

16. *Tsoy Yu.R., Spitsyn V.G.* К выбору размера популяции [The choice of the population size], *Интеллектуальные системы (IEE AIS'04). Интеллектуальные САПР (CAD-2004): Тр. Международ. науч.-техн. конф.* [Intelligent systems (IEE AIS'04). Intelligent CAD systems (CAD-2004): proceedings of the International scientific and technical conference]. Moscow: Fizmatlit, 2004, pp. 90-96.
17. *Qing He, Xiu-Rong Zhao, Ping Luo, Zhong-Zhi Shi.* Combination methodologies of multi-agent hyper surface classifiers: design and implementation issues, *Second international workshop, AIS-ADM 2007, Proceedings.* Springer Berlin Heidelberg, 2007, pp. 100-113.
18. *Bova V.V., Gladkov L.A., Kravchenko Yu.A., Kureichik V.V., Kureichik V.M., Scheglov S.N.* Tekhnologii intellektual'nogo analiza i izvlecheniya dannykh na osnove printsipov evolyutsionnogo modelirovaniya [Technology mining and data extraction on the basis of the principles of the evolution of modeling]. Taganrog: Izd-vo TTI YuFU, 2009, 124 p.
19. *Rodzin S.I., Rodzina L.S.* Theory of Bioinspired Search for Optimal Solutions and its Application for the Processing of Problem-Oriented Knowledge, *Proc. of the 8th IEEE Int. Conf. Application of Information and Communication Technologies (AICT'2014), Astana, Kazakhstan*, pp. 142-146.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.И. Витиска.

Кулиев Эльмар Валерьевич – Южный федеральный университет; e-mail: elmar_2005@mail.ru; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371651; кафедра систем автоматизированного проектирования; ассистент.

Запорожец Дмитрий Юрьевич – e-mail: elpilasgsm@gmail.com; кафедра систем автоматизированного проектирования; ассистент.

Курейчик Владимир Владимирович – e-mail: kureichik@yandex.ru; кафедра системного анализа и телекоммуникаций; студент.

Kuliev Elmar Valerievich – Southern Federal University; e-mail: elmar_2005@mail.ru; 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371651; the department of system analysis and telecommunications; assistant.

Zaporozhets Dmitriy Yrievich – e-mail: elpilasgsm@gmail.com; the department of computer aided design; assistant.

Kureichik Vladimir Vladimirovich – e-mail: kureichik@yandex.ru; the department of system analysis and telecommunications; student.

УДК 004.92

В.В. Бова, А.А. Лежебоков, Е.В. Нужнов

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ С ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТЬЮ*

Проанализированы современные технологии и методы создания образовательных информационных систем и подсистем, предложены способы и механизмы разработки информационных подсистем на основе взаимодействия игровых сценариев и технологии дополненной и виртуальной реальности. Предложена структурная модель построения программного модуля, учитывающего потребности широкого круга пользователей, для поддержки процесса проведения образовательных лекционных и практических занятий. Разработана информационно-логическая модель информационной системы, отображающая

* Исследование выполнено за счет гранта РФФИ (проект № 14-11-00242) в Южном федеральном университете.

данные предметной области в виде совокупности информационных объектов и связей между ними. Данные предметной области представляют собой авторские интерактивные трехмерные модели, расширяющие возможности образовательного процесса. Предложен алгоритм функционирования мобильного приложения, демонстрирующий возможность выполнения контрольных мероприятий с последующим получением рекомендации. Практическая реализация мобильного приложения позволила повысить уровень визуализации и наглядности печатных учебных пособий с помощью технологии дополненной реальности, позволяющей снабжать трехмерной контекстной информацией существующие учебные материалы и макеты. Разработанное мобильное приложение на платформе Android содержит интерактивные образовательные трехмерные модели для студентов медицинских учебных заведений, так как именно в данной сфере наиболее востребованными являются наглядные макеты и интерактивные учебные материалы. Предложенные модель, архитектура и алгоритм представляют собой компоненты нового способа построения информационных систем на основе технологий дополненной и виртуальной реальности. Разработка основывается на использовании современных технологий распознавания образов, отслеживания положения объекта в пространстве, технологиях трехмерного моделирования и проектирования, применение которых позволяет повысить эффективность разрабатываемых образовательных информационных систем.

