рассмотрены проблемы задач классификации на текущем этапе развития и приведены возможные решения.

*Ключевые слова:* задача классификации.

## ANALYSIS OF THE PROBLEMS OF CLASSIFICATION TASKS

S.V. Kuzmina

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, kuzmina.sofiya@mail.ru*

*The summary.* The paper considers the problems of classification problems at the current stage of development and provides possible solutions.

*Keywords:* classification task.

В литературе описывается большой класс проблем, в которых необходимо классифицировать объекты при наличии малого количества или полном отсутствии информации об исследуемых объектах, их свойствах и признаках [1].

Классификация представляет собой задачу, которая состоит в отнесении меток (образца) к одному из множеств, не являющихся попарно пересекающимися.

Данная задача нашла широкое применение в решении реальных задач: например, задачи как в медицине, которые связаны с определением диагноза болезни, так и задачи на бирже, которые связаны с управлением портфелем ценных бумаг (в зависимости от того какая ситуация на рынке на данный момент определяют рекомендации, что делать с акциями: или продать или купить, или же «придержать»), а также другие задачи из различных областей.

### Задача классификации

В любой задаче классификации требуется отнести имеющиеся статические образцы (информация о клиенте, данные медосмотра, характеристики финансового положения) к определенным классам [2].

Для того чтобы выбрать характерные отличительные признаки объектов, требуется серьезное изучение исходной проблемы – нужно проделать предварительную обработку данных.

Чем лучше была сделана предварительная обработка, тем легче будет решена задача классификации.

В первую очередь следует определиться с выбором уровня сложности. Ограниченное количество образцов создает трудности в решении реальных задач.

Выделяют три уровня сложности, первые два из которых изображены на рисунке 1:

1. Линейная разделимость – классы возможно разделить прямыми линиями (гиперплоскостями);
2. Нелинейная разделимость – классы невозможно разделить линиями (гиперплоскостями);
3. Вероятностная разделимость – классы пересекаются (разделить можно только в вероятностном смысле).

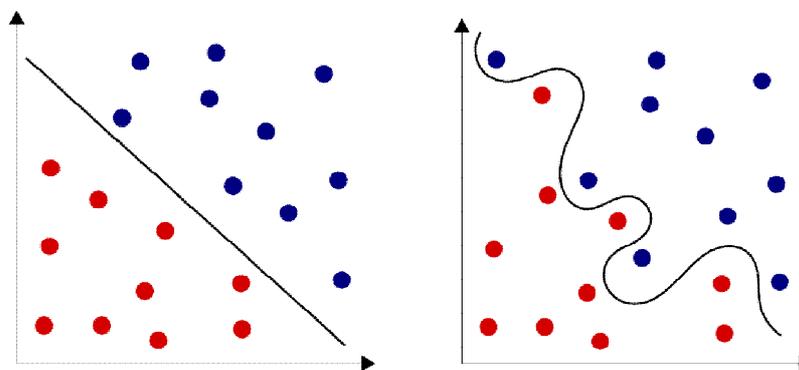


Рис. 1. Линейно и нелинейно разделимые классы

Построение классификатора упрощается лишь в том случае, если задача оказалась линейно разделимой. Это идеальный вариант предварительной обработки. К сожалению, в реальном мире встречается лишь ограниченный набор образцов, на основании которых и производится построение классификатора. Поэтому для решения реальных задач такой феномен практически невозможен.

### Классификации при помощи нейронных сетей

Область применения нейросетей в настоящее время постоянно расширяется, существует множество удачных решений с использованием данного подхода.

Нейронные сети оказываются более приспособленной для работы в условиях неопределенности, чем модели, опирающиеся на априорно задаваемую информацию об аналитической или численной модели.

Столь успешное внедрение нейросетевых решений, прежде всего, обусловлено их преимуществами перед обычными методами:

#### 1. Обучаемость

Благодаря механизму обучения нейронные сети легко приспосабливаются к изменениям, и способны найти решение даже тогда, когда отсутствуют некоторые данные. Традиционные алгоритмы вынуждены производить перерасчет при появлении новых данных.

#### 2. Универсальность

Нейронные сети – гибкий и мощный инструмент, который решает широкий круг задач анализа и обработки данных, в отличие от традиционных алгоритмов, направленные на решение конкретной задачи.

#### 3. Быстродействие

В традиционных алгоритмах команды выполняются последовательно, что весьма замедляет работу, в отличие от нейронных сетей, в которых используется распределённая сеть параллельных преобразований, которая и обеспечивает быстродействие процесса вычисления.

#### 4. Простота применения

#### 5. Отказоустойчивость

В отличие от традиционных алгоритмов, нейронная сеть способна отфильтровать лишние или неверные данные, которые не имеют отношения к решению поставленной задачи.

Также стоит отметить, что нейронные сети имеют возможность работы с данными различного типа – непрерывнозначными и дискретнозначными, количественными и качественными, что часто доставляет затруднение методам статистики.

Нейронная сеть одновременно может решать несколько задач на едином наборе входных сигналов – имея несколько выходов, прогнозировать значения нескольких показателей.

Применение нейросетевых технологий также имеет ограничения, несмотря на их выдающиеся возможности:

1. В задачах, в которых требуется высокая точность, нейронные сети неприменимы, так как позволяют найти только решение, близкое к оптимальному.
2. В задачах, в которых необходимо объяснить причину принятия решения, то нейронные сети также неприменимы, так как функционируют по принципу черного ящика.

### Предлагаемые решения

На сегодняшний день создано большое количество разнообразных алгоритмов классификации, разработаны формализованные теории конструирования высокоэффективных композиций из этих алгоритмов. Во многих параметрах технологии нейронных сетей превосходят имеющиеся традиционные алгоритмы, поэтому и считаются актуальными для изучения в настоящее время. Но как и любой алгоритм, нейронные сети не идеальны. У них имеются свои недостатки: проблема переобучения и вероятность длительного время обучения сети.

Глубокое обучение способно решить проблему переобучения и ускорить процесс обучения.

В дальнейшем планируется более подробное изучение глубокого обучения и его применения на практике.

### Библиографический список

1. Alaiz-Rodriguez R., Guerrero-Curieses A., Cid-Sueiro J. Minimax regret classifier for imprecise class distributions// J. Mach. Learn. Res., V.8, P. 103–130, 2007.
2. Бестенс Д. –Э., ван ден Берг В. –М., Вуд Д. Нейронные сети и финансовые рынки: принятие решений в торговых операциях. – Москва: ТВП, 1997. – 236 с.
3. Каллан Роберт, Основные концепции нейронных сетей .-М. : Издательский дом Вильямс, 2001. – 287 с.

УДК 004.932; ГРНТИ 28.23.15

## АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ СОВПАДЕНИЙ В КОЛЛЕКЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**В.Ю. Тарасова, А.С. Тарасов, Н.Н. Гринченко**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, Valentina2008.91@mail.ru*

*Аннотация.* В работе рассматривается алгоритм визуального поиска для обнаружения совпадений в коллекции изображений, включающий в себя такие методы, как метод кластеризации k-средних и метод, основанный на ключевых точках.

*Ключевые слова:* визуальный поиск, метод k-средних, ключевые точки.

## ALGORITHM OF CONVENTIONS DETECTION IN IMAGES COLLECTION

V.Yu.Tarasova, A.S. Tarasov, N.N. Grinchenko

Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, Valentina2008.91@mail.ru

*The summary.* The paper discusses the communication scheme in a MIMO system. Given their main features, advantages and disadvantages, and guidelines for coding information signals.

This article considers visual search algorithm for conventions detection in images collection. Algorithm contains k-means clusterisation and keypoints based method.

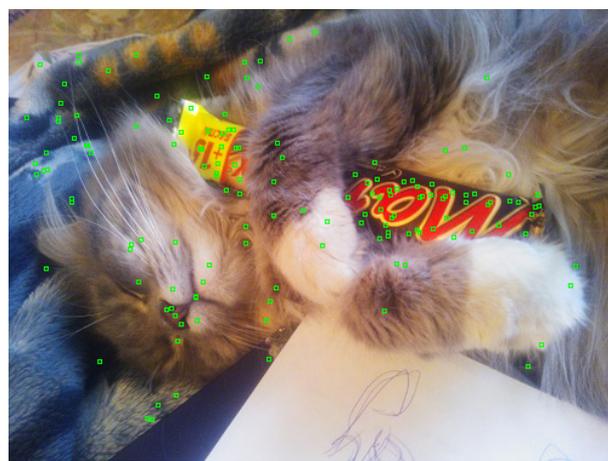
*Keywords:* visual search, k-means method, key points.

Визуальный поиск – это поиск по содержанию на основе фотографии [1]. Пользователем загружается изображение, которое может представлять собой грубый набросок (рисунок), отсканированный файл с возможными рассовмещениями или изображение с высоким расширением, то есть формируется запрос. Разработанное программное обеспечение осуществляет поиск на локальном компьютере без использования баз данных сети Интернет. Каждое изображение из поисковой коллекции преобразуют к уменьшенной копии и формируют метрику для сравнения. Уменьшенная копия позволяет избавиться от высокочастотной составляющей и дает возможность получить метрику, инвариантную пропорциям изображений (уменьшение осуществляется до квадрата). Под поисковой коллекцией понимают все изображения, хранящиеся на персональном компьютере или переносном устройстве.

В результате поисковая система формирует последовательность изображений с минимальной мерой близости. Первым располагается наиболее похожее изображение, вторым – с меньшей степенью сходства и так далее.

### Поиск по ключевым точкам

Одним из методов сопоставления изображений является поиск по ключевым (особым) точкам. Исходное изображение заменяется некоторой математической моделью – набором ее ключевых точек. Особой называется такая точка изображенного объекта, которая с большой долей вероятности будет найдена на другом изображении этого же объекта [2]. Основной сложностью поиска по содержанию является необходимость отсеивать неинформативные точки путем их анализа. Под неинформативными понимают точки, не принадлежащие объекту поиска. На рисунке 1 приведена карта ключевых точек, полученная SURF детектором для изображений, содержащих один и тот же объект и различный задний фон.



а) б)  
Рис. 1. Карта ключевых точек, полученная SURF детектором

Как видно из рисунка 1 количество ключевых точек, не принадлежащих объекту, составляет примерно 50% от всех выделенных точек. Это объясняется алгоритмом формирования особых точек. Ключевые точки вычисляются на основе локальных особенностей на изображении, к которым относят углы, края и пятна. Для сравнений используются следующие характеристики особых точек:

- **Pt(x,y)** – координаты расположения ключевых точек;
- **Size** – размер угла (насколько эта точка заметна);
- **Angle** – угол направления ключевой точки (в какую сторону раскрывается угол);
- **Response** – отзывчивость особой точки;
- **Octave** – уровень пирамиды, на которой была отмечена эта точка (чем выше уровень пирамиды, тем заметнее точка);
- **ClassID** – класс принадлежности этой точки.

На рисунке 2 представлены характеристики для одинаковых ключевых точек.

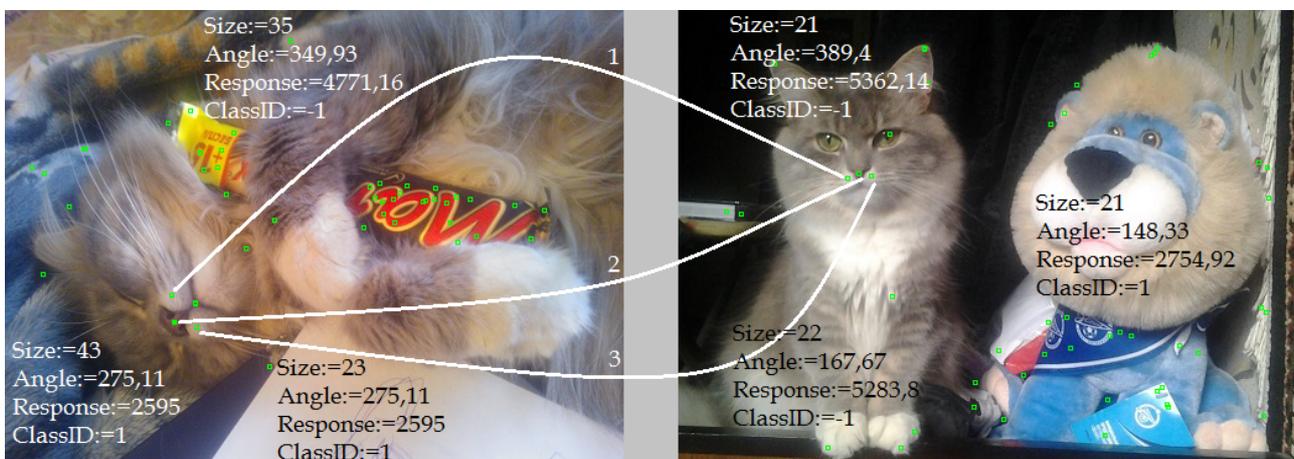


Рис. 2. Характеристики особых точек на изображениях

Из рисунка 2 видно, что у первой точки (белый шрифт) совпадают параметры ClassID, Angle, у второй точки совпадает ClassID и Response, у третьей точки – Size. Предлагается минимизировать отклонения данных параметров по следующей формуле:

$$\sqrt{(Size^2 - Size[i]^2)} + \sqrt{(Angle^2 - Angle[i]^2)} + \sqrt{(Response^2 - Response[i]^2)} \rightarrow \min,$$

где  $i \in [1, N]$  – индекс текущего изображения,  
 $N$  – количество изображений в коллекции.

Координаты расположения Pt(x,y) использовались только для визуализации карты ключевых точек. Так как один и тот же объект на разных фотоснимках может не располагаться в одном и том же месте, для сопоставления эта характеристика не использовалась. Чем выше уровень пирамиды Octave, тем заметнее особая точка. В рассмотрении остаются точки с характеристикой Octave=0 и Octave=1, то есть самые заметные точки. В том случае, если разница значений характеристик изображения-запроса и изображения из поисковой коллекции  $\rightarrow 0$ , то можно сделать предположение, что изображения имеют схожее содержание.

### Метод k-средних

На изображении можно условно выделить два класса: объект и фон. Однако если на изображении приведено несколько объектов (рисунок 1а), то при таком подходе будет либо найден один из них, либо два эти объекта будут соединены в один класс. Устранить данное

замечание можно разбиением на  $n$  классов. Количество классов оценивается следующим образом:

- 1) Построение гистограммы по яркости цветов;
- 2) Применение медианной фильтрации для уменьшения влияния шумовой составляющей;
- 3) Получение первой производной по отфильтрованной гистограмме изображения;
- 4) Квантование (усреднение близких к нулю значений) первой производной гистограммы изображения;
- 5) Определение количества пиков на гистограмме при помощи анализа первой производной.

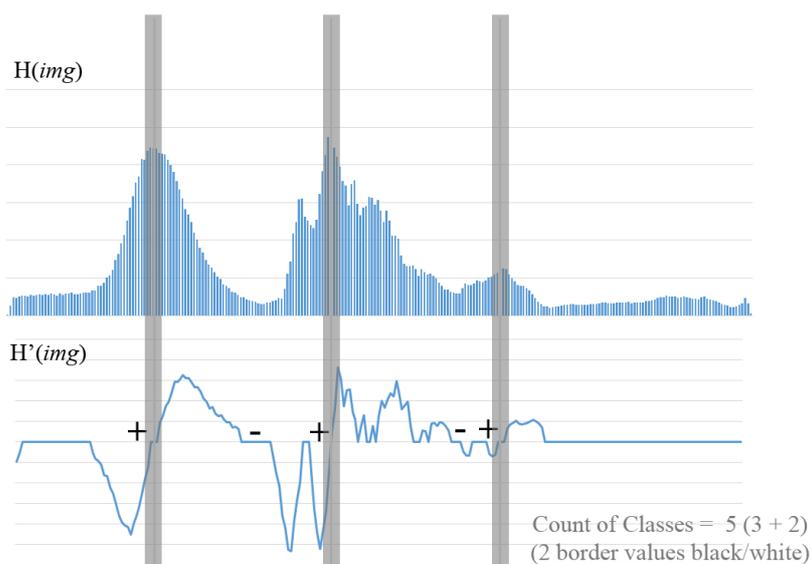


Рис. 3. Расчет количества классов

### Алгоритм визуального поиска

Для устранения ошибок и улучшения точности идентификации изображений предлагается использовать разработанный алгоритм, который состоит из следующих этапов

- 1) Определение количества классов на изображении;
- 2) Применение метода  $k$ -means;
- 3) Выделение ключевых точек на изображении;
- 4) Отсевание неинформативных;
- 5) Хэширование изображений;
- 6) Добавление вычисленной метрики в базу данных.

Хэширование изображений основано на операциях свертки и подвыборки [3]. Свертка организована таким образом, что за 6 итераций свертки можно преобразовать изображение в некоторый хэш, состоящий из 512 байт. Данный хэш позволяет получить характеристики изображений.

Результаты поиска приведены на рисунке 4. Первым располагается изображение-запрос, вторым и последующими – результаты поиска.

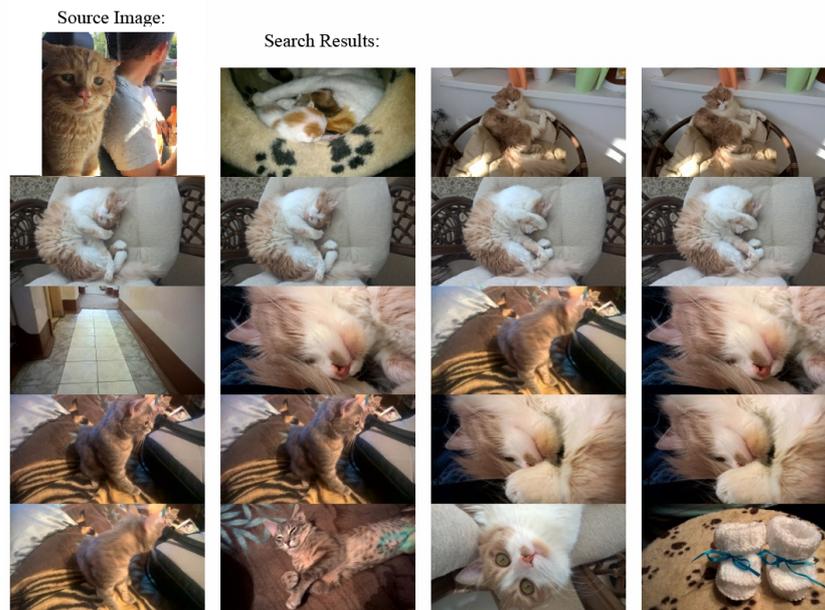


Рис. 4. Результаты поиска

В рамках данной работы разработано программное обеспечение (ПО), позволяющее оценить схожесть изображений на персональном компьютере. Время выполнения поиска среди базы данных, в которой содержится более 50 тысяч изображений, составляет 12 миллисекунд. Предлагаемое ПО позволяет с высокой эффективностью находить идентичные изображения в локальных хранилищах информации, сделанные в различных условиях съёмки. Малое время работы и высокая эффективность представленного алгоритма позволяет применять его на любых устройствах, в том числе и в мобильных.

### Библиографический список

1. Бабенко Артем, Лемпицкий Виктор. Эффективный алгоритм поиска ближайших соседей при больших объемах поисковой базы // Труды 54-ой научной конференции МФТИ. Инновации и высокие технологии. — Долгопрудный: 2011. — С. 16–17.
2. И. С. Грузман, В.С. Киричук, В. П. Косых, Г. И. Перетягин, А. А.Спектор. Цифровая обработка изображений в информационных системах. <https://docplayer.ru/-26276026-Cifrovaya-obrabotka-izobrazheniy-v-informacionnyhsistemah.html>
3. С. Николенко, А. Кадурич, Е. Архангельская Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей

УДК 338.24; ГРНТИ 50.49.37

## ОБЗОР АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В СФЕРЕ АНТИКРИЗИСНОГО УПРАВЛЕНИЯ

П.В. Лозовик

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, pavel.lozovik@mail.ru*

*Аннотация.* В данной работе анализируется применение информационных систем в антикризисном управлении и продвижении продукции с целью выхода предприятия из кризисной ситуации, применение программного обеспечения для упрощения работы между работниками предприятия, оптимизация маркетинговых взаимодействий между потребителем и предприятием.

*Ключевые слова:* распространение продукции, информационная система, антикризисное управление.

## OVERVIEW OF AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS IN THE SPHERE OF ANTI-CRISIS MANAGEMENT

P.V. Lozovik

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, pavel.lozovik@mail.ru*

*The summary.* This paper analyzes the use of information systems in crisis management and product promotion in order to get the company out of the curvature of the situation, use software to simplify work between employees of the company, optimize marketing interactions between the consumer and the enterprise.

*Keywords:* Product distribution, information system, crisis management.

Важной деятельностью предприятия является маркетинговое управление, которое позволяет продвигать новую продукцию на рынок или применять информационные системы для упрощения взаимодействия между подразделениями, но также важную роль играет антикризисное управление.

Антикризисное управление – это вид управления, который направлен на поддержку финансово-хозяйственной деятельности предприятия, которое имеет возможность вывода из кризисного состояния.[1]

Антикризисное управление включает в себя:

- анализ макро и микро среды предприятия;
- детальный анализ возникновения кризисной ситуации на предприятии и воздействие внешней или внутренней среды на нее;
- разработка и внедрение политики предприятия по устранению кризисной ситуации;
- учет рисков предприятия в кризисной ситуации.

На практике антикризисное управление достигается путем взаимодействия с маркетингом, например с модернизацией управления маркетинговым аппаратом или внедрением нового вида продукции на рынок.

Для отслеживания ситуации на мировых и местных рынках маркетинговые службы проводят исследования коммуникаций и дифференцируют необходимую информацию. Данная функциональность обеспечивается за счет роста популярности информационных технологий в современном мире.

Для того чтобы разработать маркетинговую стратегию по антикризисному управлению необходимо провести трудоемкую и долгосрочную работу, степень которой зависит непосредственно от специфики компании. Возможность организации противостоять постоянно изменяющимся условиям внешней и внутренней среды компании является мощным управленческим рычагом в условиях рыночных отношений.

Маркетинговые антикризисные программы содержат мероприятия, которые необходимо совершить компании для урегулирования своего стабильного состояния на рынке, в эти мероприятия также входят мероприятия по выходу компании из кризиса. Данные мероприятия могут быть частью стратегического или тактического плана компании. Популярными в антикризисном маркетинге являются стратегии продвижения товаров на новые рынки, укрепление уже имеющегося положения на рынке, диверсификация.

При первоначальном оценивании стратегии маркетинга необходимо ее сравнение с главной целью компании, а также рыночными возможностями. Это может послужить основой для поиска дополнительных прогнозных рыночных путей выхода из кризиса. На втором этапе маркетинговая стратегия сравнивается со стратегией компании и предметом ее соответствия. На третьем этапе создается перечень маркетинговых мер по реализации маркетинговой стратегии. В антикризисном менеджменте важна взаимосвязь стратегических и тактических маркетинговых целей.

Важнейшим фактором в управлении маркетингом является отбор информации по следующим критериям:

- содержание;
- структура;
- состав;
- качество;
- полнота;
- надежность источников ее получения.

Наиболее важными критериями в антикризисном маркетинге являются синтез динамичности и своевременности действий, который непосредственно взаимосвязан с правильностью и достоверностью информации.

Понятия продвижения продукции, может быть даже важнее сути выпуска продукции, поскольку чтобы что-то выпускать, нужно понять эффективность данного решения. Но понятие продвижение продукции – это способы внедрения на рынки сбыта нового вида продукции с целью реализации и донесения до конечного пользователя, т. е. потребителя.[4]

Для того чтобы внедрить продукцию на определенный рынок необходимо его проанализировать с целью:

- 1) определить необходимость потребителей в данном товаре;
- 2) стоимость доставки товара на рынок или до конечно потребителя через рыночные каналы поставок;
- 3) фактор «опасности» доставки товара;
- 4) наличие конкурентов в данной сфере товаров. [2]

После анализа информации необходимо отсортировать ее и начать рассматривать детально с целью составления необходимого плана действия и начать работу. Далее в дело вступает разработка маркетинговой политики на новом рынке и логистика.

В зависимости от вида деятельности, маркетинговая стратегия подразумевает два больших блока по виду распространения товара, а именно – виртуальный и физический.

Физический вид распространения продукции подразумевает собой доставку материальной продукции от производителя к продавцу или от производителя посреднику на склад и только потом уже к продавцу данной продукции. В данной схеме есть сложности, а именно: стоимость доставки до продавца или посредника, вид доставки в зависимости от расстояния (или за пределами Российской Федерации), расход топлива на доставку, бережность доставки продукта и т.д. Также стоит учесть, что нужно помещение для хранения и продажи, и часто это бывает одно или несколько помещений. Это снова дополнительные затраты на содержание. Помимо всего прочего, стоит отметить, что рекламная составляющая тоже стоит больших денег и имеет несколько видов – реклама на телевиденье или радио, баннеры, стикеры, рекламные брошюры.

Виртуальный вид распространения – это новый способ продвижения продукции, но, к сожалению, применим только к узкой специализации работы предприятия. Он подразумевает собой доставку нужного вида продукции через сеть интернета непосредственно потребителю. Также как и в физическом виде, есть посредники, а именно сортировочные базы, которые определяют нужный им IP адрес пользователя и доставляют ему нужный вид продукции. Данный метод удобен, но не всегда практичен, поскольку посредник отсылающий продукцию, может быть мошенником и послать вирусное программное обеспечение, которое может украсть персональные данные потребителя, но таких случаев достаточно мало, но все же есть. Также применяется виртуальная реклама в виде баннеров на сайтах, e-mail рассылки, спам-рекламы и т.д. В век цифровых технологий такая рекламная политика позволяет быстрее распространять новости о новой продукции среди потребителей.[3]

Таким образом, можно сделать вывод, что виртуальный вид распространения обыгрывает «классику», но ограниченная область применения, также останавливает от активного использования.

Помимо видов, можно создать автоматизированные процессы взаимодействия. Для продвижения нового вида продукции необходимо внедрить автоматизацию антикризисного маркетинга. Под понятием автоматизация антикризисного маркетинга, можно понять следующее – это применение специальных компьютерных программ для автоматизации антикризисных маркетинговых процессов предприятия, перенос бизнес-процессов в область цифровых сервисов с целью экономии временных затрат. В маркетинге основными функциями автоматизации являются – маркетинговое планирование, управление маркетинговыми активами, управление продажами продукции, взаимодействие с клиентами, антикризисные маркетинговые меры решения кризисных ситуаций и т.д.

Достаточно большое количество программ применяется для автоматизации антикризисной маркетинговой деятельности организации, например:

1) «HubSpot» - родоначальник термина «Inbound Marketing», что означает «входящий маркетинг». В данном сервисе собраны инструменты для команды продаж, автоматизации маркетинга, CRM, и в ближайшее время должен выйти патч, который доработает онлайн-консультанта;

2) «Carrot quest» - представляет собой многоканальное решение для поддержки клиентов и увеличения продаж продукции организации. Данный сервис совмещает в себе мультисканальную коммуникацию, её автоматизацию и аналитику;

3) «Klaviyo» - представляет собой сервис «Email» и «Facebook» рассылок для «E-commerce». По факту, данный сервис это инструмент сегментации, который может подключиться к «E-commerce» или маркетинговой платформе для получения данных о пользователях, также у данного ПО есть возможность триггерных сообщений для возврата клиентов интернет-магазинов. Кроме всего, в сервисе вы можете посмотреть статистику рассылок и отчеты о продажах.

Программ для автоматизации маркетинга достаточно много, но эти являются основными в деятельности организаций. К сожалению, у вышеперечисленных программ есть свои недостатки:

- 1) высокая стоимость приобретения;
- 2) сложность внедрения из-за несоответствия в системных требованиях компьютеров предприятия;
- 3) редкое обновление программного обеспечение программ или его отсутствие.

В конечном итоге, можно отметить, что технологии массового внедряются в маркетинговую структуру, поскольку маркетинг должен быть эффективен, а без эффективности в XXI веке нет прогресса в работе предприятия.

### Библиографический список

1. Арутюнов, Ю.А. Антикризисное управление: Учебник. / Ю.А. Арутюнов. - М.: ЮНИТИ, 2016. - 416 с.
2. Баззел, Р.Д. Информация и риск в маркетинге / Р.Д. Баззел, Д.Ф. Кокс, Р.В. Браун. - М.: Финстатинформ, 2018. - 587 с.;
3. Божко, В.П. Информатика: данные, технология, маркетинг / В.П. Божко, В.В. Брага, Н.Г. Бубнова. - М.: Финансы и статистика, 2015. - 224 с.
4. Сеницына О.Н. . Маркетинг: учебное пособие. М. : КНОРУС, 2014. – 216 с.

УДК 659.113.4; ГРНТИ 50.49.37

## ОБЗОР ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ, АВТОМАТИЗИРУЮЩИХ УЧЕТ РЕКЛАМНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ

А.Ю. Павлова

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, AnutPavlova@yandex.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются особенности информационных систем для автоматизации рекламной деятельности компании. Рассматриваются основные понятия и определения рекламы и информационных систем, приводятся примеры современных информационных систем, автоматизирующих учет рекламной деятельности различных организаций.

*Ключевые слова:* реклама, информационные системы, автоматизированный учет.

## REVIEW OF INFORMATION SYSTEMS, AUTOMATED ACCOUNTING ADVERTISING ACTIVITIES OF THE ORGANIZATION

A.Yu. Pavlova

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, AnutPavlova@yandex.ru*

*The summary.* The paper discusses the features of information systems for the automation of the company's advertising activities. The basic concepts and definitions of advertising and information systems are considered, examples of modern information systems that automate the accounting of advertising activities of various organizations are given.

*Keywords:* advertising, information systems, automated accounting.

Взаимодействие рекламной деятельности с информационной системой является одной из основополагающих в управлении и развитии предприятия. Для того чтобы этот синтез был работоспособен, необходимо понять, что такое информационная система и что такое реклама и рекламная деятельность.

Информационная система – это программный комплекс, задача которого состоит в выполнении преобразований предметной области и предоставлении пользователю удобного и понятного в восприятии интерфейса. ИС подразделяются на множество видов. [2]

Структурированная система – это такой вид задач, где известны все ее элементы и взаимосвязи между ними. В структурированной задаче выражается ее содержание в форме математических моделей. Целью использования ИС для решения структурированных задач является полной автоматизацией их решения, таки образом роль человека в данном случае будет отсутствовать.

Неструктурированная система – это такой вид задач, где отсутствует возможность выделения элементов и установка связей между ними. Возможности применения ИС достаточно малы. Реализация решения осуществляется человеком из эвристических соображений при применении жизненного опыта и косвенной информации из разных источников.

Экспертная система – это такой вид программы, который похож на эксперта в узкой прикладной области.

Также существуют еще несколько классификаций ИС, в зависимости от степени автоматизации информационных процессов в системе управления предприятие ИС представляют собой:

- ручные информационные системы - охарактеризованы отсутствием современных технических средств переработки информации и выполнением всех операций человеком;
- автоматические информационные системы - выполняют все операции по переработке информации без участия человека;
- автоматизированные информационные системы - предполагают участие в процессе обработки информации и человека, и технических средств, причем главная роль отводится компьютеру. В современном толковании в термин "информационная система" вкладывается обязательно понятие автоматизируемой системы. [1]

Уровень показателей развития бизнеса показывает, насколько результативно применение рекламной деятельности на конкретном предприятии. На данный уровень непосредственное воздействие оказывает не только размер капитала, но и уровень деловых коммуникаций. Видами деловых коммуникаций могут быть: конференции, пресс-конференции, выставки, семинары, переговоры, презентации, брифинги, круглые столы, интервью, а также деловые обеды, игры, споры и прочее.

Рекламная деятельность – это распространение информативных сведений для увеличения осведомленности общественности о каких-либо мероприятиях, товарах, услугах компании с целью последующего роста клиентской базы.

Введение рекламной кампании для увеличения производственных показателей предприятия сравнимо с искусством. Грамотное распределение ресурсов, анализ производимой продукции или предоставляемых услуг, предоставление анализируемой информации потребителю и результативность пройденного процесса (в конечном итоге заинтересованность потребителя, появление новой клиентуры) как правило приводит к увеличению прибыли за счет предоставления услуг и товаров, а в последствии дифференциации производства. Исходя из этого, основными задачами рекламы являются:

- оповещение потребителей;
- создание перечня возможной клиентской базы;
- осведомление потребителей о деятельности рассматриваемого предприятия. [3]

Рассмотрим понятие «реклама». Реклама – это информация, которая распространяется различными способами, в различных формах и с использованием любых средств, адресованная неопределенному кругу лиц и направленная на привлечение внимания к объекту рекламирования, формирование или поддержание внимания к продукции и способам продвижения ее на рынке.

Рекламная деятельность предприятия может быть разделена на следующие критерии:

1) по цели применения рекламной деятельности:

- коммерческая реклама целью, которой является потребитель, которому предлагается различный вид продукции с целью получения от него прибыли, путем продажи;
- социальная реклама в большинстве случаев выходит за рамки установленных экономических задач, и направлена на реализацию благотворительных или других полезных для общества целей;
- политическая реклама в настоящее время часто выступает как инструмент борьбы за избирателей и их голоса на выборах. В большинстве случаев при помощи данного вида рекламы, политики или партии пытаются завоевать себе место у власти.

2) по способу и месту размещения рекламы:

- наружная – к данному виду относится реклама, которую размещают на специальных временных или стационарных конструкциях, расположенных в пределах видимости потенциальных потребителей или на открытой местности, а также на внешних поверхностях сооружений, на элементах уличного оборудования, над проезжей частью улиц и дорог или на них самих и т.д.

Наружную рекламу можно также разделить на несколько видов – уличную рекламу и рекламу на транспорте. Существует множество форматов и вариантов размещения уличной рекламы. Наиболее популярными из которых являются рекламные щиты. В большинстве случаев реклама на транспорте размещается на общественном транспорте (автобусах, маршрутках или частных автомобилях) или в метро, если оно имеется в городе;

- внутренняя – к данному виду рекламы относят рекламу, размещаемую внутри помещений, например в местах продаж продукции (торговых точках), аэропортах и автовокзалах, кинотеатрах, бизнес-центрах, подъездах, лифтах, местах развлечений и спорта, образовательных и медицинских учреждениях;

- реклама в СМИ - распространённый и традиционный вид рекламы, это реклама в средствах массовой информации: телевиденье, радио, интернет.

После рассмотрения всех основных понятий, можно перейти к их синтезу. Таким образом современные технологии, в виде ИС и реклама будут представлять собой различного рода интернет сайтов. Современные технологии создания рекламного продукта представляют собой компьютерную графику, мультимедийные технологии (технологии обработки видеоинформации и аудиоинформации, компьютерная анимация). Они применяются при создании печатной рекламы, рекламы на радио, телевидении, рекламы в интернет сети или при проведении презентаций.

При рекламных исследованиях информационные технологии применяются для сбора и анализа полученной информации, в которой должны быть следующие виды:

- системы для проектирования опросов;
- системы для проведения телефонных опросов;
- системы для проведения интернет-опросов;
- системы для индивидуальных опросов;
- ПО для анализа результатов анкетирования;
- технологии анализа и визуализации результатов исследований. [2]

Современные телекоммуникационные технологии включают в себя деятельность в локальных и глобальных компьютерных сетях, использование и применение информационных ресурсов.

Рассмотрим несколько примеров информационных систем автоматизации учета, контроля и управления рекламой. Комплекс «Мегаполис. Отдел рекламы в СМИ 5.0» позволяет создать сконцентрированную в единой базе программу, которая отражает актуальную и правдивую информацию о деятельности фирмы.

На базе «1С: Предприятие 8.0» для журнала-каталога «ТурНАВИГАТОР» было разработано единое информационное пространство, позволяющее руководству фирмы принимать собственные заключения об автоматизации оперативного учета деятельности издания. Данная платформа позволила менеджерам по рекламе и другим сотрудникам расчетного отдела журнала следить за количеством рекламных трансляций клиентов, а также вести контроль за своевременностью и точностью оплаты по размещению рекламных. Кроме того одновременно ведется учет регистрируемых заказчиков на предоставление рекламных услуг. Удобство в использовании данной платформы наблюдается и в надстройках системы – каждый менеджер может вносить поправки в информационную базу в соответствии со своим уровнем полномочий, а также грамотно распланировать рабочее время сотрудников.

В «Астра Софт» так же как и большая часть отчетов формировалось вручную, поэтому данные первоначально вносились сначала в одну систему, а затем переносились в другую. Данный период можно назвать «кусочной» автоматизацией, когда процесс автоматизации протекал в каждой функции по отдельности. «Астра Софт» решила многие проблемы путем введение в работу многих продуктов Microsoft, которые в своей совокупности создали единую платформу для дальнейшего развития фирмы.

Таким образом, для эффективной конкурентоспособной политики компании необходимо наличие передовых товаров или необходимых услуг, пользующихся спросом у потребителей. Причем каждая компания по-своему акцентируется на предоставлении данных услуг: увеличение срока служба продукции, высокое качество по доступной цене, уровень обслуживания, предоставление услуг, которые до определенного момента отсутствовали на рынке. Устаревание одного из вышеперечисленных факторов может привести к увеличению потребительского спроса конкурирующие компании.

Поэтому современным компаниям необходимо постоянно дифференцировать и обновлять ассортимент предлагаемой продукции. Именно дифференциация и увеличение объемов производства повлечут за собой повышение эффективности деятельности компании. Из

данного суждения можно сделать вывод, что чем разнообразнее предлагаемая продукция, тем меньше суммы средств необходимо на рекламу.

Для повышения качества обслуживания и удержания конкурентной позиции организации некоторые фирмы пытаются облегчить труд сотрудников с помощью информационных систем, автоматизирующих учет рекламной деятельности организации. На данный момент данная сфера в России развита слабо, так как фирмы-энтузиасты вынуждены привлекать собственные силы, возможности и знания сферы информационных технологий. Кроме того затраты на обслуживание и установку программного обеспечения, а также обучение сотрудников работе с новыми информационными платформами достаточно велики, поэтому позволить их могут только «твердо стоящие на ногах» компании.

### Библиографический список

1. Гвоздева В.А., Лаврентьева И.Ю. Основы построения автоматизированных информационных систем. М.: Форум, Инфра-М, 2016. - 320 с;
2. Коцюба И.Ю., Чунаев А.В., Шиков А.Н. Основы проектирования информационных систем. М.: Санкт-Петербург, 2015. - 257 с;
3. Панкратов Ф.Г., Баженов Ю.К., Шахурин В.Г. Основы рекламы: учебник. М.: «Дашков и К», 2017. – 447 с.

УДК 621.396; ГРНТИ 47.47

## АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ

Д.Н. Лошкарева

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, [dasha.loschkareva@yandex.ru](mailto:dasha.loschkareva@yandex.ru)*

*Аннотация.* В работе рассматриваются информационные технологии управления, используемые в банковской сфере, создание автоматизированных банковских систем. Рассмотрены основные инструменты и функции информационных технологий управления.

*Ключевые слова:* информационные технологии управления, программные средства, хранилище, автоматизация, базы данных.

## ANALYSIS AND RESEARCH OF INFORMATION TECHNOLOGY MANAGEMENT IN THE BANKING SECTOR

D. N. Loshkareva

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russian, Ryazan, [dasha.loschkareva@yandex.ru](mailto:dasha.loschkareva@yandex.ru)*

*The summary.* The paper deals with information management technologies used in the banking sector, the creation of automated banking systems. The basic tools and functions of information technology management.

*Keywords:* information technologies of management, software, storage, automation, databases.

Информационные технологии управления являются важным источником и средством развития банковской сферы. Использование современных достижений в области информационных технологий управления кардинально способствует развитию бизнеса, позволяя получать выгоду и развиваться.

Информационные технологии управления являются специфической стремительно изменяющейся областью деятельности, поэтому к ним применяются организационные подходы, соответствующие их особенностям. Оптимизация и постоянное совершенствование таких технологий управления является ключевым подходом в реализации бизнес-процессов и

эффективном достижении целей, позволяющим реализовывать инициативы руководителей, удовлетворяющих требования бизнеса по таким параметрам, как: стоимость, время и качество.

Современная банковская сфера представлена широким спектром услуг предоставляемых клиентам: от основных базовых операций до современных корпоративно-ориентированных инструментов и программ, используемых банковскими структурами. Оперативная обработка значительных потоков информации является неотъемлемой задачей любой современной финансовой организации. В связи с чем, с учетом существующей межбанковской конкуренции, создание автоматизированных информационных технологий управления банковскими процессами является первостепенным фактором успешности и эффективности.

Под информационной технологией управления понимают процесс преобразования данных или исходной недетализированной информации, с помощью технических и программных средств в информационный продукт для последующего его анализа человеком и принятия на его основе управленческого решения с выработкой мероприятий по усовершенствованию и автоматизации действующего процесса. Для того чтобы произвести изменения, информационная технология должна включать необходимые инструменты - это технические средства и программные средства (рис. 1). [4].

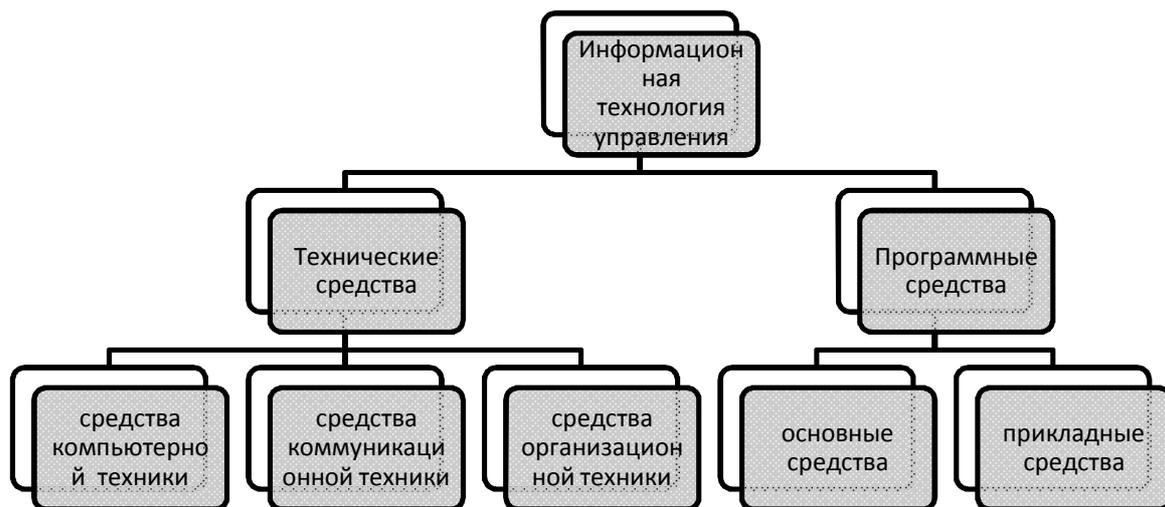


Рис. 1. Состав информационной технологии управления

Средства компьютерной техники составляют основу всего комплекса технических средств информационных технологий и предназначены для обработки и преобразования различных видов информации. Для передачи данных и обмена информацией с внешней средой в рамках системы управления используются средства коммуникативной техники. С помощью средств организационной техники осуществляется механизация и автоматизация управленческой деятельности. [6].

Базовые программные средства предназначены для обеспечения деятельности компьютерных систем, т.е. операционные системы, антивирусные, тестовые и диагностические программы, командно-файловые процессоры. В свою очередь, прикладные программные средства представлены системами подготовки текстовых, табличных, презентационных документов, системами управления базами данных и проектами. Так же, прикладные средства включают системы обработки финансово-экономической информации, экспертные системы и системы поддержки принятия решений, системы интеллектуального проектирования и совершенствования управления и т.д. [2].

В настоящее время информационные технологии управления имеют огромное количество признаков, по которым их можно классифицировать. Среди них, такие как: способ реализации (традиционный и новейший), степени охвата задач управления (электронная обработка и автоматизация управленческой деятельности), тип пользовательского интерфейса (пакетный, диалоговый и сетевой), обслуживаемой предметной области, по классу реализуемых технологических операций (обработка текстовой, звуковой и графической информации, мультимедийные системы) и т.д.

Реализация информационных технологий управления в банковской сфере осуществляется на основе автоматизированных банковских систем - наборов средств и методов работы с информацией с целью управления банком, спроектированных и функционирующих объединенной совокупностью элементов (информации, техники, программ, технологий и т.д.), выполняющих единым комплексом информационные и управленческие задачи, стоящие перед финансовой организацией. [1].