Информационная система; трехмерные модели; мобильное приложение; образовательный процесс; методология проектирования.

V.V. Bova, A.A. Lezhebokov, E.V. Nuzhnov

EDUCATIONAL INFORMATION SYSTEM BASED MOBILE APPLICATIONS WITH AUGMENTED REALITY

This paper analyzes modern technology and methods of creation of educational information systems and sub-systems, methods and mechanisms for the development of information subsystems based on the interaction of game scenarios and augmented and virtual reality. The structural model for building software module takes into account the needs of a wide range of users, to support the process of educational lectures and practical exercises. Developed information and logical model of an information system that displays information domain as a set of information objects and relationships between them. These subject areas are copyrights interactive three-dimensional models that extend the capabilities of the educational process. The algorithm of functioning mobile application that demonstrates the ability to perform audits, followed by recommendations. The practical implementation of mobile applications will improve the clarity and visualization of printed manuals using augmented reality technology, which allows to supply three-dimensional context information of existing training materials and models. Developed a mobile application for the Android platform includes interactive educational three-dimensional models for medical students, as it is in this area the most popular are models of visual and interactive training materials. The proposed model, architecture and algorithm are the components of the proposed new method of information systems based on augmented and virtual reality. Development is based on the use of modern technology of pattern recognition, tracking the position of the object in space, technology, three-dimensional modeling and design, the use of which increases the efficiency of the developed educational information systems.

Information system; three-dimensional models; a mobile application; the educational process; design methodology.

Введение. Современный этап развития общества характеризуется высоким уровнем развития информационных технологий. Особенно интенсивно развивается сфера образовательной деятельности. Компьютерные технологии предлагают широкий спектр услуг, используемых в образовании: множество способов представления информации, мультимедиа технологии, глобальное пространство сети Интернет, поддержка дистанционных форм обучения, автоматизированные электронные подсистемы обучения, организация виртуальных университетов, создание электронных учебников. Часто возникает проблема эффективной адаптации ре-

зультатов применения информационных технологий в образовательном процессе [1–2]. Данная работа посвящена решению части проблем адаптации некоторых современных информационных технологий, показывающих новый инструмент представления знаний для использования в образовательном процессе.

Проблема представления знаний является одной из ключевых в образовательных системах искусственного интеллекта. Современные вычислительные средства и облачные сервисы, и технологии позволяют использовать естественные языки (анализаторы и синтезаторы речи) или наглядные образы (виртуальные трехмерные модели). Использование визуальных образов для представления знаний является наиболее эффективным инструментом реализации образовательных информационных систем и позволит использовать современные технологии распознавания образов, отслеживания положения объекта в пространстве, технологии трехмерного моделирования и проектирования, механизмы управления жестами [2–3].

Целью данной работы является разработка подходов к моделированию и проектированию образовательных информационных систем, предоставляющих возможность дополнять существующие печатные учебные материалы новым интерактивным уровнем визуализации и наглядности представления знаний за счет использования авторских анимированных интерактивных трехмерных моделей и технологии дополненной реальности.

1. Проблема визуализации информации. Поиск наиболее подходящего способа представления знаний и информации является важной и актуальной задачей, решение которой способствует разработке новых механизмов поиска и инструментов работы с информацией. Современные инструменты поиска оказываются эффективными лишь в том случае, когда пользователь понимает, каким именно образом информация хранится в базах данных и базах знаний. Основным инструментом восприятия новой информации для человека является его зрительная система, так как она способна довольно быстро обрабатывать визуальные сигналы. В свою очередь, цифровая техника в настоящее время обладает мощными ресурсами по визуализации информации. Таким образом визуализация является мостом, связывающим зрительную систему человека и компьютер, помогая идентифицировать образы, строить гипотезы и извлекать идеи из огромных массивов данных [4–6].