Современные информационные технологии управления позволяют сокращать время на проведение операций и оформление документов, улучшают качество обслуживания клиентов и способны интегрировать данные в единые банковские системы.

Для обеспечения устойчивого развития банковской сферы предлагается различный выбор автоматизированных многофункциональных банковских продуктов, позволяющие делать вывод о сложнейшем технологическом уровне развития банковского дела. Информационные технологии управления, используемые в банке, обеспечивают следующие функции:

- ведение бухгалтерской, налоговой и операционной деятельности кредитной организации;
- оперативное и стратегическое управление;
- управление клиентскими взаимоотношениями;
- ведение кредитной и депозитарной деятельности;
- управление рисками;

На выбор тех или иных информационных технологий управления основное влияние оказывает специфика организации. Основной фактор, влияющий на внедрение новых технологий, являются конкуренция за качественных клиентов. Ориентирование на рынке позволяет адаптироваться под постоянно меняющиеся предложения конкурентов и способствуют разработке новых продуктов (customer relationship management, CRM), способствующих минимизации риска и потери управляемости. В результате использования информационных технологий управления повышается эффективность работы финансовой организации, обеспечивается более высокий уровень безошибочности обработки документов за счет сочетания автоматического и визуального контроля, с возможным отслеживанием текущего состояния деятельности банка.

Основные цели, задачи, функции, принципы информационных технологий управления содержатся в методологиях и стандартах соответствующей предметной области. Среди наиболее известных выделяют следующие:

- ISO 9000 (управление качеством программных продуктов и информационных технологий);
- CobIT (управление, контроль и аудит над всей областью информационных технологий);
- ITIL, ITSM (управление обслуживанием информационных систем);
- TickIT (управление качеством программных продуктов);

- ГОСТы (государственные нормативно-технические документы, устанавливающие определенные нормы и правила создания и функционирования информационных технологий управления);
- BS7799 (организация информационной безопасности) и т.д. [6].

Интегрированной автоматизированной банковской системе присущи взаимосвязь всех информационных процессов: единая модель данных, технология их обработки, общее программное ядро и т.д. Важнейшие составляющие представлены на рис.2.



Рис.2. Элементы интегрированной автоматизированной банковской системы

Характерная для банковской сферы высокая скорость изменения условий реализации бизнеса требует разработки специализированных методов ведения базы данных, соответствующих быстрым изменениям бизнес-среды, а также использования современного высокотехнологичного программно-технического инструментария.

Среди современных информационных технологий управления, используемых в банковской сфере, наиболее распространёнными являются такие системы как: Банкир-Про, Ва-Банк XL, «Кворум», Next, комплекс «Центавр-Дельта», «Гефест», Advantage Database Server. Данные системы обеспечивают создание общего корпоративного пространства, поддерживают принцип поточной, сквозной обработки операций, автоматического генерирования счетов и бухгалтерских проводок и т.п. [5].

Создание автоматизированных банковских систем осуществляется на основе деления функциональных возможностей на следующие уровни:

- Front-office (верхний уровень); (представляют собой образование модулей для оперативной первичной обработки информации и внешнего взаимодействия финансовой организации с контрагентами и клиентами;
- Back-office (средний уровень); (представляет собой приложения по разным направлениям внутрибанковской деятельности и внутренним расчетам (кредитные операции, депозитные операции, операции с ценными бумагами т.д.).

- Accounting (нижний уровень); (представлено базовыми функциями бухгалтерского учета).

Основные этапы создания таких систем должны проводиться на основе исследования функциональной и информационной работы банка; разработки структурной модели банка; постановок задач; программирования, отладки, внедрения, эксплуатации, сопровождения, общесистемного проектирования. [1].

Обзор информационных технологий управления в банковской сфере показал, что автоматизация информационных технологий банков представляет собой набор различных функциональных подсистем и рабочих мест. Совокупность этих модулей различается по базисной нагрузке, по степени сложности, поставленных задач финансовой организации и степени развития информационного уровня банка. Для оптимальной организации внедрения технологий управления необходима работа в единой интегрированной информационной среде.

Ключевая задача информационных технологий управления состоит в достижении конечных целей и результатов банка. Выбор направлений развития банковских бизнес-процессов и их автоматизации должен быть целесообразным и технологически осуществимым.

### Библиографический список

1. Вдовин, В.М. Информационные технологии в финансово-банковской сфере: Учебное пособие / В.М. Вдовин, Л.Е. Суркова. - М.: Дашков и К, 2013. - 304 с.
2. Гвоздева, В.А. Информатика, автоматизированные информационные технологии и системы: Учебник / В.А. Гвоздева. - М.: ИД Форум, НИЦ Инфра-М, 2013. - 544 с/
3. Максимов, Н.В. Современные информационные технологии: Учебное пособие / Н.В. Максимов, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. - М.: Форум, 2013. - 512 с.
4. Смирнов, С.Н. Информационные технологии в банковском деле: толковый словарь / С.Н. Смирнов, О.М. Островская. - М.: Гелиос АРВ, 2013. - 544 с.
5. Черкасова, Е.А. Информационные технологии в банковском деле: Учебное пособие / Е.А. Черкасова. - М.: Академия, 2018. - 336 с.
6. Черников, Б.В. Информационные технологии упр.: Уч. / Б.В. Черников. - М.: Форум, 2017. - 256 с.

## СЕКЦИЯ «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ»

УДК 004.41; ГРНТИ 50.05.13

### ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

**А.И. Николаев**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
РФ, г.Рязань, andrey.nikolaev130@gmail.com*

*Аннотация.* В данной работе рассматриваются основные понятия параллельного программирования и их условия их визуализации для последующей интеграции в программную систему проектирования параллельных программ.

*Ключевые слова:* параллельное программирование, визуализация.

### VISUALIZATION OF PARALLEL PROGRAMMING

**A.I. Nikolaev**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russian Federation, Ryazan, andrey.nikolaev130@gmail.com*

*Abstract.* This paper discusses the basic concepts of parallel programming and their ability to visualize for later integration into a software system for designing parallel programs.

*Keywords:* parallel programming, visualization.

В рамках визуального метода проектирования параллельных программ основные понятия параллельного программирования необходимо визуализировать. С помощью визуализации мы сможем увеличить уровень абстракции, с которым работает разработчик, и облегчить понимание архитектуры программы. Это позволит избежать программных ошибок при проектировании архитектуры параллельных программ и увеличить скорость понимания новыми участниками проекта или другими разработчиками.

В ходе разработки параллельных программ, эти программы разбиваются на различные части, которые работают параллельно. Существуют различные подходы для реализации параллельных вычислений. Каждый вычислительный процесс может быть отдельным процессом в операционной системе или отдельным потоком выполнения внутри одного процесса операционной системы. Так же параллельные программы могут вычисляться на одном процессоре или на нескольких. В рамках визуального метода проектирования параллельных программ, рассматривается многопоточная модель параллельного программирования. Поток является единица исполнения кода.

Обеспечение правильной последовательности взаимодействия между различными частями программы, которые работают параллельно, а также совместный доступ к разделяемым ресурсам, представляют собой основную сложность при проектировании параллельных программ. Под разделяемыми подразумевается ресурс системы, который одновременно используется несколькими потоками.

В процессе выполнения параллельная программа может войти в состояние гонки. Это ошибка проектирования многопоточной системы для приложения, при которой результат выполнения программы зависит от того, в какой последовательности выполняются части кода. Чтобы этого избежать, а также для обеспечения взаимодействия между потоками существуют различные подходы и механизмы [1-2]:

- семафор;
- мьютекс;
- критическая секция;
- событие;
- замок с обратным отсчетом;
- обменник.

Семафор ограничивает количество потоков, которые могут войти в заданный участок кода. Поток может захватить и освободить семафор. При захвате семафора потоком, в этот участок другие потоки не смогут войти, а будут ждать, если количество потоков, захвативших семафор, соответствует размеру этого семафора. Для создания визуального представления этого понятия, необходимо создать блок, который отражает семафор с несколькими входами, которые будут определять потоки. У этого блока должна быть возможность указать количество потоков, которые могут одновременно находиться внутри семафора.

Следующим рассматриваемым понятием является мьютекс или взаимное исключение. Мьютекс представляет собой одноместный светофор. Количество потоков, которые могут захватить мьютекс ограничено одним. И остальные потоки должны ждать. При создании визуализации данного подхода возможно использование блока семафора с ограничением на одном потоке. И запретом изменения количества потоков, одновременно захвативших этот семафор.

Критическая секция, является аналогом мьютекса. Но между ними есть терминологические различия. Вход в критическую секцию является аналогом захвата мьютекса, а выход из критической секции – снятию блокировки мьютекса соответственно. Процедуры входа и выхода обычно занимают меньше времени, чем те же самые операции с мьютексом за счет того, что не происходит обращение к ядру. Нет необходимости выделять отдельный блок для визуализации критической секции, так как они полностью совпадают с мьютексом.

События представляют собой объект синхронизации. Этот объект может находиться в двух состояниях: сигнализированный и не сигнализированный. Над этим объектом определены следующие операции: установление сигнализированного состояния, ожидание и сброс в не сигнализированное состояние. Ожидание представляет собой остановку выполнения потока, который достиг объекта в не сигнализированном состоянии. Поток сможет продолжить свое выполнение, только в том случае, если другой поток просигнализирует это событие. При создании визуализации, необходимо разработать несколько блоков. Основной блок события, при достижении которого, поток будет либо останавливаться и становиться в ожидание, либо продолжать свое выполнение. При этом при прохождении через это событие, должна быть возможность установки данного события в не сигнализированном состоянии. Данный блок должен иметь идентификатор, по которому к нему можно обращаться. В этот блок на входе могут быть одновременно несколько потоков. Должны существовать блоки, при достижении которого объект можно установить в сигнализированное состояние и блок сброса состояния. Эти блоки должны иметь место для ввода идентификатора блока события. И с помощью данного идентификатора будет выбираться блок, над которым происходит воздействие.

Замок с обратным отсчетом необходим, чтобы синхронизовать выполнения нескольких потоков. При достижении этого «замка», каждый поток, закончивший вычисления, встает в ожидание, пока все остальные потоки не выполнят свои вычисления. И как только все они синхронизировались, то им разрешается дальнейшее выполнение. При визуализации данного подхода, создается блок, который на вход принимает множество потоков. И данный блок позволит дальнейшее выполнение, как только все потоки дойдут до него.

Обменник может использоваться для обмена данными между двумя потоками. При достижении данного обменника одним из потоков, он блокируется и вызывает метод для обмена. Как только второй поток достиг обменника и вызывал этот же метод обмена. Происходит обмен данными и дальнейшее выполнение программы. Обмен данными может происходить как в одном направлении, так и в двух. При визуализации данного подхода необходимо создать блок, у которого на входе будут два потока. Реализация метода для обмена должна быть написана позднее в коде.

При визуализации потоков, необходимо отобразить, как создается поток и какие данные он в себе имеет. Кроме того, взаимодействие между блоками осуществляется с помощью стрелок. Которые показывают, путь направление действия потоков.

При реализации визуализации вышеперечисленных методов для каждого метода необходимо предусмотреть максимальное время ожидания потока. Ведь условие, при котором поток может продолжить свое выполнение может никогда не наступить, а это значит, что поток будет находиться в постоянном ожидании. При разработки параллельных программ этого следует избегать. Так как это будет являться ошибкой проектирования. Программная система должна уметь оповещать пользователя, работающего с ней, о возможном бесконечном ожидании.

При использовании методов для обеспечения взаимодействия между потоками, могут возникать тупиковые ситуации. Данная ситуация называется взаимной блокировкой, при которой потоки находятся в бесконечном ожидании ресурсов, которые ими же и заблокированы. Данные ситуации очень трудно обнаружить в процессе работы программы. И эти ошибки в проектировании параллельных программ тяжело отлаживать. Визуальный метод проектирования параллельных программ не решают проблемы возникновения взаимных блокировок.

Для реализации визуализации параллельных программ, будет использоваться библиотека React для JavaScript. Она поставляется с открытым исходным кодом и предназначена для разработки пользовательских интерфейсов. Это позволит сделать использование программной системы независимой от платформы. Для использования будет необходим только браузер и интернет. Процесс преобразования визуального представления в текст программы будет происходить на сервере.

Разработка архитектуры системы остается задачей человека, который является специалистом в этой области. И он определяет с помощью каких механизмов будут взаимодействовать между собой потоки. Также именно он принимает решение о том, нужно ли использовать параллельное программирование в данном случае. Процесс визуализации является хорошим средством для помощи в реализации сложной архитектуры. Гораздо проще оперировать различными блоками и элементами, которые показывают взаимодействие внутри программы, разработанной с использованием параллельного программирования, чем определять эти же взаимодействия в коде.

Рассмотренные способы визуализации основных понятий параллельного программирования будут внедрены в программную систему, которая поможет разработчикам в проектировании параллельных программ. Но эта система будет являться только помощником, реализацию алгоритма все равно пишет разработчик. Система будет генерировать текст программы по визуальному представлению схемы взаимодействия параллельных процессов. Предлагаемый подход позволяет абстрагироваться от конкретных реализаций на различных языках программирования. Также эта система является хорошим средством, чтобы реализовать архитектуру на разных языках программирования.

Эта научная работа продолжает исследования перспективных методов программирования [14-15].

### Библиографический список

11. Богачев К. Ю., Основы параллельного программирования. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014 – 342 с.
12. Oaks S., Wond H. Java Threads, Third Edition. – Sebastopol: O'Reilly Media, 2009 – 360 p.
13. Николаев А.И. Разработка визуального метода проектирования параллельных программ // Новые информационные технологии в научных исследованиях – НИТ-2018: материалы XXII Всероссийск. научн.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов./Рязан.гос.радиотехн.ун-т. – Рязань, 2018. – С. 182-183.

14. Пруцков А.В., Цыбулько Д.М. Применение проблемно-ориентированного объектного программирования для описания порядка работы интеллектуальных и информационных систем // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2014.– № 47. – С. 92-96.

15. Пруцков А.В., Цыбулько Д.М. Проблемно-ориентированный подход к пользовательскому программированию // Cloud of Science. – 2016. – Т. 3. – № 1. – С. 105-114.

УДК 004.94:006.78; ГРНТИ 55.03.09

## **ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВЕРОЯТНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК ДЛЯ САПР МЕХАНИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ**

**С.В. Скворцов\*, В.И. Хрюкин\*, Т.С. Скворцова\*\***

*\*Рязанский государственный радиотехнический университет,*

*Российская Федерация, Рязань, vi\_x@mail.ru,*

*\*\*Академия права и управления ФСИН России,*

*Российская Федерация, Рязань, t.s.skvortsova@yandex.ru*

*Аннотация.* Рассмотрено построение программного комплекса для автоматизации конструкторских расчетов параметров допусков и посадок гладких соединений, подшипников и калибров.

*Ключевые слова:* допуски, отклонения, посадки, вероятностные расчеты, моделирование, программный комплекс

## **A SOFTWARE FOR THE PROBABILISTIC CALCULATIONS OF FITS AND TOLERANCES FOR CAD/CAM SYSTEMS**

**S.V. Skvortsov\*, V.I. Khryukin\*\*, T.S. Skvortsova\***

*\* Ryazan State Radio Engineering University,*

*Russia, Ryazan, vi\_x@mail.ru,*

*\*\* Academy of Law and Management of the Federal Penitentiary Service of Russia*

*Russia, Ryazan, t.s.skvortsova@yandex.ru*

*Abstract.* A software for automation of design calculations of tolerances and landings parameters of plain connections, bearings and gauges is considered.

*Keywords:* tolerances, deviations, fits, probabilistic calculations, simulation, program system

При разработке систем автоматизации конструкторских расчетов актуальными являются вопросы формализации процедур определения параметров сборочных узлов механических конструкций. Для этого часто используется детерминистический подход, основанный на использовании Единой системы допусков и посадок (ЕСДП), которая удовлетворяет стандартам ISO 286–1:2010 [1] и ISO 286–2:2010 [2]. Однако при этом ужесточаются требования к допускам сопрягаемых деталей. Чтобы снизить требования к точности изготовления деталей при сохранении параметров их соединений может использоваться теоретико-вероятностный подход [3, 4], который предполагает, что размеры полей допусков подчиняются определенным законам распределения.

В работе [5] предложена методика вычисления допуска соединения при произвольных законах распределения размеров полей допусков вала и отверстия, учитывающих особенности производства сопрягаемых деталей. Она базируется на вероятностном моделировании размеров валов и отверстий с отбором предельных вариантов зазоров и/или натягов. В работе [6] рассматривается обратная задача нахождения предельных отклонений и допусков сопрягаемых деталей по заданным стандартным посадкам ЕСДП.

На основе предложенных методов решения прямой и обратной задач разработана подсистема расчета параметров допусков и посадок гладких соединений, подшипников и калибров - «Программа вероятностных расчетов в ЕСДП». Программный комплекс содержит средства взаимодействия с программными модулями расчета допусков и посадок, средства просмотра и сохранения файлов результатов, управления многооконным интерфейсом и контекстно-зависимую справочную систему по ЕСДП.

Такая среда представляет собой интегрированную оболочку, работающую в диалоговом режиме [6]. Она обладает простым Windows-подобным интерфейсом, для взаимодействия с которым нет необходимости в большом опыте работы на компьютере. Все ее функции доступны пользователю через главное меню, которое представлено на рисунке 1.

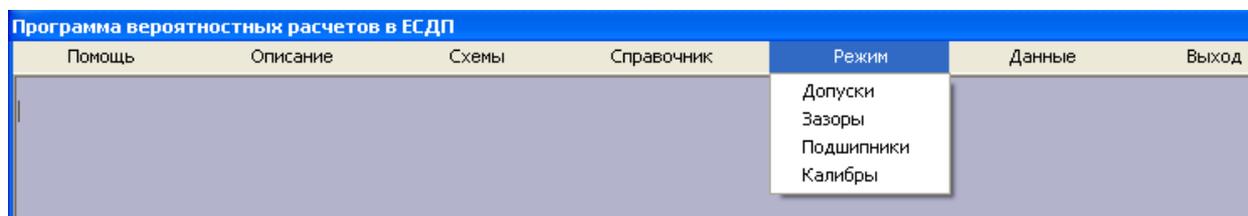


Рис. 1. Главное меню программного комплекса

Рассмотрим назначение основных разделов меню. Пункт меню «Помощь» предоставляет информацию об основных командах программной среды, запускаемых через главное меню и функциях, которые они выполняют (рисунок 2).

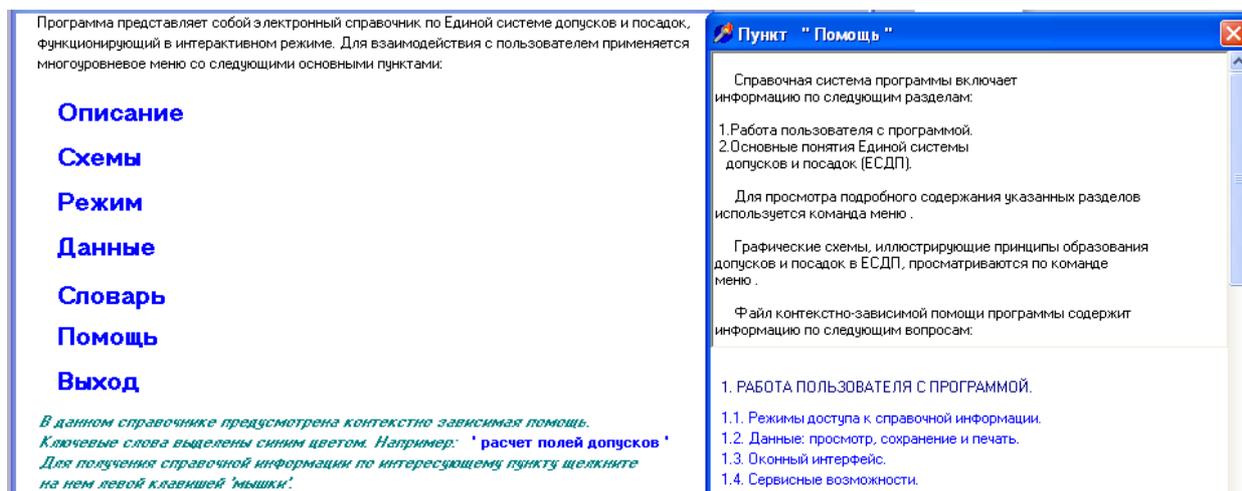


Рис. 2. Окно, открываемое при активизации пункта меню «Помощь»

Пункт меню «Описание» предоставляет информацию о назначении и авторах программы, пункт «Схемы» позволяет вывести на экран рисунки, иллюстрирующие принципы построения допусков и посадок в ЕСДП. Например, на рисунке 3 представлены виды посадок в ЕСДП.

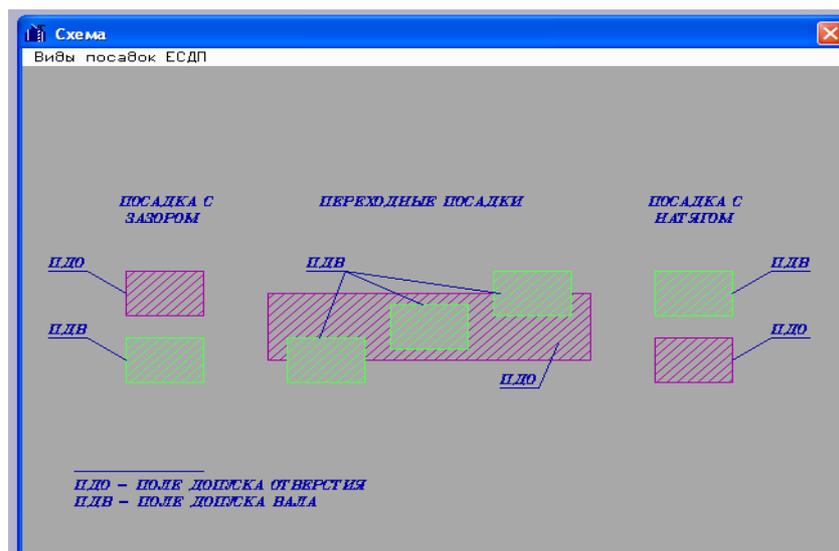


Рис. 3. Окно, иллюстрирующее виды посадок

Пункт меню «Справочник» позволяет обратиться к словарю понятий, терминов и определений ЕСПД, пункт «Режим» предоставляет доступ к программным модулям расчета допусков и посадок и позволяет работать в четырех режимах.

Режим ДОПУСКИ предназначен для решения прямой задачи вычисления предельных зазоров и/или натягов, предельных размеров валов и отверстий, их допусков, а также допуска посадки. Исходными данными здесь являются заданный номинальный размер соединения, условное обозначение сопрягаемых поверхностей, законы распределения полей допусков вала и отверстия. Результаты работы программы в этом режиме показаны на рисунке 4.

Режим ЗАЗОРЫ обеспечивает решение обратной задачи определения стандартной посадки, соответствующей заданным номинальному размеру, предельным зазорам и/или натягам, законам распределения полей допусков сопрягаемых элементов. Пользователю предоставляется информация об условном обозначении этой посадки, о значениях предельных зазоров и/или натягов, предельных размерах валов и отверстий, допуска посадки и допусков деталей. Результаты работы программы в этом режиме представлены на рисунке 5.

**Режим допуски**

Номинальный размер (до 500 мм)

Обозначение поля допуска отверстия

Выберите закон распределения

Обозначение поля допуска вала

Выберите закон распределения

В О В ES = 19.0 мкм  
 Допуск отв. TD = 19.0 мкм  
 Размер отв. Dmax = 60.019 мм  
 Размер отв. Dmin = 60.000 мм  
 -----  
 Допуск соедин. TS(N) = 49.0 мкм  
 Зазор Smax = 8.0 мкм  
 Натяг Nmax = 41.0 мкм

Рис. 4. Окно режима ДОПУСКИ

**Режим зазоры**

Исходные данные

Номинальный размер (до 500 мм)

Минимальный зазор (мкм)

Максимальный зазор (мкм)

Система образования посадок  
 отверстия  
 вала

С О Е Д И Н Е Н И Е 65.00 H6/f6  
 -----  
 В А Л 65.00 f6  
 -----  
 В О В es = -30.0 мкм - осн.откл.  
 Н О В ei = -49.0 мкм

Рис. 5. Окно режима ЗАЗОРЫ

Режим ПОДШИПНИКИ предназначен для нахождения в радиальных или радиально-упорных подшипниках предельных зазоров и натягов, возникающих при посадках внутреннего кольца на вал и наружного в отверстие, предельных размеров вала и отверстия, допусков посадок и допусков деталей. Результаты работы программы в этом режиме представлены на рисунке 6.

Режим КАЛИБРЫ используется для определения исполнительных размеров калибров (калибров - скоб, калибров - пробок и контрольных калибров). Результаты работы программы в этом режиме представлены на рисунке 7.

Пункт меню «Данные» позволяет сохранять результаты расчетов в файл или выбрать для просмотра требуемый файл с результатами расчетов, выполненных ранее.

**Режим подшипники**

Исходные данные

Номинальные размеры:

наружного кольца 30

внутреннего кольца 12

Класс точности

P0

P6

P5

P4

Обозначения полей допусков

отверстия G5

вала h6

Ввод Отмена Помощь

СОЕДИНЕНИЕ НАРУЖНОГО КОЛЬЦА С КОРПУСОМ

Допуск соедин. TS(N) = 39.0 мкм

Зазор Smax = 97.0 мкм

Зазор Smin = -0.0 мкм

СОЕДИНЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО КОЛЬЦА С ВАЛОМ

Допуск соедин. TS(N) = -227.0 мкм

Зазор Smax = 36.0 мкм

Натяг Nmax = 7.0 мкм

Рис. 6. Окно режима ПОДШИПНИКИ

**Режим калибры**

Тип калибра

пробка

скоба

контрольный

Номинальный размер 60

Обозначение поля допуска d6

Ввод Отмена Помощь

КАЛИБР-СКОБА

В А Л 60.00 d6

В О В es = -100.0 мкм - осн.откл.

Н О В ei = -119.0 мкм

Допуск вала Td = 19.0 мкм

Размер вала dmax = 59.900 мм

Размер вала dmin = 59.881 мм

Исполнительные размеры калибра для контроля вала 60.00 d6

Дном = 60.00000 мм

Рис. 7. Окно режима КАЛИБРЫ

Предлагаемая подсистема расчета параметров допусков и посадок позволяет производить расчеты допусков и посадок, обладает контекстно-зависимой справочной системой по ЕСДП и может быть интегрирована в САПР механических конструкций. Часть информации выдается пользователю в виде условных графических схем, что облегчает восприятие и повышает наглядность результатов. Все это делает разработанную программную среду удобной и доступной широкому кругу пользователей и позволяет использовать ее как в профессиональной деятельности, так и в учебных целях.

### Библиографический список

1. ISO 286-1:2010. Geometrical Product Specifications (GPS) - ISO code system for tolerances on linear sizes - Part 1: Basis of tolerances, deviations and fits. URL: <https://www.iso.org/standard/45975.html>.
2. ISO 286-2:2010. Geometrical Product Specifications (GPS) - ISO code system for tolerances on linear sizes - Part 2: Tables of standard tolerance classes and limit deviations for holes and shafts. URL: <https://www.iso.org/standard/54915.html>.
3. Зайцев С.А., Куранов А.Д., Толстов А.Н. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. - М.: Академия, 2004. - 238 с.
4. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. - М.: Машиностроение, 1987. - 352 с.
4. Сковрцов С.В., Сковрцова Т.С., Хрюкин В.И. Методика вероятностных расчетов допусков и посадок для САПР механических конструкций // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. - 2014. - № 48. - С. 92-97.
5. Сковрцов С.В., Сковрцова Т.С., Хрюкин В.И. Выбор стандартных посадок с учетом вероятностного характера параметров соединений для САПР механических конструкций // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. - 2017. - № 61. - С. 32-40.
6. Сковрцов Н.В., Сковрцов С.В., Хрюкин В.И. Разработка программных средств теоретико-вероятностных расчетов в Единой системе допусков и посадок // Информационные технологии в научных исследованиях: Межвуз. сб. / Рязан. гос. радиотехн. ун-т. - Рязань, 2012. - С. 134-136.

УДК 004.032.2; ГРНТИ 89.25.15

## АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАСЧЁТА ЦЕЛЕУКАЗАНИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ СРЕДСТВАМ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ РАКЕТНЫХ ПУСКОВ

С.В.Спицын, А.В.Товпеко,

АО «Ракетно-космический центр «Прогресс» -  
филиал Особое конструкторское бюро «Спектр»,  
Россия, г. Рязань, 4370@spectr.ryazan.ru

*Аннотация.* В данной работе рассмотрена проблематика оперативного расчёта и коррекции целеуказаний в реальном времени при проведении ракетных пусков. Представлен пример возможного экстраполированного математического расчета, показаны основные этапы вычислений.

*Ключевые слова:* сопровождение ракетных пусков, измерительный комплекс, расчет целеуказаний измерительным средствам.

## ACTUAL PROBLEMS OF TARGETING FOR MEASURERS CALCULATION DURING ROCKET LAUNCHES PROVIDING

S.V.Spitsyn, A.V.Tovpeko

JSC "Space rocket center "Progress" – department of Special design bureau "Spectrum",  
Russia, Ryazan, 4370@spectr.ryazan.ru

*Abstract.* This paper deals with problems of real-time calculation and correction of targeting for measurers in real time during rocket launches. An example of a possible extrapolated mathematical calculation and main stages of calculations are presented.

*Keywords:* Rocket launches providing, measurement complex, targeting for measurers.

В настоящее время одним из наиболее важных направлений развития измерительных комплексов космодромов является внедрение дистанционного управления и повышение уровня автоматизации работы средств измерений. В основе используемых сегодня антенных систем радиотелеметрии находятся три подхода к управлению [1]:

- ручной контроль (как удалённо, так и на самом измерительном посту);
- программный режим исполнения целеуказаний (ЦУ), рассчитанных по заданной траектории на подготовительной стадии;
- автосопровождение по мощности радиосигнала после обнаружения объекта.

В силу того, что при ручном режиме управления на удалённом периферийном пункте у пользователя должна иметься определённая квалификация, этот вариант можно рассматривать только как вспомогательный. При современном подходе вся трудоёмкая работа, требующая участия специалистов (инженеров), должна переноситься с дальних площадок в вычислительные центры, оставляя периферийным объектам только задачи охраны, расчехления и подачи электропитания. Программный режим отличается от ручного полной автоматизацией, но он также характерен и высокими требованиями к исходным данным (требуется заранее проведённый расчёт углов позиционирования по априорной траектории, информация о точном времени старта и т.д.). Очевидно, в условиях значительных траекторных отклонений или значительного отклонения времени начала отсчёта ЦУ программное управление не обеспечит должное качество принятой радиотелеметрии. Вариант автосопровождения по радиосигналу лишен всех вышеперечисленных недостатков – в данном режиме от ракеты требуется лишь единичное попадание в поле радиовидимости (таблицы ЦУ по каждой точке уже не требуются). В дальнейшем автоматические повороты антенны вслед за объектом производятся уже автоматически. Но, несмотря на удовлетворительные результаты от внедрения нынешних средств автосопровождения, автослежение всё же не лишено недостатков. К примеру – невозможность восстановить приём после выхода объекта из поля видимости в следствии длительного перерыва приёма.

Наиболее распространённые, типовые, ситуации сбоя приёма радиотелеметрического сигнала показаны на рис. 1. Отсюда возникает вопрос, можно ли использовать измерения от

других средств, в том числе со смежных измерительных пунктов и периферийных площадок, чтобы повысить результативность приёма данных. В то время как один измерительный пункт находится вне зоны радиовидимости, параметры траектории должны приниматься от другого измерительного пункта и возможно с разнородных измерительных средств, тем самым в вычислительном центре в режиме реального времени сможет быть обеспечена максимальная полнота информации для оперативного расчёта ЦУ – прямо в темпе приёма данных. Пример графического представления радиовидимости распределённых измерительных пунктов показан на рис. 2 (данный программный комплекс разработан ОКБ «Спектр» для оценки достаточности полигонных измерительных средств для выбранных трасс лётных испытаний ракет).

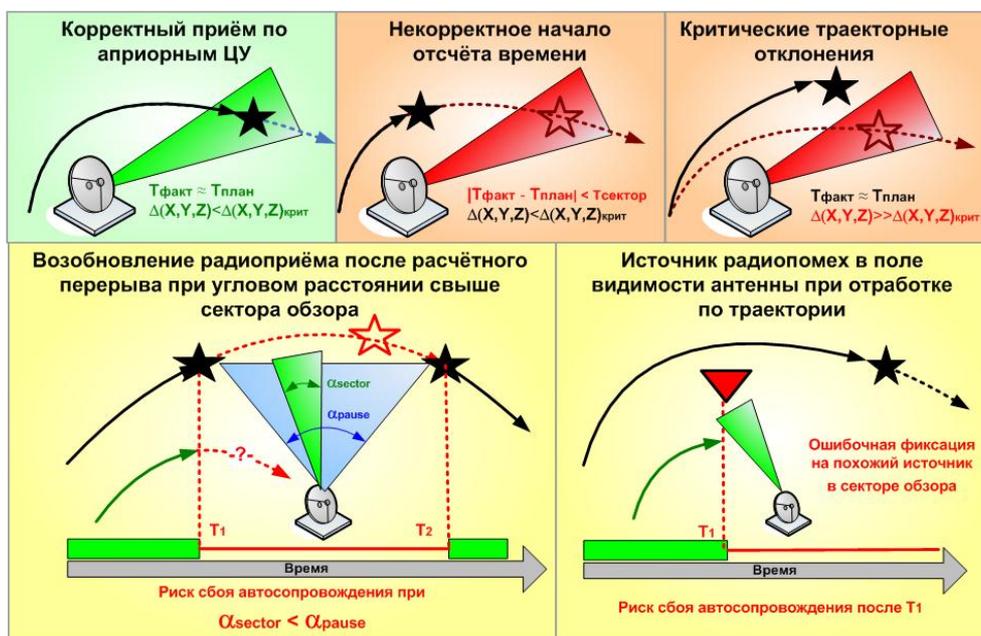


Рис. 1. Возможные ситуации приёма при «стандартных» подходах к управлению антеннами

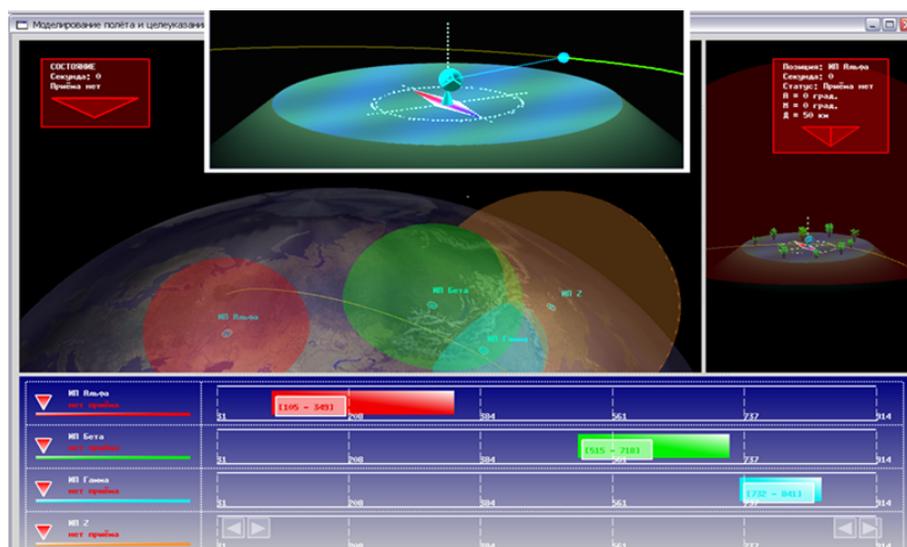


Рис. 2. Примеры графического представления областей радиовидимости на карте и временной диаграмме

Таким образом, расчёт (или корректировка) ЦУ измерительным средствам в реальном времени наиболее востребованы при высоких вариациях траекторных отклонений, при не-

возможности фиксации точного времени старта на измерительных постах, при сборе телеметрической информации с отделившихся ступеней, имеющих большое рассеивание вследствие погодных условий, а также при сопровождении полёта в нестандартных ситуациях с отклонениями от расчётной траектории, когда программный режим управления по заранее рассчитанным ЦУ невозможен. Коррекция ЦУ также необходима и при отсутствии траекторных отклонений во время пуска, так как при неверно зафиксированном старте (например, сбой системы единого времени, некорректная фиксация контакта подъёма, некорректный доклад о запуске) переход на расчётные ЦУ помогает возобновить приём необходимой информации.

Так как оперативный расчёт ЦУ является задачей реального времени, следует учитывать все недостатки и ограничения информационных каналов. При большом времени реакции объект выходит из сектора достоверного приёма, так как суммарное время на передачу измерений, на извлечение из измерений траектории, на расчёт углов позиционирования антенны, на передачу и исполнение скорректированных целеуказаний, может быть сопоставимо с временем выхода объекта из области видимости. Ограничения по скорости приводов антенных механизмов, по времени передачи данных линиям связи (в случае трассовых измерительных пунктов как правило это спутниковые каналы), время выдачи решения навигационной задачи в радиотелеметрический канал и время, отводимое на математический анализ и обработку параметров от исходных кодов измерений до результирующих ЦУ вносят свой вклад в эффективность системы. Так, чтобы парировать негативный эффект от временной задержки, предлагается проводить расчёт углов ЦУ не по текущей точке траектории, а по экстраполированной во времени. К примеру, для баллистического полёта на пассивном участке траектории допустима экстраполяция второго порядка [1]:

$$X(t_i+jT_{ш}) = X(t_i)+jT_{ш}VX(t_i)+ aX(t_i)*(jT_{ш})^2,$$

$$Y(t_i+jT_{ш}) = Y(t_i)+jT_{ш}VY(t_i)+ aY(t_i)*(jT_{ш})^2,$$

$$Z(t_i+jT_{ш}) = Z(t_i)+jT_{ш}VZ(t_i)+ aZ(t_i)*(jT_{ш})^2.$$

Здесь  $t_i$  – текущее время (время последней зарегистрированной точки),

$X, Y, Z$  – геоцентрические координаты из параметров бортовой навигационной аппаратуры потребителя GPS/ГЛОНАСС (БНАП),

$VX, VY, VZ$  – проекции вектора скорости (из параметров БНАП),

$aX, aY, aZ$  – проекции вектора ускорения (рассчитываются как первые производные по времени от соответствующих проекций вектора скорости),

$T_{ш}$  – временной шаг экстраполяции,

$j$  – счётчик, принимающий значения от  $0.333T_{э}/T_{ш}$ , до  $T_{э}/T_{ш}$ , где  $T_{э}$  – интервал экстраполяции, зависящий от времени реакции системы.

Глубина и шаг экстраполяции выбираются пользователем по следующей методике:

– шаг экстраполяции – период реакции управляющего элемента антенны, либо период с которым была задана таблица априорных ЦУ;

– глубина экстраполяции – утроенное суммарное время реакции системы на сбор траекторной (в том числе телеметрической) информации, формирование управляющего воздействия и поворот антенны (на практике – до десятков секунд).

Суммарное время реакции системы должно быть меньше интервала экстраполяции. Задача осложняется ещё и тем, что различные измерительные системы (данные радаров, ГЛОНАСС и др.) имеют различные принцип действия, методическую погрешность и информативность. Для восстановления траектории при полноте и достаточности данных для расчёта экстраполируются координаты, при неполноте – экстраполируются углы, или выполняется повтор углов смежных измерительных средств с автосопровождением. Задача корректировки в грубом приближении состоит из трёх этапов: 1) определение точки траекто-

рии, 2) расчёт углов по известным координатам поста и 3) выдача команды на поворот, но и она разбивается на несколько более сложных подэтапов вычислений, таких как:

- фильтрация недостоверных измерений. Ошибки обработки или измерений станут следствием ошибок управления, а также увеличения времени, которое потребуется на учёт данной ситуации при дальнейшем восстановлении качества;

- восстановление текущей траекторной точки по измерениям нескольких устройств ГЛОНАСС, выдавших разные измерения для одного момента времени;

- применение алгоритмов смены функциональных режимов (алгоритмов перехода на внешнее ЦУ от смежного средства, возврата к режиму оперативной коррекции при сбое смежного средства и автоматического перехода между априорной конфигурацией и принимаемыми оперативными расчётами в условиях нестабильного приёма);

- лонгирование траектории по недостоверным измерениям при сбоях приёма телеметрии;

- полиномиальная экстраполяция, причём высокого порядка. При движении ракеты на активном участке траектории, когда баллистические уравнения неприемлемы, низкие порядки экстраполяции не способны обеспечить допустимый уровень ошибки для некоторых типов измерительных средств.

Таким образом, оперативный расчёт по траекторным измерениям в силу своей зависимости от передачи данных, систем сбора обработки и анализа информации по результатам пуска и систем управления измерительными средствами допускается только для средств с достаточно широким полем видимости [2]. Узкая область видимости делает корректировку через вычислительный центр неосуществимой. Например, данный подход может и должен применяться для радиотелеметрии или радаров, но не может распространяться на квантово-оптические измерительные средства с сектором обзора не более единиц градусов. Сами измерительные средства должны находиться на таком расстоянии, чтобы объект за необходимое для расчёта и исполнения оперативной команды время, не вышел из сектора обзора (т.е. техническая реализуемость подхода зависит и от характеристик ракетного изделия, и от размещения измерительных постов).

Поводя итоги, указываем, что общая проблематика оперативного расчёта ЦУ измерительным средствам определяется тремя основными аспектами. С одной стороны – это функциональные различия источников по информации, с которых производится восстановление параметров движения – различные погрешности, частота выдачи данных и т.д. Система анализа траектории должна обобщить их, отфильтровать аномальные точки, выполнить полиномиальное сглаживание, сформировать текущие достоверные значения векторов координат, скорости и ускорения. Восстановление точки траектории – это задача обработки измерений, которая должна быть выполнена с достаточным качеством за весьма ограниченный период времени. Здесь второй проблемный вопрос – достаточные и своевременные вычисления в режиме реального времени. Подсистему сбора параметров траектории можно рассматривать как своеобразную отрицательную обратную связь (рис. 3) в контуре управления антенными постами, и, согласно теории автоматического управления, техническая реализуемость оперативного расчёта будет серьёзно зависеть от временных задержек на сбор и обработку информации. Третья проблема – доставка скорректированных ЦУ на дальние посты по неустойчивым асимметричным каналам связи. При этом требования реального масштаба времени не позволяют применять протоколы с контролем целостности и порядка следования информационных блоков. Допускается только дейтаграммная рассылка, не обеспечивающая центр квитанцией о приёме. Комплекс дистанционного управления не сможет повторить команду на поворот, если она была утрачена в сети и при следующем ЦУ антенна вынуждена совершать поворот на больший угол за большее время.

В задаче оперативного расчёта ЦУ в реальном времени должны быть учтены особенности всех звеньев системы – по математической обработке, по передаче данных, по форми-

рованию протоколов управления, по логике управляющих элементов. Реализация представляет собой сложное комплексное решение, сочетающее массу методов по передаче данных и баллистическо-навигационным вычислениям.