Визуализация информации – это междисциплинарная сфера, так как она основывается на знании предметной сферы визуализируемых данных и процессов, понимании основ визуального восприятия человеком информации и владения математическими методами анализа данных. Рассмотрим классификацию методов визуализации, которая поможет более точно раскрыть потенциал проводимых исследований в части разработки информационных систем с новыми эффективными инструментами визуализации. По области применения выделяют следующие виды визуализации: научная визуализация; визуализация программного обеспечения; визуализация информации. Перечисленные виды визуализации предназначены для разных типов данных, однако применяют схожие техники: используют одни и те же элементы (визуальные сигналы) и следуют общим правилам комбинирования визуальных сигналов. По уровням визуализации выделяют четыре основных уровня визуализации, а следовательно, и соответствующих им техник визуализации: инфосфера, информационное рабочее пространство, визуальные инструменты знаний, визуальные объекты. По методам представления информации выделяют семь основных типов представления информации: 1D, 2D, 3D, многомерные, древовидные, сетевые и временные [6–8].

В данной работе при разработке образовательных информационных систем используется способ визуализации информации на уровне визуальных объектов с помощью технологий 3D-моделирования. Визуализация информации может применяться либо к структурированной, либо к неструктурированной информации. В первом слу-

чае эта информация часто представлена в численном виде с заранее определенными переменными. Неструктурированная информация (например, коллекции текстовых документов, веб-страницы или архивы электронных сообщений) не имеет четко определенных переменных и атрибутов. В этом случае перед формированием графического представления требуется их определить и проанализировать. Уровень визуальных объектов – это выборка одного или нескольких подмножеств данных для конкретизации объектов взаимодействия. Например, выделение и манипулирование на анатомическом атласе объектами, относящимися только к одной или нескольким внутренним системам организма, в следующих разделах данной работы приведен пример изучения и манипулирования трехмерными моделями челюстно-лицевых костей человека для изучения строения зубных рядов [4–8]. Отмеченные способы и уровни визуализации, методы представления информации наиболее оптимальным образом реализуются с помощью технологии дополненной реальности.

2. Дополненная реальность. Дополненная реальность (Augmented Reality, AR) – технология, позволяющая совмещать компьютерную трехмерную графику, анимацию, видео или текстовую информацию с объектами реального времени. В отличие от виртуальной реальности, AR-интерфейсы позволяют пользователям видеть в реальном мире внедренные виртуальные объекты и манипулировать ими в реальном времени.

Технология дополненной реальности позволяет связать маркер, представляющий собой практически любое изображение, с трехмерной моделью объекта. Данная связь осуществляется путем привязки трехмерной модели по опорным точкам к заранее подготовленному изображению маркера. Такой подход, реализованный путем использования технологии дополненной реальности, позволяет лицу, принимающему решение, получить возможность просмотра, манипулирования и управления трехмерными моделями в режиме реального времени, позволяет на фоне реального мира просматривать виртуальные объекты [1, 3, 9–11].

Использование технологии дополненной реальности, на сегодняшний день, является актуальным подходом к решению задачи визуализации рассматриваемого объекта. Технология позволяет использовать новые инструменты манипулирования и управления трехмерными моделями объектов.

3. Методы проектирования информационных систем. Методы проектирования информационных систем (ИС) можно разделить на два вида – структурный и объектный. В данном случае можно говорить о структурном и объектном наборах моделей, так как существуют методы создания одних и тех же моделей с несовместимыми синтаксическими правилами. Структурный подход подразумевает построение модели функций, к примеру диаграммы потоков данных, и модели данных типа "сущность – связь". Объектный подход подразумевает набор моделей, связанных с понятием класса или объекта, объединяющие поведения и данные [12–15].

Основные задачи, решение которых должна обеспечивать предлагаемая методология проектирования информационных систем, являются:

- ◆ обеспечить разработку ИС, отвечающих предъявленным к ним требованиям в плане авторизации деловых процессов, а также целям и задачам организации;
- ◆ гарантированное создание ИС по заданным срокам, с заданным бюджетом и качеством;
- ◆ поддержка процесса сопровождения системы, ее модификации для обеспечения быстро изменяющихся требований работы компании;
- ◆ обеспечение создания ИС, отвечающих требованиям открытости, переносимости и масштабируемости;
- ◆ обеспечение использования в разрабатываемой ИС задела в области информационных технологий, существующего в организации.