Помимо задач, как организовать вычислительный процесс по корректировке ЦУ, возникает сопутствующий прикладной вопрос, как предоставить пользователю оперативные данные по мониторингу измерительного комплекса – выполняются ли повороты антенных постов, своевременны ли они (соответствует ли вектор электрической оси актуальному целеуказанию с учётом ширины сектора приёма), какой из вариантов исполнения ЦУ задействован и т.п. [3]

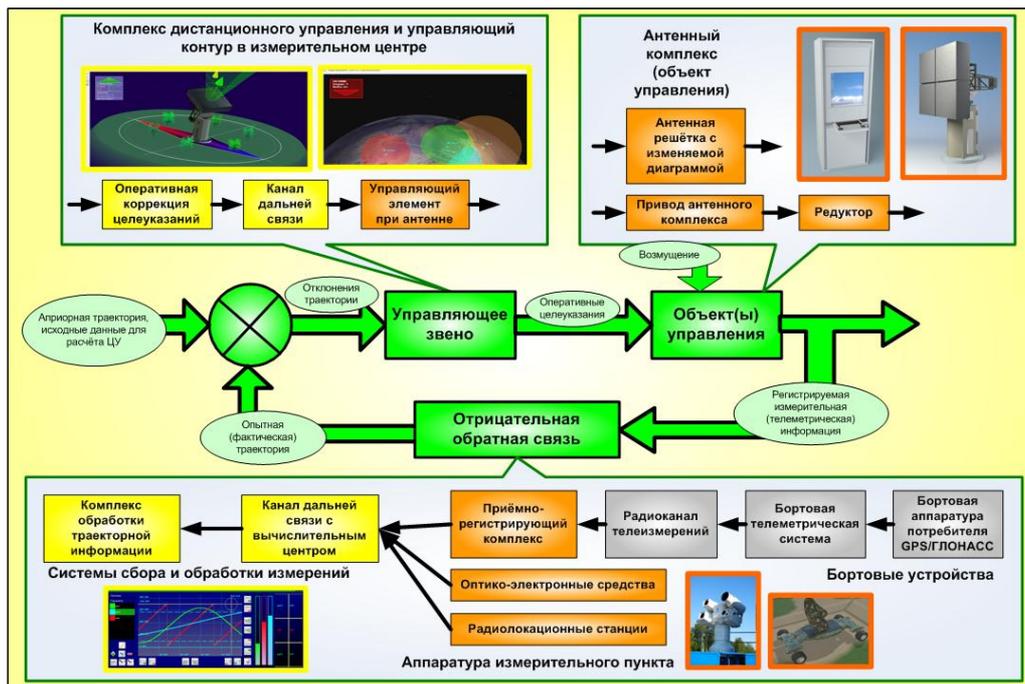


Рис. 3. Система сбора и обработки измерений в контуре дистанционного управления

В настоящее время развитие машинной графики в области обработки измерений идёт одновременно с графикой в области диагностирования и управления измерительных средств – осуществляется переход от графиков и простых диаграмм азимута-возвышения к трёхмерному моделированию с трассировкой траекторий. Примеры из систем ОКБ «Спектр» представлены на иллюстрациях далее – трёхмерные модели на основе векторных изображений фундамента, поворотной платформы и апертуры дают наглядную визуализацию с индикаторами состояний и результативности текущего приёма информации.

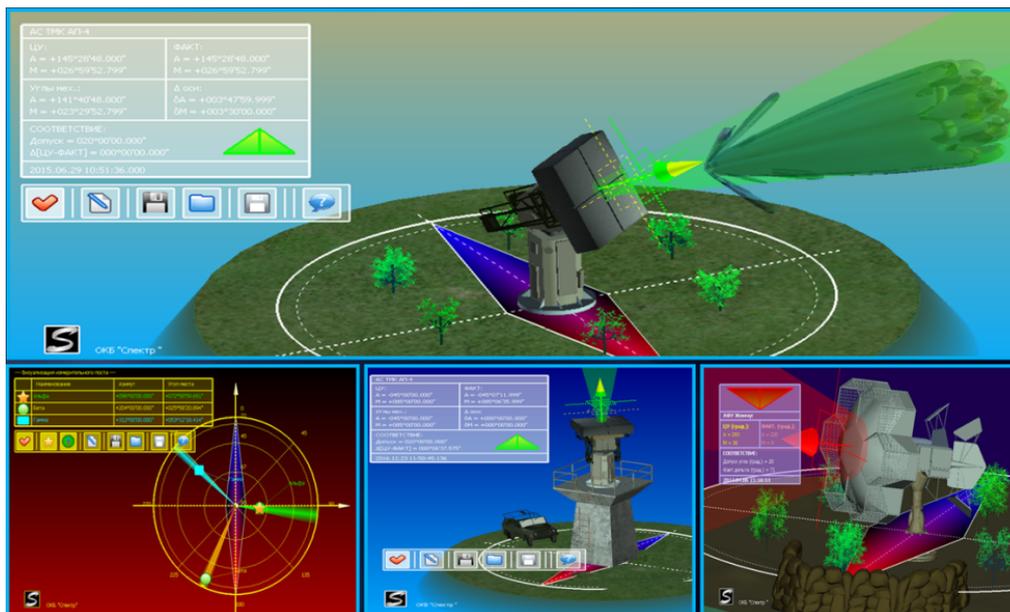


Рис. 4. Компоненты мониторинга состояния антенного поста на основе трёхмерной графики. Представлены вектора направлений и целеуказаний, диаграммы направленности, сектора приёма

### Библиографический список

1. А.В.Товпеко «Архитектура и принцип действия системы управления измерительными средствами при обеспечении ракетных пусков» ISSN 1995-4565. Вестник РГРТУ №1 (выпуск 51). Рязань: РГРТУ, 2015
2. А.В.Товпеко «Проблематика автоматизации управления измерительным комплексом космодрома». «Материалы 6-ой МНТК, посвящённой 90-летию со дня рождения академика В.Ф.Уткина «Космонавтика. Радиоэлектроника. Геоинформатика» Рязань: РГРТУ, 2013
3. А.В.Товпеко «Проблематика оперативного расчёта целеуказаний в измерительном обеспечении ракетных пусков». «Материалы III ВНТК Актуальные проблемы ракетно-космической техники». Самара: ЦСКБ-Прогресс, 2013

УДК 004.42; ГРНТИ 20.53.19

## УСКОРЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА СРЕДСТВАМИ ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРОВ ФИРМЫ NVIDIA

С.В. Скворцов, Т.А. Фетисова

Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Россия, Рязань, s.v.skvor@gmail.com, pyurova\_ta@mail.ru

*Аннотация.* В данной работе рассматривается генетический алгоритм в целом, а также варианты реализации его отдельных этапов. Разрабатывается многопоточная модель, в которой содержатся все необходимые итерации и элементы распараллеливания данных. Обосновывается возможность многопоточной реализации генетического алгоритма на графических процессорах фирмы NVIDIA с использованием технологии CUDA. Проводится анализ востребованности и применимости алгоритмов при решении различных прикладных задач.

*Ключевые слова:* генетический алгоритм, селекция, кроссинговер, многопоточность, технология CUDA, графический процессор.

## ACCELERATION OF GENETIC ALGORITHM BY TOOLS OF NVIDIA GRAPHIC PRESSESSORS

S.V. Skvortsov, T.A. Fetisova

Ryazan State Radio Engineering University,

Russia, Ryazan, s.v.skvor@gmail.com, pyurova\_ta@mail.ru

*Abstract.* In this paper, the genetic algorithm is considered as a whole, as well as options for the implementation of its individual stages. The multithreaded model is developed that contains all the necessary iterations and data parallelization elements. The possibility of multi-threaded implementation of the genetic algorithm on graphical processors of NVIDIA with the use of CUDA technology is described. The analysis of the relevance and applicability of algorithms in solving various applications are considered.

*Keywords:* Genetic algorithm, selection, cross-over, multithreading, CUDA technology, GPU.

### 1. Введение

На сегодняшний день вычислительная мощность компьютеров возросла благодаря использованию возможностей многоядерных процессоров. Механизмы распараллеливания позволяют в десятки, а иногда и в сотни раз увеличивать производительность исследуемых и разрабатываемых алгоритмов. В связи с этим развитие параллелизма с использованием графических процессоров является актуальной задачей в настоящее время. В различных сферах науки уже применяются распределенные вычисления, разрабатываются модели, алгоритмы и методы реализации различных прикладных задач.

Из множества известных алгоритмов, позволяющих решать задачи автоматизированного проектирования, выделяют генетические алгоритмы [1, 2], эффективность которых также можно повысить за счет применения параллельных вычислений. Цель данной работы заключается в исследовании генетических алгоритмов с точки зрения анализа различных способов реализации основных операторов и при их многопоточной реализации средствами графического процессора фирмы NVIDIA.

### 2. Генетический алгоритм и его многопоточная модель

Генетический алгоритм является широко известным алгоритмом, который применяют в различных прикладных задачах. Основные структурные элементы данного алгоритма, а также последовательность их выполнения представлены ниже [3]:

1. Формирование популяции.
2. Вычисление функции полезности (или фитнес-функции) популяции.
3. Селекция родителей.
4. Кроссинговер (или скрещивание) родительских хромосом.
5. Мутация родительских хромосом (при заданной вероятности).
6. Вычисления функции приспособленности потомков.
7. Формирование новой популяции.

Несмотря на низкую производительность генетические алгоритмы находят широкое распространение и часто используются для решения прикладных задач [2], что делает актуальной задачу повышения скорости работы генетических алгоритмов путем многопоточной реализации. Многопоточные генетические алгоритмы могут использовать различные модели, например, модель «хозяин-рабочий», островная модель, модель диффузии и гибридная модель. Модель островов представляет особый интерес, так как она полностью задействует вычислительные мощности компьютера [5, 6].

В данной модели каждая подпопуляция находится и развивается на своем "острове" [2]. Лучшие особи могут менять мигрировать между островами, однако это происходит достаточно редко. Главным преимуществом многопоточного генетического алгоритма является то, что они работают значительно быстрее даже на однопроцессорных компьютерах ввиду лучшей структуризации. Причина быстрогодействия заключается в сокращении числа вычис-

лений за счет распределения пространства решений на области поиска. На сегодняшний день разработаны различные виды параллельного генетического алгоритма, но практически все они представляют собой вариации базового алгоритма, упрощенно представленного следующим образом.

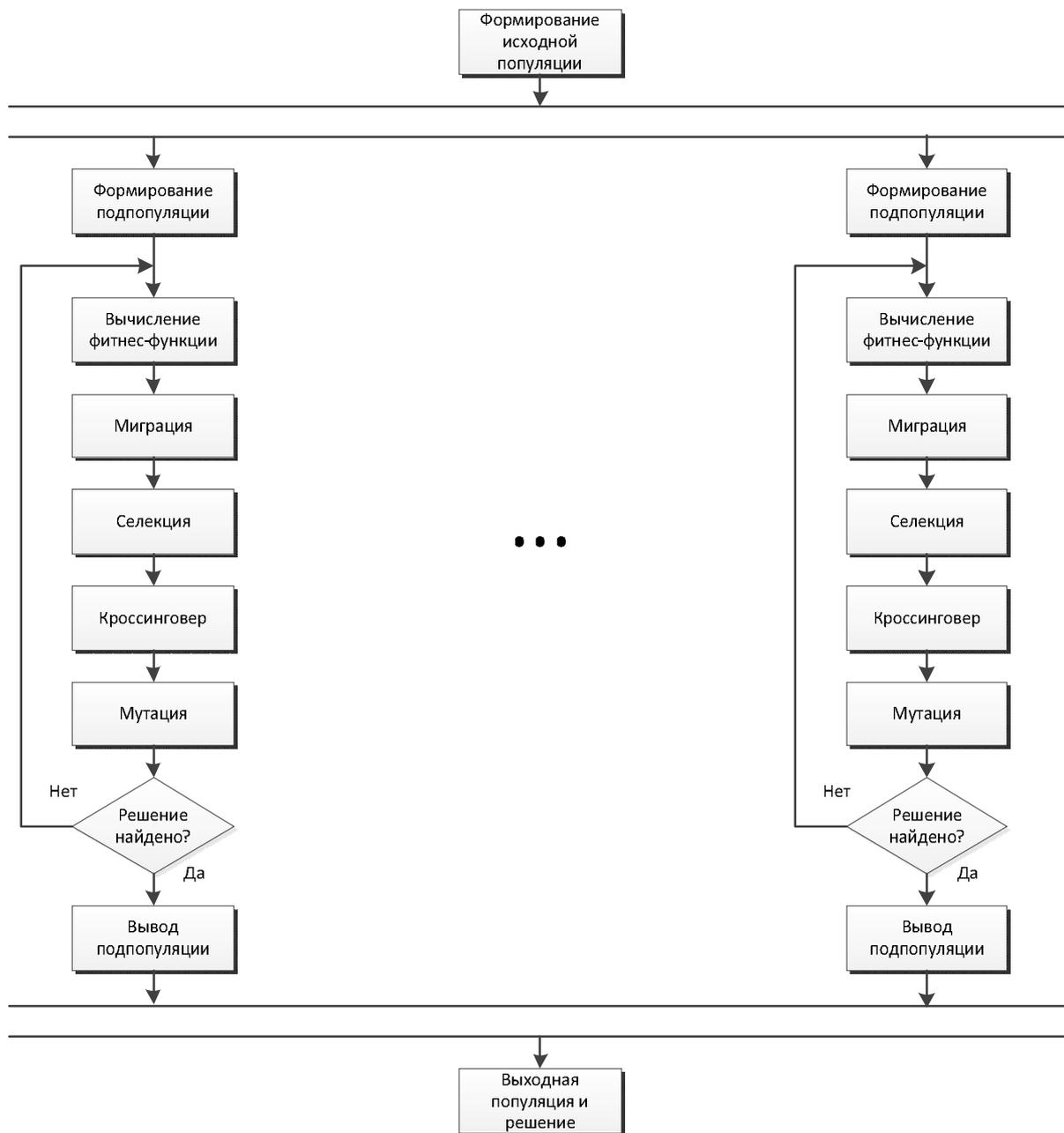


Рис. 1. Упрощенная модель многопоточного генетического алгоритма

Далее рассмотрим способы реализации операторов селекции и кроссинговера, которые в дальнейшем будут реализованы средствами графического процессора с помощью технологии CUDA.

### 3. Селекция и ее виды

Селекция – это один из главных механизмов управления данными в генетическом алгоритме [4]. Под селекцией понимается выбор хромосом, которые будут принимать участие в создании потомков следующей популяции (очередного поколения). Данная процедура позволяет выделить особи с наибольшими значениями фитнес-функции, что способствует появлению новой популяции с наилучшими характеристиками. В настоящее время существуют различные методы селекции. В дальнейшей многопоточной реализации будут участвовать следующие методы: колесо рулетки, турнирная селекция, ранговая селекция – поскольку они различны по своей реализации, и каждый имеет свои особенности, преимущества и недостатки.

Принцип колеса рулетки принято считать основным методом селекции для генетических алгоритмов. Метод предполагает выполнение следующих шагов:

- Вычисление значения фитнес-функции каждой особи;
- Вычисление секторов рулетки по формулам:

$$v(ch_i) = p_s(ch_i) * 100\%,$$

где

$$p_s(ch_i) = \frac{F(ch_i)}{\sum F(ch_i)}$$

$v$  – вероятность выбора того или иного сектора колеса рулетки;

$p_s$  – величина сектора колеса рулетки;

$F$  – значение фитнес-функции особи;

$ch_i$  –  $i$ -ая особь.

- Случайный выбор особей по секторам (чем больше сектор, тем чаще повторяется особь);
- Удаление дублирующихся особей;
- Переход к кроссинговеру.

Единственный недостаток данного метода заключается в исключении из популяции большого количества особей с очень малым значением фитнес-функции, что может привести к преждевременной сходимости.

Турнирная селекция является востребованной при решении задач максимизации и минимизации функций, многокритериальной оптимизации. Данный метод разделен на следующие этапы:

- Разбиение популяции на подгруппы (произвольного или фиксированного размера) детерминированным (с вероятностью 1) или случайным (с вероятностью меньше 1) образом;
- Вычисление значения фитнес-функции каждой особи в подгруппе;
- Выбор из каждой подгруппы особи с наилучшим значением фитнес-функции;
- Переход к кроссинговеру.

Исследования турнирной селекции подтверждают, что данный метод работает гораздо эффективнее, чем метод колеса рулетки.

Ранговая селекция предполагает ранжирование особей популяции по значениям их фитнес-функции, а именно:

- Вычисление значения фитнес-функции каждой особи;
- Ранжирование особей популяции по уменьшению фитнес-функции;
- По заранее заданной функции или порогового значения определение особей, которые войдут в выборку для скрещивания;
- Переход к кроссинговеру.

Главное достоинство ранговой селекции – возможность ее применения при максимизации и минимизации функций.

Выбор данных методов обусловлен тем, что они различны между собой, каждый из них востребован и имеет свои преимущества при решении различных прикладных задач, а также поддается распараллеливанию средствами графического процессора.

#### 4. Кроссинговер и его виды

В генетическом алгоритме кроссинговер представляет собой операцию скрещивания, т.е. обмен особей частью генов между друг другом [4]. Кроссинговер – это также один из основных механизмов, влияющих на результаты алгоритма. Рассмотрим одноточечный, двухточечный и однородный операторы скрещивания.

При одноточечном кроссинговере выбираются пары особей, определяется точка скрещивания (локус), которая должна быть в интервале от 1 до  $L-1$ , где  $L$  – количество генов хромосомы. В результате кроссинговера пары особей получается следующая пара потомков:

- Потомок 1, состоящий из генов от 1 до  $l_k$  первого родителя и от  $l_k+1$  до  $L$  второго родителя;
- Потомок 2, состоящий из генов от 1 до  $l_k$  второго родителя и от  $l_k+1$  до  $L$  первого родителя.

Пара родителей (точка скрещивания $l_k=6$ )									
А	0	1	1	1	0	1	0	1	0
В	1	0	0	1	1	0	1	0	1
Пара потомков									
А'	0	1	1	1	0	0	1	0	1
В'	1	0	0	1	1	1	0	1	0

Двухточечное скрещивание отличается от одноточечного тем, что особи обмениваются участками генов, находящимися между двумя случайно выбранными точками скрещивания.

Пара родителей (точка скрещивания $l_k=4, 7$ )												
А	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0
В	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
Пара потомков												
А'	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
В'	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1

Однородный кроссинговер предполагает наличие маски – набор генов, количество которых равно количеству генов родительской особи и которые задают правило обмена генов пары родителей. Так, например, пусть в маске 1 – первый родитель, 0 – второй родитель.

Маска	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0
А	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0
Потомок	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
В	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1

Несмотря на то, что каждый из представленных методов кроссинговера незначительно отличаются друг друга, они могут давать принципиально разные результаты: скорость нахо-

ждения оптимального решения, результирующие особи и др. Поэтому данные методы будут представлены в многопоточных версиях и реализованы в программном модуле на графическом процессоре с применением технологии CUDA.

### Выводы

Генетические алгоритмы представляют собой универсальный метод оптимизации многопараметрических функций, что позволяет решать широкий спектр задач. Их широкое исследование обуславливается большим количеством модификаций и параметров, причем зачастую незначительное изменение одного из них дает получить неожиданные положительные результаты. Так генетические алгоритмы применяются для решения следующих прикладных задач, которые находят свое место в автоматизированном проектировании: поиск глобального экстремума функции; задачи о кратчайшем пути на графах; аппроксимация функций; настройка искусственной нейронной сети; тестирование автоматов; машинное обучение.

В то же время нельзя забывать, что применение генетического алгоритма полезно, когда для данной задачи отсутствует подходящий специальный алгоритм. При сравнении специального и генетического алгоритмов второй может работать, по крайней мере, не лучше (за исключением гибридного алгоритма).

Эффективность распараллеливания генетического алгоритма определяется особенностями его структуры и реализацией основных операторов. Немало важным параметром, влияющим на производительность, также является выбор размера популяции и качественный состав особей в ней, поскольку за счет раннего нахождения оптимального решения можно получить значительное ускорение работы алгоритма. Данные гипотезы в дальнейшем будут проверены как с аналитической точки зрения, так и практической, основанной на результатах испытаний на графическом процессоре фирмы NVIDIA.

### Библиографический список

1. A Novel Hybrid Classification Model of Genetic Algorithms, Modified k-Nearest Neighbor and Developed Backpropagation Neural Network / Nader Salari, Shamarina Shohaimi, Farid Najafi – National Center of Biotechnology Information, 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4242540/> (дата обращения: 27.01.2019).
2. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы [Текст]/ Под ред. В.М. Курейчика. — 2-е изд., испр. и доп.— М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 320 с.
3. Darrel Whitley, An Overview of Evolutionary Algorithms: Practical Issues and Common Pitfalls, Journal of Information and Software Technology 43:PP. 817–831, 2001.
4. Паначенко Т.В. Генетические алгоритмы [Текст]: Учебно-методическое пособие / Под ред. Ю.Ю. Тарасевича. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. – 87 с.
5. Фетисова Т.А. Разработка модели многопоточного генетического алгоритма для графических процессоров // Современные технологии в науке и образовании (СТНО-2018), Международный научно-технический форум, Сборник трудов, Том 4. 2018. С. 207-211.
6. Лунин Д.В., Скворцов С.В. Разработка параллельного генетического алгоритма для решения задачи коммивояжера на платформе CUDA // Системы управления и информационные технологии. – 2015. – Т. 60. – № 2. – С. 50-55.

УДК 303.732; ГРНТИ 20.23

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПЕРАТОРОВ КЛАССИЧЕСКОГО ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПОИСКА СООТВЕТСТВИЙ НА ДВУХ МНОЖЕСТВАХ

А.Н. Сапрыкин, А.С. Буробина

*Рязанский государственный радиотехнический университет*

*Российская Федерация, Рязань, burobina.anya@mail.ru*

*Аннотация.* В работе рассматриваются особенности применения и реализации операторов классического генетического алгоритма для поиска соответствий между элементами двух множеств.

*Ключевые слова:* классический генетический алгоритм, оператор селекции, генетические операторы, множества.

## USING OPERATORS OF THE CLASSICAL GENETIC ALGORITHM FOR SEARCHING CONFORMITY ON TWO SETS

A.N. Saprykin, A.S. Burobina

*Ryazan State Radio Engineering University,*

*Russia, Ryazan, burobina.anya@mail.ru*

*The summary.* The paper discusses the features of the application and implementation of the operators of the classical genetic algorithm for finding correspondences between the elements of two sets.

*Keywords:* classical genetic algorithm, selection operator, genetic operators, sets.

Действие генетического алгоритма заключается в реализации процедуры последовательного эвристического поиска решения поставленной задачи на базе механизмов естественного отбора и наследования. В основу положена идея «выживания сильнейшего», то есть самой приспособленной особи из текущей активной популяции. Классический генетический алгоритм включает следующие этапы: формирование исходной популяции, вычисления критерия приспособленности объектов популяции, проверка условия завершения работы алгоритма, селекция хромосом, использование генетических операторов, получение новой текущей популяции, выбор хромосомы с наилучшим показателем оценочного критерия.

Задачу поиска соответствий на двух множествах формулируется следующим образом: даны два множества А и В. Элементы множеств описаны конечным набором атрибутов, причём каждый атрибут имеет известный список возможных значений. Атрибуты элемента множества проранжированы по их важности в описании объекта. Параметр важности выражается целым положительным числом. Элемент множества удобно описывать совокупностью имеющихся характеристик – весом объекта:

$$W_i = \sum_{j=0}^{N_i} (C_{ij} \cdot R_{ij}),$$

где  $W_i$  – вес  $i$ -го элемента

$N_i$  – количество атрибутов  $i$ -го элемента,

$C_{ij}$  – относительный вес  $j$ -го атрибута  $i$ -го элемента,

$R_{ij}$  – ранжированный коэффициент значения  $j$ -го атрибута  $i$ -го элемента.

Требуется найти соответствия между элементами множеств А и В, причём каждому объекту множества А должно быть соответствие во множестве В.

Опишем шаги генетического алгоритма, используемые для решения поставленной задачи.

Для формирования исходной популяции необходимо задать число генотипов. Оно будет определять размер популяции. Число хромосом в формируемом генотипе соответствует мощности множества  $A$ . Также можно ограничить число элементов множества  $B$ , которые можно сопоставить объекту из множества  $A$ . Данную процедуру удобно реализовать при помощи двух шагов. Чтобы выполнить поставленное условие о необходимости соответствия хотя бы одного элемента множества  $B$  объекту множества  $A$  на первом шаге случайным образом выбираются элементы из  $B$  и ставятся в соответствие случайным объектам  $A$ , у которых ещё нет зависимых элементов. На 2 шаге происходит равномерное дораспределение элементов множеств друг с другом, учитывая поставленные ограничения [1]. Результатом данного этапа является текущая стартовая популяция.

Оценка приспособленности заключается в поиске значения приспособленности отдельно для каждого элемента текущей популяции. Расчет производится по заранее заданной функции, называемой оценочной функцией или функцией приспособленности. Для оценки приспособленности генотипов популяции рассматриваемой задачи следует сложить оценки хромосом генотипа. Оценка приспособленности хромосом определяется формулой:

$$F_{chrom j} = \sum_{i=0}^N W_{pr j} * W_{empl i} * K_i,$$

где  $N$  – количество элементов, назначенных  $i$ -му элементу из  $A$ ,  
 $W_{pr j}$  - вес  $j$ -го элемента множества  $B$ ,  
 $W_{empl i}$  - вес  $i$ -го элемента множества  $A$ ,  
 $K_i$  -  $i$ -ый множитель:

$$K_i = \begin{cases} 1, & \text{если } W_{pr i} \leq W_{empl i} \\ 0, & \text{в противном случае} \end{cases}$$

Условие завершения алгоритма задается до начала выполнения алгоритма. Как правило, задается не одно, а два условия. Первое служит для показателя получения оптимального результата, а второе – для ограничения количества итераций, если не достигается сходимость алгоритма.

Этап селекции генотипов заключается в отборе хромосом в родительский пул на основе рассчитанных значений функции приспособленности. Чем выше приспособленность у генотипа, тем выше его шансы быть отобранным в пул. Далее из хромосом пула формируется новая текущая популяция. Наиболее известными являются селекция методом рулетки, ранговый и турнирный методы. Недостатком метода рулетки является высокая вероятность преждевременной сходимости из-за быстрого отсеивания генотипов с малым значением оценочной функции. Скорость работы турнирного метода возрастает с увеличением размера группы сравнения, однако точность получаемых результатов снижается из-за возрастающей вероятности преждевременной сходимости за счет высокого шанса исключения неконкурентных генотипов. Для решаемой задачи может применяться любой из описанных методов селекции [2].

Формирование новой популяции осуществляется с использованием полученного на этапе селекции родительского пула хромосом. В рамках решаемой задачи используется элитарная стратегия формирования новой популяции, то есть в новую популяцию в обязательном порядке включается лучший предок. Формирование потомков осуществляется двумя способами: использованием генетических операторов или копированием случайного генотипа из родительского пула. Способ формирования следующего потомка, а также выбор генетического оператора происходит случайным образом.

Для поиска соответствий на двух множествах описанный способ формирования новой текущей популяции является оптимальным, так как позволяет сохранить полученный на предыдущем шаге алгоритма лучший результат и предотвратить преждевременную сходимость за счет копирования случайных генотипов. В качестве генетических операторов для формирования элементов популяции используются скрещивание и мутация. Цель применения генетических операторов – разнообразить множество рассматриваемых генотипов.

Обычно оператор мутации подразумевает лишь незначительное изменение заданного генотипа. Как правило, его действие состоит в изменении гена с заданной вероятностью. В рамках нашей задачи такая реализация оператора невозможна из-за конечности множества элементов  $V$ . Поэтому под мутацией будем понимать формирование нового случайного генотипа, аналогично получению генотипов стартовой популяции.

Действие оператора скрещивания заключается в формировании нового индивида из двух случайно отобранных объектов из родительского пула. Для решения оставленной задачи выбрано равномерное скрещивание, так как оно позволяет сохранить исходное конечное множество элементов. Процесс скрещивания заключается в копирование генов из двух родителей в двух создаваемых потомков, причем порядок копирования генов из определенного родителя определяется триггером для каждой позиции гена. Это означает, что при установке триггера в значение 0 ген на текущей позиции первого родителя копируется во второго потомка, а ген с аналогичной позиции второго родителя – в первого потомка. Если триггер принимает значение 1, копирование происходит зеркально, описанному ранее способу. Основной недостаток равномерного скрещивания относительно решаемой задачи заключается в возможности дублирования элементов в генотипе, что не допускается условиями задачи. Для устранения дублирования можно использовать принудительное изменение порядка копирования генов в хромосому. Однако данный метод не всегда устраняет дублирование. При невозможности устранить дублирование изменением порядка копирования дублируемый элемент исключается из потомка, тем самым приводя к проблеме неравномерности хромосом. Для сохранения равномерности распределения производится дораспределение удаленных элементов после формирования всех хромосом генотипа.

Наилучшей принято считать генотип с наивысшим значением функции приспособленности. Именно этот генотип принимается в качестве решения задачи в последней итерации алгоритма.

Так как алгоритм поиска соответствий является эвристическим, то получаемые результаты при разных запусках алгоритма могут отличаться, но функции приспособленности результатов при корректной работе алгоритма будут отличаться друг от друга незначительно.

### Библиографический список

1. Сапрыкин А.Н., Буробина А.С. Разработка операторов классического генетического алгоритма // НИТ-2017. – 2017. – С.163 – 164.
2. Буробина А.С. Реализация операторов селекции генетических алгоритмов // НИТ-2017. – 2017. – С.167 – 169.

УДК 519.711.3; ГРНТИ 28.17.23

## ПЕРСПЕКТИВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ЗДАНИЙ

О.Ю. Марьясин

*Ярославский государственный технический университет,  
Российская Федерация, Ярославль, maryasin2003@list.ru*

*Аннотация.* В работе предложена архитектура цифрового двойника здания, изложены основные требования, предъявляемые к цифровым двойникам и основные задачи, которые должны быть решены при их создании. Рассмотрены возможности автоматизированного проектирования компонентов цифрового двойника. Основными из них являются: использование информационной модели здания для создания энергомоделей и компьютерных моделей инженерных систем здания, использование энергомоделей для создания моделей объектов управления, использование онтологий для создания баз знаний и данных цифрового двойника, файлов и пакетов данных для обмена информацией.

*Ключевые слова:* цифровой двойник здания, BIM, энергомодель, компьютерная модель, онтология.

## PERSPECTIVES OF AUTOMATED DESIGN OF DIGITAL TWINS OF BUILDINGS

O.Yu. Maryasin

*Yaroslavl State Technical University,  
Russia, Yaroslavl, maryasin2003@list.ru*

*The summary.* The paper proposes the architecture of the digital twin of the building, outlines the main requirements for digital twins and the main tasks that must be solved when they are created. The possibilities of computer-aided design of the digital twin components are considered. The main ones are: using the BIM model to create energy models and computer models of building engineering systems, using energy models to create models of control objects, using ontologies to create knowledge bases and databases of the digital twin, files and data packets for the exchange of information.

*Keywords:* digital twin of building, BIM, building energy modeling, computer-aided model, ontology.

Одним из новых направлений, включенных в программу “Цифровая экономика Российской Федерации” и предусматривающих цифровую трансформацию отдельных отраслей экономики и социальной сферы, является проект “Умный город”. Проект “Умный город” предполагает применение современных IT-решений в части формирования комфортной городской среды, ЖКХ, градостроительства, безопасности, управления транспортными и пешеходными потоками [1]. “Умный город” включает “Умное ЖКХ”, которое, в свою очередь, состоит из “Интеллектуальных зданий” и “Умных домов”. В настоящее время при построении “Интеллектуального здания” и управлении его инженерным оборудованием используется целый ряд перспективных цифровых технологий. Среди них: цифровое строительство (Digital Construction), “Интернет вещей” (Internet of Things – IoT), облачные технологии (Cloud Services). Цифровизация строительства предполагает автоматизацию всех стадий и процедур на всем жизненном цикле объекта. Основой цифрового строительства стало развитие технологии информационного моделирования зданий (Building Information Model – BIM). BIM – это подход к проектированию, возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту здания, который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, экономической и иной информации о здании со всеми её взаимосвязями и зависимостями, когда здание и все, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект [2].

Следующим важным шагом в цифровом строительстве станет создание цифровых двойников зданий (Digital Twin). Впервые полноценно эта концепция была описана в Мичиганском университете в 2002 г. Сейчас цифровым двойником называют виртуальную модель, которая на микро- и макроуровне либо описывает реально существующий объект (выступая

как дубль готового конкретного изделия), либо служит прототипом будущего объекта. При этом любая информация, которая может быть получена при тестировании физического объекта, должна быть получена и на базе тестирования его цифрового двойника. В концепции цифрового двойника виртуальная модель не отбрасывается после создания материального объекта, а используется в связке с физическим на протяжении всего жизненного цикла: на этапе тестирования, доработки, эксплуатации и утилизации. Физический объект использует датчики, которые собирают данные о состоянии объекта в реальном времени, после чего эти сведения отправляются цифровому двойнику. На основе полученных данных уточняется цифровая модель, которая, в свою очередь, дает рекомендации по оптимизации режима эксплуатации и обслуживания реального объекта [3].

Целями разработки цифрового двойника здания являются:

- Возможность использования на всех этапах жизненного цикла здания;
- Возможность получения оперативной информации о функционировании здания и его инженерных подсистем;
- Возможность проведения оптимизации с целью улучшения параметров функционирования здания;
- Возможность анализа данных и поддержки принятия решений в процессе эксплуатации здания, проведения реконструкции и капитальных ремонтов;
- Возможность прогнозирования ситуаций, ответов на вопрос “А что будет, если”.

Поставленные цели можно достичь, если цифровой двойник будет включать в себя адекватную и оперативно обновляемую компьютерную модель здания. Цифровой двойник здания должен удовлетворять следующим основным требованиям:

- Включать детальную информацию о конструкции здания, материалах, размерах и т.д. на уровне САД-документации и BIM-модели;
- Охватывать все основные инженерные подсистемы здания;
- Иметь общий словарь терминов, для использования людьми или программными агентами;
- Иметь связь с BIM системами;
- Иметь связь с системами энергомоделирования зданий (BEM – Building Energy Modeling) или иметь реализацию функций BEM средствами решения;
- Иметь развитые математические возможности, векторно-матричные операции, решение систем дифференциальных уравнений, возможность свободного программирования, создания новых объектов и компонентов, возможность дискретно-событийного, агентного и имитационного моделирования;
- Иметь возможность реализации в “облаке”;
- Иметь поддержку открытых интерфейсов и протоколов с автоматизированными системами управления зданием (АСУЗ), системами мониторинга и “Интернета вещей” (IoT);
- Иметь поддержку Web-сервисов;
- Иметь графический интерфейс пользователя, Web-интерфейс;
- Включать развитые средства визуализации, в том числе трехмерной;
- Включать функции параметрической оптимизации, функции анализа данных с использованием статистических и кибернетических методов.

В процессе проектирования цифрового двойника здания должны быть решены следующие основные задачи:

1. Разработать архитектуру цифрового двойника здания;
2. Разработать набор онтологических моделей для здания, его инженерных подсистем, компьютерных моделей, АСУЗ, IoT;

3. Реализовать связь с САД и BIM системами. Разработать инструменты для работы с BIM-моделью;
4. Реализовать комплекс компьютерных моделей цифрового двойника;
5. Разработать инструменты для параметрической оптимизации и анализа данных с использованием статистических и кибернетических методов;
6. Разработать базу данных и базу знаний цифрового двойника;
7. Реализовать связь с АСУЗ, системами мониторинга и IoT;
8. Реализовать графический интерфейс пользователя и Web-интерфейс;
9. Реализовать поддержку Web-сервисов.

В настоящее время концепция цифрового двойника здания еще только прорабатывается. Автор предлагает свой взгляд на эту концепцию, в соответствии с которым архитектура цифрового двойника здания имеет вид, показанный на рис. 1.

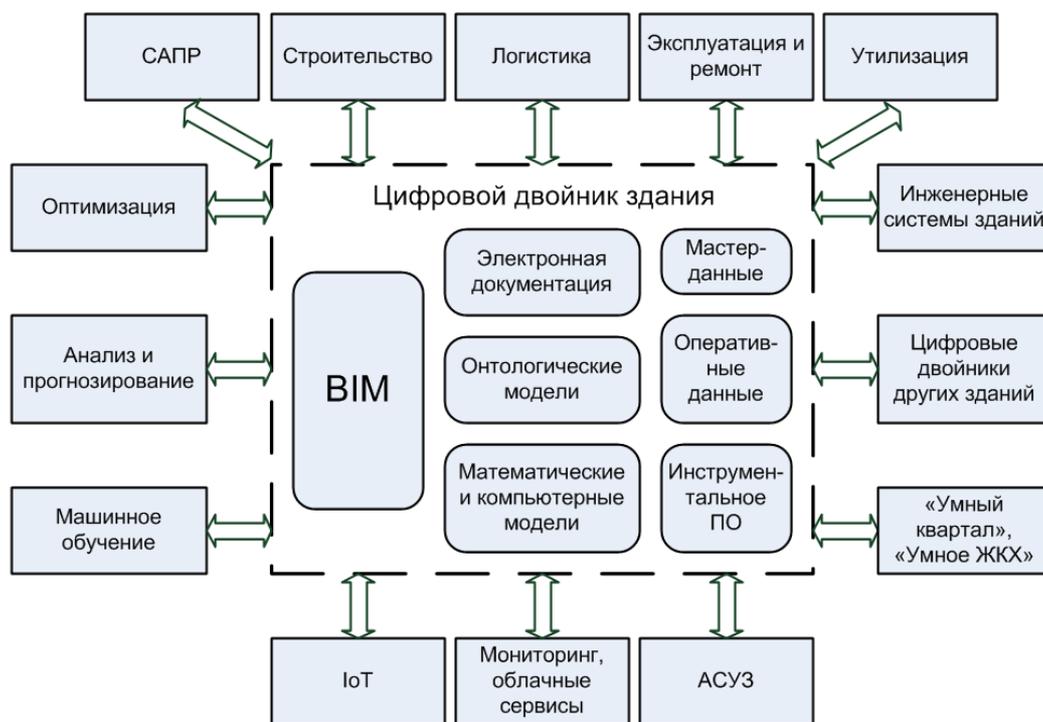


Рис. 1. Архитектура цифрового двойника здания

Данная архитектура, основывается на разрабатываемой, в настоящее время, в Институте проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН) архитектуре цифровых двойников энергетических объектов [4]. Решения с использованием цифровых двойников строятся на целом комплексе технологий. Комплекс моделей цифрового двойника зданий включает САД- и BIM-модели, которые несут информацию о конструкции здания, информацию о материалах, размерах и прочих параметрах; онтологические модели, содержащие информацию об основных объектах здания и его инженерных систем; математические и компьютерные модели, включающие энергомодель здания, модели инженерных систем и систем управления.

Рассмотрим возможности автоматизированного проектирования отдельных компонентов цифрового двойника здания. BIM-модели для новых зданий будут создаваться автоматически, а для уже построенных зданий, путем обработки их проектной документации. Информация из BIM-модели может использоваться при разработке энергомодели здания, а также при разработке компьютерных моделей инженерных систем здания. Данные о конструкции и материалах здания из BIM, используются для проведения энергомоделирования в

BEM, а построенные там модели используются при расчетах и моделировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования (ОВК или HVAC – акроним от англ. Heating, Ventilation and Air Conditioning – так их называют за рубежом). Данные о моделях и HVAC оборудовании используются при синтезе системы управления зданием, а потом вместе с данными о системе управления – при проектировании информационной сети здания и других систем.

Для связи с BIM системами существуют форматы IFC (Industry Foundation Classes) и gbXML (Green Building XML). Поддержка формата IFC уже стала практически стандартной функцией строительных САПР и BIM систем. IFC поддерживают такие популярные в России пакеты как AutoCAD, AutoCAD Architecture, ArchiCAD, Revit, MagiCAD, nanoCAD и многие др. Формат gbXML, по сравнению с форматом IFC, более удобен для обмена данными между строительными САПР и BIM системами с одной стороны и BEM системами, с другой, так как содержит только те данные, которые необходимы для BEM систем. Формат gbXML поддерживается меньшим числом строительных САПР и BIM систем, зато поддерживается большим числом BEM систем, среди которых Trace 700, DesignBuilder, HVAC Solution, Open Studio и др.

Различные инженерные системы зданий могут сильно отличаться друг от друга по принципам функционирования и технической реализации. Соответственно для их моделирования будет использоваться разный математический аппарат. Так моделирование HVAC систем обычно выполняют на основе систем дифференциальных и/или алгебраических уравнений, определяющих теплофизические характеристики зданий и HVAC оборудования. Системы управления могут быть представлены как модели локального управления или как модели иерархического управления. Модели локальных контроллеров также создаются на основе систем дифференциальных и/или алгебраических уравнений и традиционно включают модели двух или трехпозиционных регуляторов, регуляторов с “мертвой зоной”, различных типов ПИ- и ПИД-регуляторов. Более сложные и продвинутое модели контроллеров, такие как оптимальные, адаптивные, fuzzy-контроллеры, нейроконтроллеры и другие, реализуются с использованием соответствующих аппаратов оптимального управления, нечеткой логики, искусственных нейронных сетей и других. При описании функционирования систем энергообеспечения, систем безопасности, информационных систем используется преимущественно аппарат дискретно-событийного, имитационного или даже агентного моделирования.

В настоящее время не существующих пакетов для научных и инженерных расчетов способных одинаково успешно моделировать различные технические системы. Например, пакет MATLAB имеет мощные математические и графические возможности, встроенный язык программирования. Библиотеки MATLAB включают разнообразные функции автоматического управления, функции оптимизации, статистические и кибернетические методы анализа. Среда Simulink обеспечивает визуальное блочно-ориентированное и компонентно-ориентированное моделирование. Однако хотя среда MATLAB/Simulink имеет возможности дискретно-событийного и имитационного моделирования, реализация больших проектов, включающих сотни событий и действующих акторов, в этой среде является довольно затруднительной и связана с высокими вычислительными затратами. Учитывая сказанное, для моделирования инженерных систем зданий требуется создавать целые программные комплексы, состоящие из различных пакетов для научных и инженерных расчетов и систем моделирования. При этом большую роль играют технологии совместного моделирования и интерфейсы передачи данных между различными системами. Так в [5] описан пример организации совместного моделирования MATLAB/Simulink с BEM системой EnergyPlus с помощью библиотеки MLE+. В данной работе модель микроклимата и энергопотребления здания, созданная в BEM системе и адекватно описывающая реальный объект, используется в качестве “экспериментального” объекта для построения моделей объектов управления. Это позволяет существенно автоматизировать процесс создания моделей для систем управления на

основе существующей энергомодели и обеспечивает возможность их дальнейшей адаптации. В [6] описан вариант реализации программного комплекса для моделирования инженерных систем здания, состоящий из ВЕМ системы EnergyPlus, пакета MATLAB/Simulink и среды имитационного моделирования AnyLogic. MATLAB/Simulink совместно с ВЕМ системой EnergyPlus использовался для моделирования микроклимата здания, HVAC оборудования и алгоритмов системы управления. Среда AnyLogic применялась для моделирования работы систем энергоснабжения, освещения и безопасности, и позволяла моделировать поведение людей внутри здания. Для взаимодействия между MATLAB/Simulink и AnyLogic использовался язык Java и интерфейс OPC. Использование для моделирования инженерных систем, пакетов, в которых эти системы реализуются наиболее удобно, повышает эффективность моделирования и сокращает время проектирования.

Одним из наиболее сложных и трудоемких этапов при создании цифрового двойника здания является создание комплекса онтологических моделей. Использование онтологий значительно облегчает обмен данными между встроенными моделями и инструментальными программами цифрового двойника, а также между цифровым двойником и людьми или внешними программами. Комплекс базовых онтологических моделей включает: онтологию BIM, онтологию ВЕМ, онтологии инженерных систем здания, онтологии компьютерных моделей, онтологию АСУЗ, онтологию IoT и другие. Для формирования онтологии, используемой той или иной моделью, инструментальной или внешней программой производится отображение, выравнивание и объединение существующих базовых онтологий. На основе онтологий возможно автоматизированное построение фактов для базы знаний цифрового двойника, автоматизированное создание структуры базы данных, формирование файлов и пакетов данных для обмена информацией между компонентами цифрового двойника и внешними системами.

Таким образом, в работе предложена архитектура цифрового двойника зданий, изложены основные требования, предъявляемые к цифровым двойникам и основные задачи, которые должны быть решены при их создании. Рассмотрены возможности автоматизированного проектирования компонентов цифрового двойника здания. Основными из них являются: использование BIM-модели для создания энергомодели и компьютерных моделей инженерных систем здания, использование энергомодели для создания моделей объектов управления АСУЗ, использование для моделирования инженерных систем программных пакетов, в которых эти системы реализуются наиболее удобно и быстро, использование онтологий для создания баз знаний и данных цифрового двойника, формирования файлов и пакетов данных для обмена информацией. Совокупное применение указанных возможностей позволит значительно снизить трудоемкость и сократить время создания цифрового двойника здания.

### Библиографический список

1. Табунщиков Ю. А. Цифровизация экономики – тенденция глобального масштаба. М. : Энергосбережение, 2018, № 7, С. 4-10.
2. Капустин П.В., Канин Д.М. Чураков, И.Л. Онтологические вопросы в кастомизированном архитектурном онлайн проектировании персонализированных жилых домов. Онтология проектирования, 2015, № 3, С. 256-277.
3. Прохоров А. Цифровые двойники. Концепция развивается [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://data.cnews.ru/articles/2018-04-18\\_tsifrovye\\_dvojniki\\_kontseptsiya\\_razvivaetsya](http://data.cnews.ru/articles/2018-04-18_tsifrovye_dvojniki_kontseptsiya_razvivaetsya). Дата доступа: 14.12.2018.
4. Ковалев С.П. Проблемы цифрового проектирования энергетических систем. Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2018): тезисы докл. 18-ой Междунар. молодеж. конфер. М.: ИПУ РАН, 2018. С. 16.
5. Марьясин О.Ю., Огарков А.А. Идентификация моделей при проектировании инженерных систем зданий. Сб. тр. между-нар. науч.-техн. форума “Современные технологии в науке и образовании – СТНО-2018”, Т.4. – Рязань: Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2018, Рязань. С. 171-175.

6. Марьясин О.Ю. Программный комплекс для моделирования инженерных систем зданий. Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM – 2018): труды 18-ой Междунар. молодеж. конфер. М.: ИПУ РАН, 2018. С. 24-27.

УДК 004.3; ГРНТИ 50.33

## **КОНСТРУИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВОГО УСТРОЙСТВА НА ОСНОВЕ ПЛИС**

**Д.А. Перепелкин, Н.С. Потапкина, М.Г. Милешин**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, dmitryperpelkin@mail.ru*

*Аннотация.* В работе рассматривается задача проектирования ПЛИС EP4CE6E22C8N. Приводятся назначение схемы, разработанный для нее корпус, достоинства и недостатки, возможные варианты создания устройств на основе ПЛИС, а также принципы прошивки ПЛИС и вывода результатов ее работы на индикаторы схемы.

*Ключевые слова:* программируемая логическая интегральная схема (FPGA), прошивка, VHDL, цифровое устройство, проектирование.

## **DESIGN AND ENGINEERING OF A DIGITAL DEVICE BASED ON FPGA**

**D.A. Perepelkin, N.S. Potapkina, M.G. Mileshin**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, dmitryperpelkin@mail.ru*

*The summary.* The paper considers a task of design of scheme based on FPGA EP4CE6E22C8N. The purpose of the scheme, developed for her body, advantages and disadvantages, possible options for creating devices based on FPGA, as well as the principles of FPGA firmware and output of the results of its work on the indicators of the scheme.

*Keywords:* field-programmable gate array (FPGA), firmware, VHDL, digital device, design.

В современном мире актуальным является вопрос реализации различных устройств с помощью как можно меньшего числа элементов, а также максимальной миниатюризации печатных плат, на которых располагаются эти элементы. Плата EP4CE6E22C8N отвечает обоим этим требованиям, так как в основе схемы лежит ПЛИС, позволяющая реализовать практически любые схемы и устройства, а также стирать их из памяти ПЛИС и загружать новые. Однако реализация схем и устройств ограничена количеством выводов используемой интегральной схемы, в нашем случае она имеет 127 выводов.

За счет использования smd элементов габариты печатной платы достаточно небольшие, однако большую часть занимают разъемы значительно увеличивающие размеры платы. Эти разъемы предназначены для ввода и вывода информации с других подключаемых устройств.

### **Создание устройств с помощью построения принципиальных схем в среде проектирования Quartus**

Удобства и преимущества схемы заключаются в том, что не нужно каждый раз создавать отдельную печатную плату с необходимым устройством. Его можно просто создать в виде практической схемы, а далее загрузить в память ПЛИС.

Создание принципиальной схемы производится в среде проектирования Quartus. Пользователю при этом необходимо выбрать нужные логические элементы, готовые блоки из библиотеки Quartus и соединить их входы и выходы между собой для получения законченного устройства. Также есть возможность создавать свои блоки и загружать их в после-

дующие проекты. Можно создавать такие устройства как триггеры, счетчики, мультиплексоры, дешифраторы, сумматоры и т.д.

На рисунке 1 показана практическая схема одноклапного асинхронного R-S-триггера на элементах «И-НЕ». Принцип работы данной схемы прост: при подаче на входы R и S нулей или единиц на выходе схемы Q получим единицу при R=1 и S=0 и ноль в противном случае, а на выходе nQ будет значение противоположное Q.

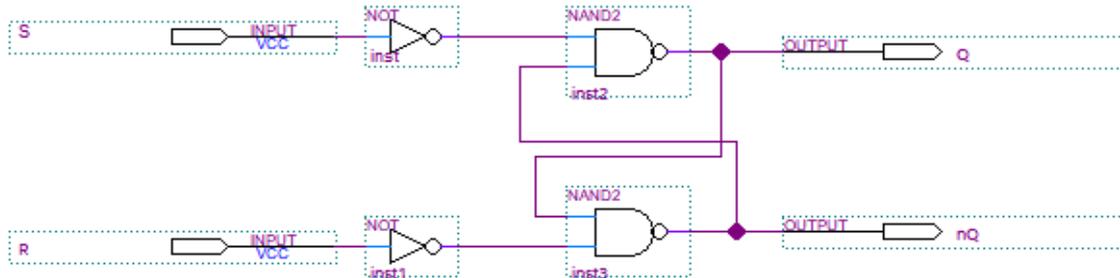


Рис. 1. Построение практической схемы в среде проектирования Quartus

### Создание устройств с помощью VHDL кода в среде проектирования Quartus

Помимо создания практических схем, логику работы устройств можно описывать также с помощью VHDL кода. VHDL - это язык программирования или специальный язык описания цифровой аппаратуры. Главным отличием VHDL от других языков программирования является параллельность описываемых процессов, т.е. разные части кода выполняются параллельно друг другу, однако существуют другие команды, выполнение которых происходит последовательно.

Для описания схем на VHDL необходимо объявить входы и выходы устройства, а далее описать архитектуру устройства, т.е. описать взаимосвязь между входами и выходами с помощью уравнений и задания значений сигналов. Пример описания схемы одноклапного асинхронного R-S-триггера на элементах «И-НЕ» на языке VHDL представлен на рисунке 2.

```

use ieee.std_logic_1164.all;
use ieee.std_logic_arith.all;
use ieee.std_logic_unsigned.all;

entity RS_FF is
port (S,R:in std_logic;
      Q,nQ:out std_logic);
end RS_FF;

architecture behavioral of RS_FF is
begin
PROCESS (S,R)
variable tmp:std_logic;
begin
if (S='0' and R='0') then
tmp:='0';
elsif (S='1' and R='1') then
tmp:='0';
elsif (S='0' and R='1') then
tmp:='1';
else
tmp:='0';
end if;
Q<=tmp;
nQ<=not tmp;
end PROCESS;
end behavioral;

```

Рис. 2. Программная реализация схемы на VHDL в среде проектирования Quartus

Для проверки правильности работы созданного устройства можно построить временную диаграмму его работы. В среде Quartus это можно сделать с помощью ModelSim. Для

этого написанную программу или созданную практическую схему изначально необходимо откомпилировать, а затем в специальном окне «University Program VWF» задать значения входных сигналов и, произведя симуляцию, получить диаграмму выходных сигналов. Для однократного асинхронного R-S-триггера эта диаграмма имеет вид, представленный на рисунке 3.

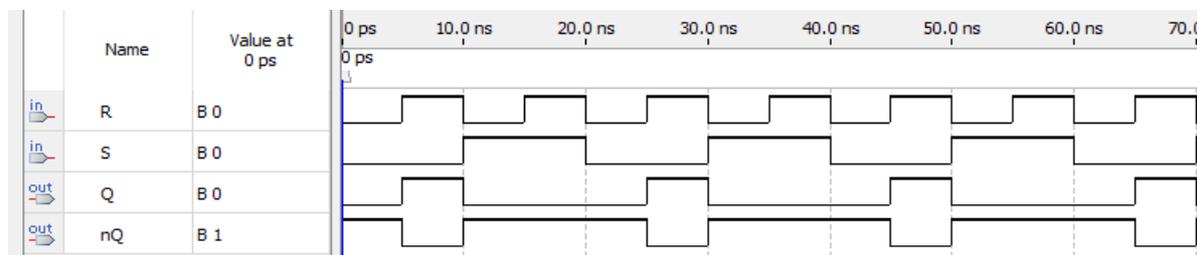


Рис. 3. Временная диаграмма работы схемы, описанной на VHDL, в среде проектирования Quartus

### Прошивка ПЛИС в среды проектирования Quartus

Имея готовые практические схемы или VHDL код работы устройства можно прошить ПЛИС и увидеть результат ее работы назначив выходы устройства светодиодам, зуммеру или семисегментному индикатору платы. Для этого необходимо присвоить входные и выходные сигналы определенным ножкам ПЛИС. Чтобы узнать какой контакт интегральной схемы к какому индикатору ведет, необходимо в специальной литературе найти распиновку конкретной ПЛИС, в нашем случае это EP4CE6E22C8N. Подобную документацию можно найти в Интернете, введя в запросе название интегральной схемы, или же на официальном сайте производителя ПЛИС.

В Quartus для наглядного отображения FPGA и ее контактов имеется специальное окно Pin Planner, представленное на рисунке 4.

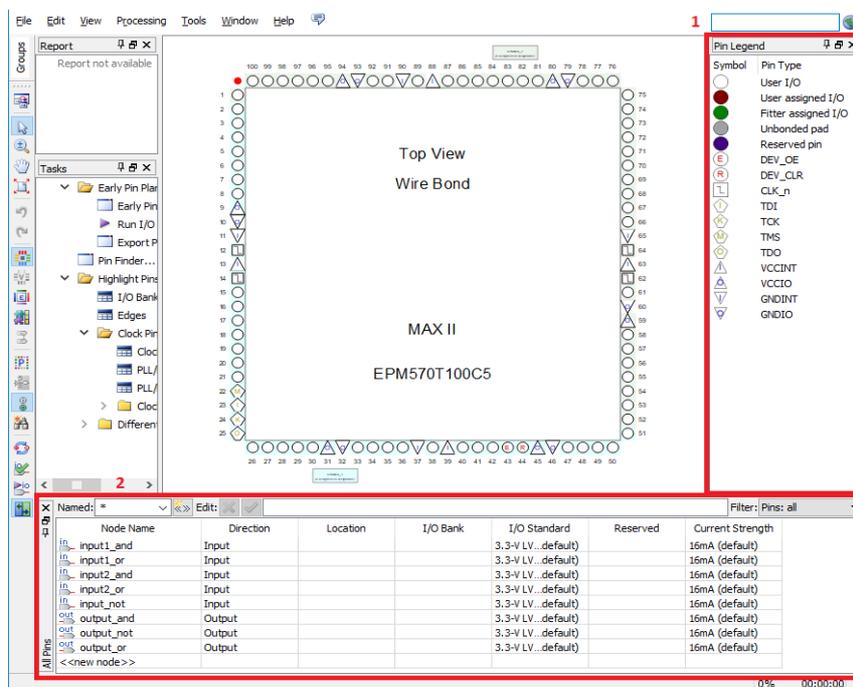


Рис. 4. Окно Pin Planner в среде проектирования Quartus

После назначения контактов входным и выходным сигналам устройства необходимо скомпилировать проект. После успешной компиляции уже можно подключать плату с по-

мощью специального загрузочного кабеля UsbBlaster. После нажатия в окне Programming кнопки Start плата будет прошита и станет осуществлять работу в соответствии с загруженным устройством. Для примера посмотрим работу схемы, которая при подаче нуля на входной порт будет иметь единицу на выходном, а оставшиеся два выходных сигнала будут константами и равны единице. Назначим входной сигнал платы кнопке, а выходные сигналы светодиодам платы. Прошив ПЛИС получим результат, показанный на рисунке 5.

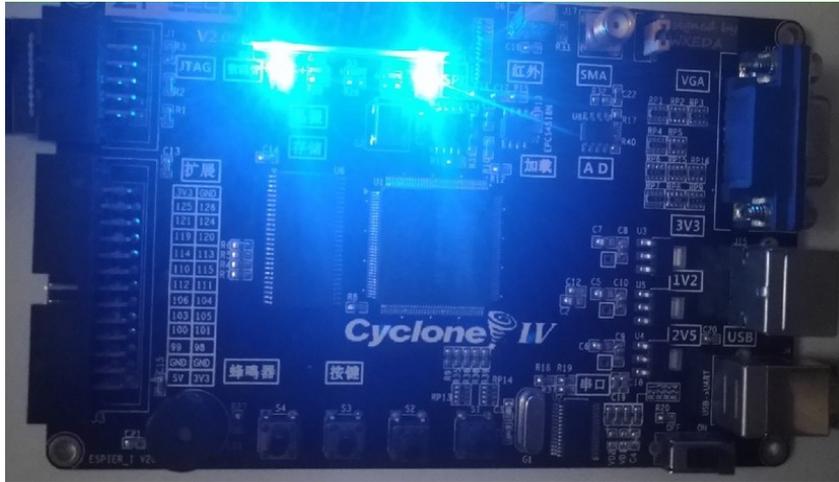


Рис. 5. Прошивка ПЛИС

Как видно, на прошитой плате горят два светодиода, это и есть выходные сигналы, которым присвоены значения констант. Далее нажмем на кнопку, которой назначен входной сигнал устройства, и получаем результат, представленный на рисунке 6.

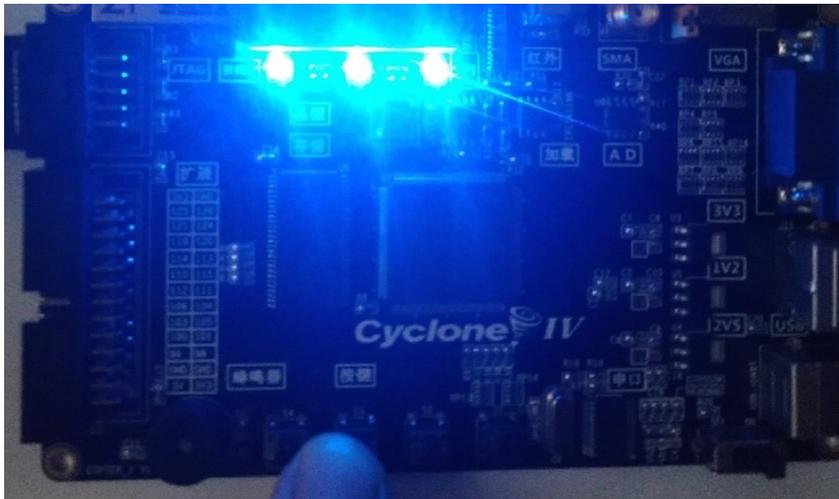


Рис. 6. Загорание светодиода на плате по нажатию кнопки

Как видно, при нажатии на кнопку загорелся еще один светодиод, это и есть выходной сигнал, зависящий от значения входного. Как только кнопка будет отпущена, светодиод погаснет, так как изменится значение входного сигнала.

Это простейший пример реализации логики, описанной на языке VHDL, на ПЛИС. На основе платы можно создавать более сложные устройства, т.к. на ней присутствуют 5 разъемов, позволяющих загружать данные не только с помощью USB через ПК, но и, например, возможно загружать видеосигналы, которые затем могут быть преобразованы в соответствии

с принципом работы устройства. Также разнообразие устройств, прошиваемых на ПЛИС, можно увеличить, например, изменив тип микросхемы, тем самым увеличив количество ножек выводов. Возможно и увеличение количества лампочек, зуммеров, кнопок и других индикаторов, что позволит разнообразить выбор представления работы устройства.

Для удобства работы, а также придания эстетичности, для платы разработан корпус, состоящий из двух частей, соединяющихся между собой с помощью защелок, его изометрическое изображение представлено на рисунке 7.

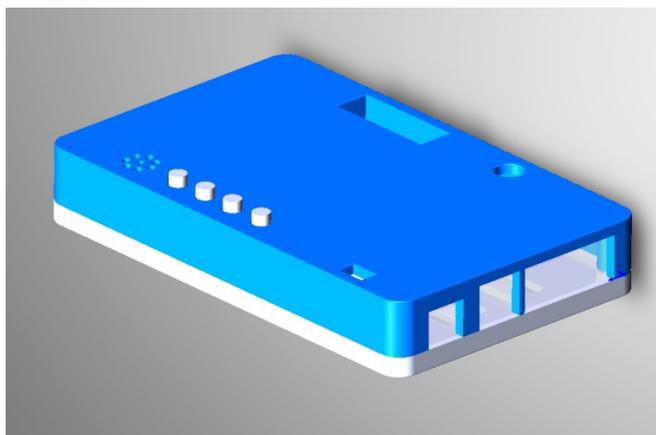


Рис. 7. Корпус платы

Корпус имеет отверстия для естественного воздушного охлаждения платы, а также для распространения звуковой волны, исходящей от зуммера. Также имеются специальные вырезы для разъемов и индикаторов. Корпус планируется изготавливать с помощью 3D принтера, т.к. это наиболее простой, быстрый и дешевый способ изготовления.

УДК 004.72; ГРНТИ 50.39, 50.41

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ РЕКОНФИГУРИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ И СТРУКТУР СЕТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

**М.А. Иванчикова**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, ivanchikova.masha@yandex.ru*

*Аннотация.* Предложена математическая модель и алгоритм реконfigurирования параметров и структур сетей распределенных центров обработки данных (ЦОД). Разработана программная система визуализации процессов контроля потоков данных в сетях ЦОД.

*Ключевые слова:* центр обработки данных, программная система, распределенные сети, реконfigurирование, провайдер связи.

## **DEVELOPMENT OF SOFTWARE SYSTEM FOR RECONFIGURATION PARAMETERS AND STRUCTURES OF NETWORKS OF DISTRIBUTED DATA CENTERS**

**M.A. Ivanchikova**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, ivanchikova.masha@yandex.ru*

*The summary.* A mathematical model and algorithm for reconfiguration parameters and structures of networks of distributed data centers (DC) are proposed. A software system for visualizing the processes of data flows management in DC networks is developed.

*Keywords:* data center, software system, distributed networks, reconfiguration, service provider.

В настоящее время количество информационных систем, технологий и методик, связанных с передачей и обработкой больших массивов данных возрастает, и предприятия используют центры обработки данных (ЦОД) для виртуализации своей сетевой инфраструктуры, управления структурой и параметрами сети в режиме реального времени. Однако для развертывания крупномасштабных систем с поддержкой эффективной производительности и отказоустойчивости целесообразно распределять информационные ресурсы между несколькими ЦОД. Обычно распределенные сети ЦОД могут обслуживаться несколькими провайдерами связи. Для решения задач адаптивной маршрутизации в таких сетях применяются новые алгоритмы адаптивного управления и обработки данных, а так же алгоритмы адаптивной многопутевой маршрутизации. Наиболее широкое распространение получил алгоритм  $k$ -кратчайших маршрутов (алгоритм Йена). Традиционные технологии не учитывают стоимости подключения к ЦОД и обслуживания сети разными телекоммуникационными провайдерами, поэтому для обеспечения важных показателей эффективности функционирования новой сетевой структуры, таких как производительность, масштабируемость, отказоустойчивость, надежность сети, необходимо разработать новые алгоритмы и инструменты реконфигурации параметров и структур сетей распределенных ЦОД, которые учитывают присутствие в сети нескольких обслуживающих провайдеров связи. Данная работа развивает научные подходы, предложенные в работах [1-3].

Для решения поставленной задачи разработана математическая модель реконфигурирования параметров сетей распределенных ЦОД нескольких провайдеров связи. Представим распределенную сеть ЦОД в виде неориентированного взвешенного связного мультиграфа  $\text{Network} = (\mathbf{DC}(S, \mathbf{ND}(\mathbf{SND})), \mathbf{E}(W, Z))$ , где  $\mathbf{DC}$  – множество вершин (площадок ЦОД),  $|\mathbf{DC}| = N$ ,  $\mathbf{E}$  – множество ребер (каналов или линий связи),  $|\mathbf{E}| = M$ ,  $\mathbf{W}$  – множество весов ребер (стоимость каналов связи между ЦОД),  $\mathbf{Z}$  – множество провайдеров связи в ЦОД,  $|\mathbf{Z}| = m$ ,  $\mathbf{S}$  – множество весов вершин (общая стоимость подключения каналов связи к ЦОД),  $|\mathbf{S}| = Nm = s$ ,  $\mathbf{ND}$  – множество сетевых устройств (маршрутизаторов и коммутаторов) в ЦОД,  $|\mathbf{ND}| = n$ ,  $\mathbf{SND}$  – множество весов сетевых устройств (стоимость подключения каналов связи

к сетевым устройствам в ЦОД),  $|\mathbf{SND}| = nm$ ,  $\mathbf{S} = \sum_{i=1}^{nm} \mathbf{SND}_i$ .

На основании предложенной математической модели разработан модифицированный алгоритм Йена, который определяет  $k$ -кратчайших путей минимальной стоимости. Данный алгоритм позволяет реконфигурировать сетевую структуру ЦОД, обслуживаемых разными провайдерами связи, с учетом стоимости подключения провайдеров к каждому узлу и в режиме реального времени. Еще одним преимуществом разработанного алгоритма перед классическими аналогами является экономия вычислительных затрат, так как нет необходимости перестраивать всю сетевую топологию, а достаточно изменить лишь ее часть. Предполагается, что в сети уже определено дерево оптимальных маршрутов с помощью модифицированного алгоритма Дейкстры [1], а следовательно, определен один кратчайший путь до начального ЦОД. Далее из этого пути удаляется по одному каналу связи, и находятся кратчайшие пути в получаемых подграфах с использованием каналов связи разных провайдеров. Найденные пути (с пометкой удаленного канала) добавляются в список резервных путей. Из него выбирается самый короткий путь, который является вторым оптимальным путем. В общем случае для нахождения пути  $P^k$  нужно уже иметь кратчайшие пути  $P^1, P^2, \dots, P^k$ . Укрупненная блок-схема разработанного алгоритма приведена на рис. 1.

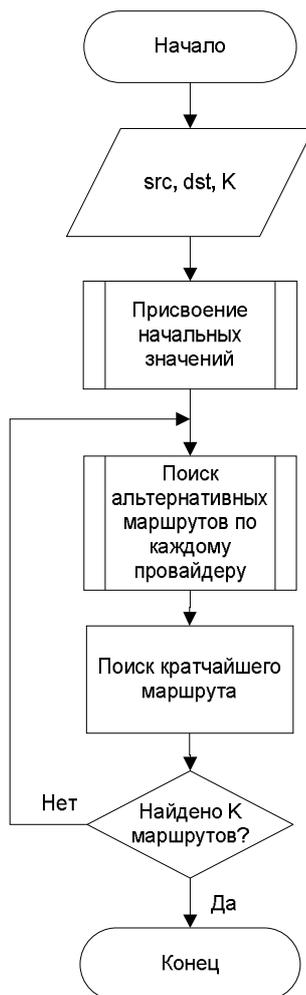


Рис. 1. Блок-схема модифицированного алгоритма Йена

Для автоматизации и визуального представления процессов реконfigurирования параметров и структуры сетей распределенных ЦОД разработана программная система, реализованная на языке программирования C# с использованием платформы .NET Framework 4.5. Программа позволяет реконfigurировать оптимальные и резервные маршруты для сети распределенных ЦОД, обслуживаемых несколькими провайдерами связи, и отобразить их на карте сети.

На рисунке 2 показан результат работы предложенного модифицированного алгоритма многопутевой маршрутизации.

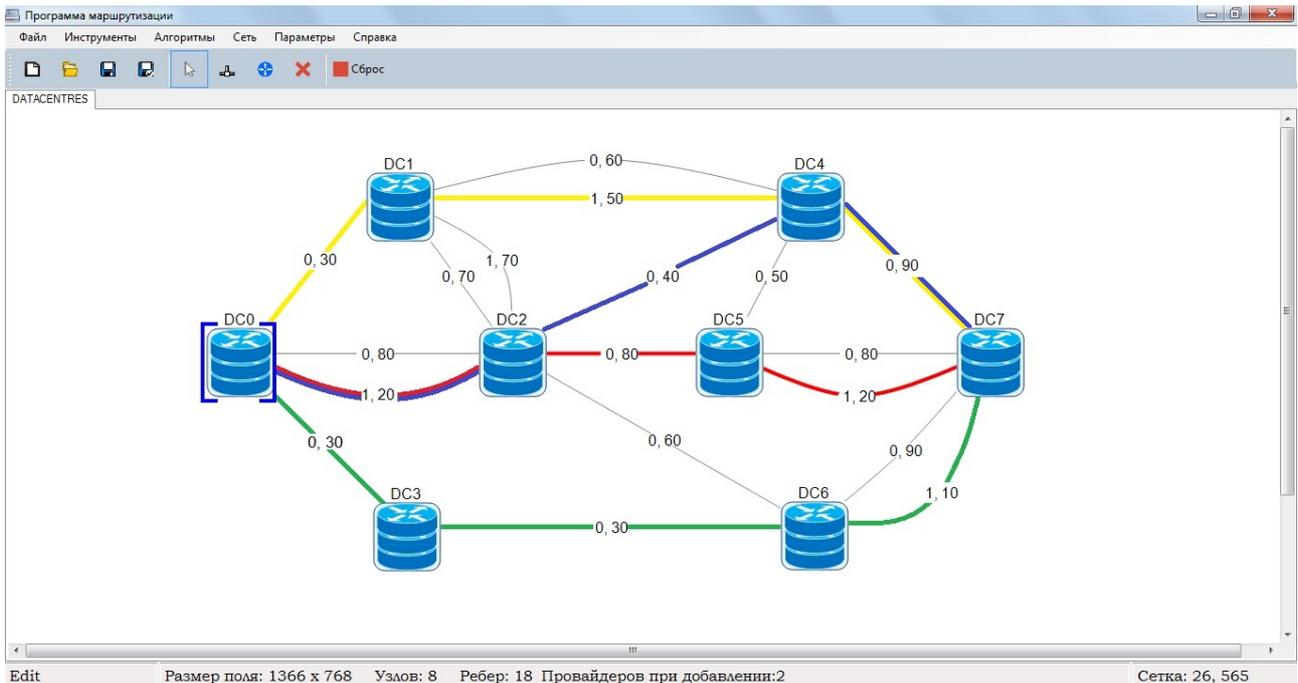


Рис. 2. Интерфейс программной системы и результат работы предложенного алгоритма

Статистический анализ данных, полученных в программной системе, показал, что применение разработанного алгоритма позволило снизить трудоемкость расчета таблиц коммутации потоков в сети до величины порядка  $O(KmN^3)$ , где  $K$  – число искомых маршрутов,  $m$  – число провайдеров связи в сети. Таким образом, разработанный алгоритм является эффективным в сетях распределенных ЦОД, обслуживаемых несколькими провайдерами связи.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ МД-1826.2019.9*

### Библиографический список

1. Корячко В.П., Перепелкин Д.А., Иванчикова М.А. Алгоритм адаптивной маршрутизации в корпоративных сетях нескольких провайдеров связи // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2013. – № 2 (44). – С. 52-56.
2. Корячко В. П., Перепелкин Д. А., Иванчикова М. А. Разработка и исследование алгоритма быстрой перемаршрутизации трафика между центрами обработки данных // Радиотехника. – 2016. – № 8. – С. 133-139.
3. Корячко В.П., Перепелкин Д.А., Иванчикова М.А. Алгоритм парных переходов каналов связи при динамическом изменении нагрузки в корпоративных сетях нескольких провайдеров связи с различными зонами покрытия // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2014. – № 48. – С. 68-76.

УДК 004.65, ГРНТИ 20.51.01

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ДЕКАНАТ» РГРТУ

**Ф.В. Машков, А.М. Гостин, А.Н. Сапрыкин**

*Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Российская Федерация, Рязань, mashkov\_fv@mail.ru*

*Аннотация.* В работе рассматривается текущая организация автоматизированной системы управления «Деканат» РГРТУ, необходимость создания новой версии системы, её описание и перспективы развития.

*Ключевые слова:* информационная система, образование, учет, движение контингента.

## DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM "DEAN'S OFFICE" RSREU

**F.V.Mashkov, A.M.Gostin, A.N.Saprykin**

*Ryazan State Radio Engineering University,  
Russia, Ryazan, mashkov\_fv@mail.ru*

*The summary.* The paper discusses the current organization of the information network of the Dean of RGRTU, as well as the reasons for creating a new version of this system, its description and development prospects.

*Keywords:* Information system, education, accounting, movement of contingent.

Автоматизированная система управления «Деканат» РГРТУ играет жизненно важную роль в функционировании университета. При помощи этой автоматизированной системы, которая была разработана сотрудниками университета и принята в эксплуатацию более двадцати лет назад, было автоматизировано большинство функций деканата, например, внесение дисциплин, заполнение экзаменационных оценок, расчёт стипендии студентов, хранение личных данных студентов, печать всей необходимой документации (приказов, отчетов, ведомостей и т.п.). Однако такой солидный срок работы информационной системы не может не сказаться на стабильности, что приводит к многочисленным ошибкам, неучтённым при создании. Эти ошибки накапливаются из года в год, что приводит к сбоям в работе некоторых модулей, устареванию форм отчетов и приказов, а так как отсутствует функционал по добавлению и замене печатных форм документов, это неизбежно сказывается на качестве работы деканата. Кроме того, АСУ Деканат был разработан в среде операционной системы DOS и использует устаревшие технологии FoxPro с файл-серверной архитектурой.

На основании всего вышеперечисленного было принято решение разработать новую версию системы деканата, основанную на трехзвенной архитектуре с применением Web-технологий, которая не только будет поддерживать все функции прошлой версии, но и внесет большое количество полезных нововведений. Предполагается что разработанная система в 2019 году будет принята на эксплуатацию в деканаты РГРТУ.

### Модули старой версии системы «Деканат»

Введение новой версии системы деканат невозможно без реализации всех функций, представленных ее предшественником, ниже приведен краткий обзор существующих функций:

Главная функция системы – это хранение личных данных студентов, на основе которой сотрудники деканата имеют возможность узнать требуется ли данному студенту общежитие, его гражданство, номер учебной группы, специальность и т. п.

В систему «Деканат» учебным отделом осуществляется ввод данных по приказам движения контингента студентов.

Набор функций также включает в себя возможность ведения сессии студентов – хранение оценок за экзаменуемые предметы и зачеты, возможность расчета на основе результатов сессии размеров стипендий студентов (Рисунок 1)

Помимо государственной академической стипендии система позволяет отслеживать назначенные социальные стипендии и материальную помощь студентам.

В системе присутствует функция вывода ведомостей промежуточной аттестации «0-1-2» которая принята в университете для 1 и 2 курса обучения.

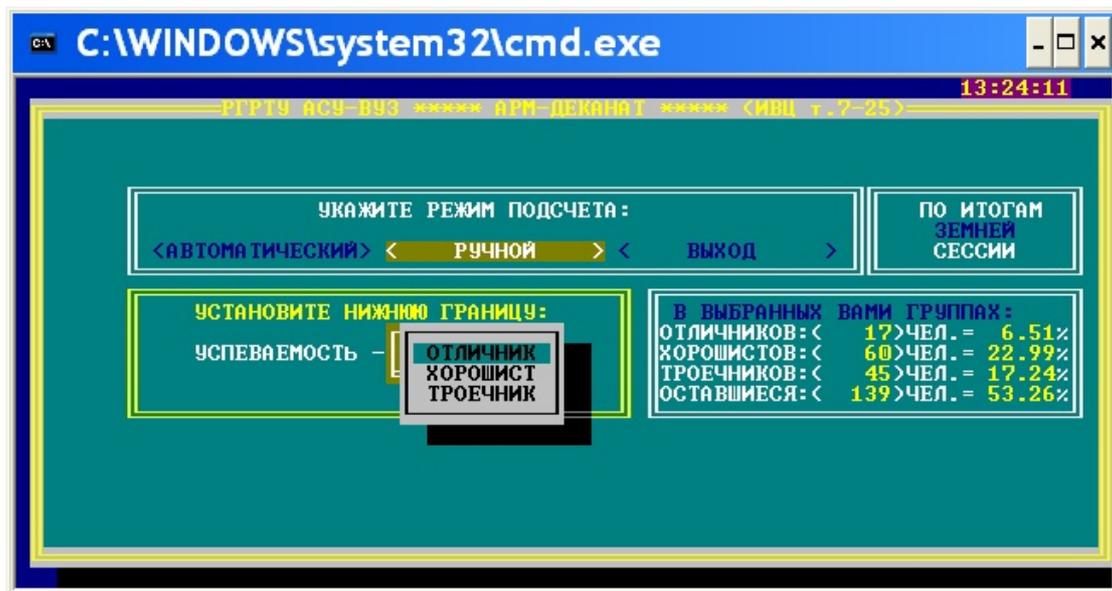


Рис. 1. Интерфейс старой версии системы «Деканат» в окне назначения стипендии

### Описание разрабатываемой системы

Прошлая версия системы работала на основе файл-серверной архитектуры, однако в новой версии осуществлен переход на трехзвенную архитектуру, где в роли клиента выступает web – интерфейс. Система реализована на языке PHP(1) с использованием фреймворка Pandora, разработанного в ЦНИТ РГРТУ.

В настоящий момент в новой системе реализовано большинство функций АСУ «Деканат», включая хранение личных данных студентов, возможность ведения сессии и промежуточной аттестации и назначения стипендии. Система реализует гибкую возможность изменения существующей отчетности и быстрого введения новой, благодаря используемому шаблонизатору Twig и объектно-реляционной модели данных Eloquent, входящих в состав фреймворка Pandora(1)(2).

Подробнее можно рассмотреть работу модуля стипендии, так как он является одним из наиболее значимых в системе. Модуль стипендии позволяет назначать стипендии студентам, как в ручном, так и в автоматическом режиме. Размеры и типы стипендий задаются пользователем. Так изначально предусмотрено три типа стипендий: Академическая стипендия, социальная стипендия и стипендия за личные достижения.

Ручной режим назначения стипендии используются в основном для назначения социальных стипендий и стипендий за личные достижения, так как такие стипендии назначаются по индивидуальным заявлениям студентов.

Автоматический режим позволяет по результатам введенной сессии рассчитать тип стипендии студентов успешно закрывших сессию (повышенная академическая или академическая), как для отдельной группы, так и для всего факультета. Отчетность, выдаваемая модулем, позволяет передать полную информацию в 1С бухгалтерию по стипендиальному обеспечению.

Предполагается, что новая система деканат будет являться частью электронной информационно-образовательной среды РГРТУ (ЭИОС) и использовать ее функции.

Одной из важнейших функций системы является возможность импортировать учебные планы, что позволяет сократить объем работы по вводу и обновлению дисциплин, времени обучения, для каждой группы обучения.

Одним из интересных нововведений ЭИОС стала возможность использовать ее студентами и преподавательским составом. Так к новым функциям можно отнести систему личного портфолио студента, куда загружаются все их достижения в учебной, общественной, спортивной и творческой деятельности, создавая тем самым базу данных достижений студентов РГРТУ. Также каждый студент обладает возможностью через веб-интерфейс ознакомиться с оценками за прошедшие сессии (Рисунок 2) и просмотреть учебный план своей специальности.

Также к полезным нововведениям ЭИОС можно отнести функцию «Вопрос-ответ», где каждый студент может лично задать интересующий вопрос преподавателю, преподаватель же в свою очередь имеет возможность с помощью данной системы делать объявления определенным группам или студентам.

С интерфейсом ЭИОС можно ознакомиться перейдя на сайт <https://edu.rsreu.ru>.

Образовательный портал РГРТУ

Направления подготовки  
Учебный план  
5 Журнал  
Ведомость  
Расписание  
Библиотека  
Учебные материалы  
Вопросы - ответы  
Портфолио  
Выход

Результаты освоения ОПОП

2017/2018 - весна | 6 семестр

Дисциплина	Зачет	Экзамен	КР	КП
Базы данных и клиент-серверные приложения		● отл. 27.06.2018	● отл. 27.06.2018	
Операционные системы	● зачет 04.07.2018			
Основы теории управления		● отл. 27.06.2018		
Сети и телекоммуникации		● отл. 27.06.2018		
Элективные дисциплины по физической культуре и спорту	● зачет 04.07.2018			
Банковские программные системы		○		
Микропроцессорные системы		● отл. 27.06.2018		○
Лингвистическое и программное обеспечение банковских систем	○			
Лингвистическое и программное обеспечение САПР	● зачет 04.07.2018			
Банковское оборудование	○			
Техническое обеспечение САПР	● зачет 04.07.2018			
Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности	● отл. 09.07.2018			

Рис. 2. Интерфейс новой версии системы деканат (интерфейс студента в окне просмотра оценок)

### Перспективы развития системы «Деканат»

На данный момент ожидается полная замена старой системы на новую к началу 2019–2020 учебного года. К этому времени будет завершена разработка всех модулей и осуществлена полная миграция всех данных АСУ «Деканат» на новую версию.

### Библиографический список

1. Прохоренок Н.А. HTML, Javascript, PHP и MySQL. Джентльменский набор Web — мастера. Спб.:БХВ — Петербург, 2008. - 640 с.
2. Дунаев В.В. HTML, скрипты и стили. - СПб.: БХВ — Петербург, 2011, - 816 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ИНФОРМАЦИЯ О МЕЖДУНАРОДНОМ ФОРУМЕ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ» СТНО-2018»</b> .....	3
<b>МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ»</b> .....	5
<b>СЕКЦИЯ «АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ»</b> .....	5
<b>Пруцков А.В.</b> Проблемы и тенденции развития сети интернет .....	5
<b>Епифанцев А.А.</b> Проектирование программной системы описания и выявления ошибочных действий пользователей интернет-приложения обработки количественных числительных естественных языков .....	9
<b>Мадibraгимов Н.Ш.</b> Современные тенденции развития автоматического морфологического анализа таджикских словоформ .....	12
<b>Ивченко А.Д.</b> Перспективы разработки и внедрения информационной системы для организации работы приемной комиссии военного училища .....	16
<b>Цветков И.А.</b> Несуществование Хорновских бент-функций шести переменных .....	19
<b>Крошилин А. В., Крошилина С.В., Шеврыгина В.В.</b> Реализация программного модуля для решения задачи линейного программирования симплекс-методом с использованием платформы «1С: Предприятие».....	24
<b>Иванов Л.А.</b> Разработка программной системы для учета и анализа обеспеченности учебного процесса библиотечным фондом в соответствии с ФГОС .....	27
<b>Касаткин Р.Л.</b> Разработка веб приложения поддержки взаимодействия курсантов и наставников в военном вузе .....	32
<b>Косилова Е.Р.</b> Роль и необходимость автоматизации экономических расчетов в бизнес-процессах производственного предприятия .....	36
<b>Федюкин И.С.</b> Выбор и адаптация средств непрерывных интеграций и анализа кода для использования в рамках учебного процесса .....	39
<b>Белов В.В., Крылова О.В.</b> Обзор существующих средств структурированного хранения объектов конфигурации .....	43
<b>Ямщиков А.В.</b> Анализ интеграционных решений на основе архитектуры публикация/подписка .....	46
<b>Михеев С.П., Пылькин А.Н.</b> Принципы построения и архитектура программного приложения клиентов системы лояльности сети АЗС.....	51

<b>Пономаренко Г.А., Антипов В.А.</b>	
Поддержка мобильности в системах передачи сообщений протокола публикация/подписка .....	55
<b>Гринченко Н.Н., Геращенко Е.С.</b>	
Разработка алгоритма автоматического анализа скаттерограмм .....	60
<b>Шленский К.С.</b>	
Проектирование базы данных программной системы анализа загруженности персонала в проектах по разработке программного обеспечения с применением ег-моделирования .....	64
<b>Петрухнова Г.В., Пруткова С.А.</b>	
Тестирование конечных автоматов .....	68
<b>Жданкина Е.А.</b>	
Генерация временных рядов для наращивания выборок с короткой временной частью .....	72
<b>Демидова Л.А., Степанов М.А.</b>	
Подход к прогнозированию структурных трансформаций временных рядов.....	76
<b>Демидова Л.А., Степанов М.А.</b>	
Алгоритмы нечеткой кластеризации в задаче выявления структурных трансформаций временных рядов .....	79
<b>Кельцына О.А.</b>	
Использование ансамблей классификаторов при формировании классификационного решения .....	84
<b>Щенёв Е.С.</b>	
Инструментальные средства для анализа и проектирования программных решений.....	87
<b>Горюнов Е.А.</b>	
Информационно-программное обеспечение в риэлтерском бизнесе.....	92
<b>Ессонга П.Б.</b>	
Оптимизация архитектуры микросервисов.....	95
<b>Афанасьева Н.С.</b>	
Разработка глобальных логической и физической моделей информационной системы расчета кредитоспособности сельхозпроизводителей.....	99
<b>Секция «ЭВМ И СИСТЕМЫ»</b> .....	102
<b>Степанов Н.Н.</b>	
Разработка веб-приложения проверки знаний с использованием компетенций.....	102
<b>Булгаков В. В.</b>	
Применение методов редукции размерности в задаче совмещения изображений.....	105
<b>Чан Т.З.</b>	
Современные методы коррекции ошибок для систем хранения данных .....	110
<b>Елагина Н.А.</b>	
Обзор методов триангуляции трехмерных облаков точек .....	114
<b>Саблина В.А., Сергеева А.Д.</b>	
Методы распознавания микровыражений лица: обзор .....	117
<b>Алтухова Е.А., Елесина С.И.</b>	
Применения технологии OpenMP в методах корреляционного совмещения изображений.....	122

<b>Калинин Н.В., Епифанов А.С., Калинин Т.А., Никифоров М.Б.</b>	
Сравнительный анализ особенностей центрального и графического процессоров при решении разнородных задач.....	125
<b>Андрианова Е.Н.</b>	
Анализ методик подготовки данных в аналитических системах.....	131
<b>Гуськова М.В.</b>	
Анализ методик сбора данных в бизнес-анализе.....	135
<b>Виноградова И.И.</b>	
Обзор методов и алгоритмов векторизации растрового изображения.....	138
<b>Громов А.Ю., Титова М.А., Гудкова А.А.</b>	
Моделирование процессов образовательной деятельности .....	141
<b>Агейкова В.С.</b>	
Анализ результатов освоения образовательных программ .....	145
<b>Тюнина Е.С.</b>	
Методы анализа и прогнозирования временных рядов .....	148
<b>Лоскутов А. Ю., Мельник О.В., Никифоров М.Б.</b>	
Идентификация контуров слаборазличимых объектов на изображении .....	152
<b>Лукина Н.В.</b>	
Представление бинарных изображений в нетригонометрических спектральных базисах .....	157
<b>Кузьмина С.В.</b>	
Анализ проблем задач классификации.....	162
<b>Тарасова В.Ю., Тарасов А.С., Гринченко Н.Н.</b>	
Алгоритм обнаружения совпадений в коллекции изображений.....	164
<b>Лозовик П.В.</b>	
Обзор автоматизированных информационных систем в сфере антикризисного управления.....	168
<b>Павлова А.Ю.</b>	
Обзор информационных систем, автоматизирующих учет рекламной деятельности организации.....	172
<b>Лошкарева Д.Н.</b>	
Анализ и исследование информационных технологий управления в банковской сфере...	175
<b>Секция «СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ» .....</b>	<b>180</b>
<b>Николаев А.И.</b>	
Визуализация параллельного программирования.....	180
<b>Скворцов С.В., Хрюкин В.И., Скворцова Т.С.</b>	
Программный комплекс вероятностных расчетов допусков и посадок для САПР механических конструкций.....	183
<b>Спицын С.В., Товпеко А.В.</b>	
Актуальные проблемы расчёта целеуказаний измерительным средствам при обеспечении ракетных пусков.....	188
<b>Скворцов С.В., Фетисова Т.А.</b>	
Ускорение генетического алгоритма средствами графических процессоров фирмы NVIDIA.....	193

**Сапрыкин А.Н., Буробина А.С.**

Использование операторов классического генетического алгоритма для поиска соответствий на двух множествах..... 199

**Марьясин О.Ю.**

Перспективы автоматизированного проектирования цифровых двойников зданий..... 202

**Перепелкин Д.А., Потапкина Н.С., Милешин М.Г.**

Конструирование и проектирование цифрового устройства на основе ПЛИС..... 207

**Иванчикова М.А.**

Разработка программной системы реконфигурирования параметров и структур сетей распределенных центров обработки данных..... 211

**Машков Ф.В., Гостин А.М., Сапрыкин А.Н.**

Разработка информационной системы «Деканат» РГРТУ.....215

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

Научное издание

В 10 томах

Том 4

Под общей редакцией О.В. Миловзорова.

Подписано в печать 15.06.19. Формат 60x84 1/8.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура «Times New Roman».

Усл. печ. л. 27,75.

Тираж 100 экз. Заказ № 1539.

Рязанский государственный радиотехнический университет,  
Редакционно-издательский центр РГРТУ,  
390005, г. Рязань, ул. Гагарина, д. 59/1.  
Отпечатано в типографии Book Jet,  
390005, г. Рязань, ул. Пушкина, д. 18