Данная методология направлена на снижение сложности разработки информационной системы за счет точного и полного описания процесса создания и применения ИС с использованием современных методов и технологий на протяжении всего жизненного цикла ИС – от замысла до реализации. Каждый проект может рассматриваться как реализация конкретного процесса применения методов. Учитывая конкретную реализацию, ограничение по стоимости и срокам, могут быть включены только отдельные части полного метода и процесса [16].

Рассматривая технологии разработки информационных систем, можно выделить наиболее востребованные – языки программирования, web-технологии, использование фреймворков и игровых сценариев.

Говоря о языках программирования, предназначенных для написания компьютерных программ, можно охарактеризовать их как набор правил, позволяющих процессору выполнить тот или иной вычислительный процесс, организовать работу подключенных устройств, а также ресурсов компьютера. Данный подход представляет собой мощный инструмент разработки приложений, но основной недостаток его использования заключается в сложности разработки программ и последующая адаптация для различных устройств и разрешений экрана. Если сравнивать рассмотренную технологию разработки информационных систем с использованием web-технологий, то можно сказать, что языки программирования несколько отстают в плане адаптации к использованию на различных платформах и устройствах, но в то же время ограничены в использовании ресурсов [12–15].

Учитывая вышесказанное, в современном мире информационных технологий преимущество остается за фреймворками и системами, облегчающими разработку и проектирование, а как частный случай и, так называемые, игровые сценарии. Данный подход подразумевает использование программного обеспечения, облегчающего разработку и объединение разных компонентов программного проекта, дает возможность запуска на различных платформах, а в некоторых случаях приносит набор визуальных инструментов для разработки. Предоставляемый функционал создания и использования приложений значительно расширяется при дополнительном использовании технологии дополненной реальности.

4. Структурная модель информационной системы. Таким образом, для успешной реализации проекта создания информационной системы, объект проектирования должен быть полноценно описан, должны быть построены полные и непротиворечивые функциональные и информационные модели информационной подсистемы.

Структурная модель разрабатываемой системы представлена на рис. 1. Структурная модель состоит из интерфейса пользователя, базы данных, модуля распознавания маркеров, модуля профилей обучения, модуля 3D-моделей и модуля контроля. Интерфейс пользователя представляет собой компонент, с помощью которого происходит непосредственное взаимодействие с пользователем по средствам графических форм и образов. База данных хранит в себе профили обучения, результаты контроля, необходимые для ведения и просмотра статистики, учебные материалы и тестовые задания. Такие компоненты, как модуль распознавания маркеров, модуль профилей обучения, модуль 3D-моделей и модуль контроля имеют доступ к базе данных и взаимодействуют с ней в ходе работы подсистемы [10, 12–16].

5. Информационно-логическая модель информационной системы. Информационно-логическая модель отображает данные предметной области в виде совокупности информационных объектов и связей между ними. Входными данными такой модели для верхнего уровня являются: мобильное устройство, учебное пособие, предметная область, требования к результатам обучения [12–16].



Рис. 1. Структурная модель системы

Выполнение работ по формированию учебно-тренировочных материалов и трехмерных моделей и тестов осуществляют: программист, преподаватель и дизайнер. К компонентам, необходимым для работы подсистемы, с точки зрения технического функционирования можно отнести мобильную операционную систему (Android, iOS, WindowsPhone), на которой будет производиться запуск приложения. Программа Blender – это свободно распространяемый редактор трехмерных моделей объектов, и тестовые задания, необходимые для формирования тестов в блоке контроля (рис. 2).

Выходной информацией для подсистемы является результат обучения. При декомпозиции информационно-логической модели подсистемы можно выделить три основных блока: мобильное приложение, трехмерные модели и учебные материалы, блок контроля.

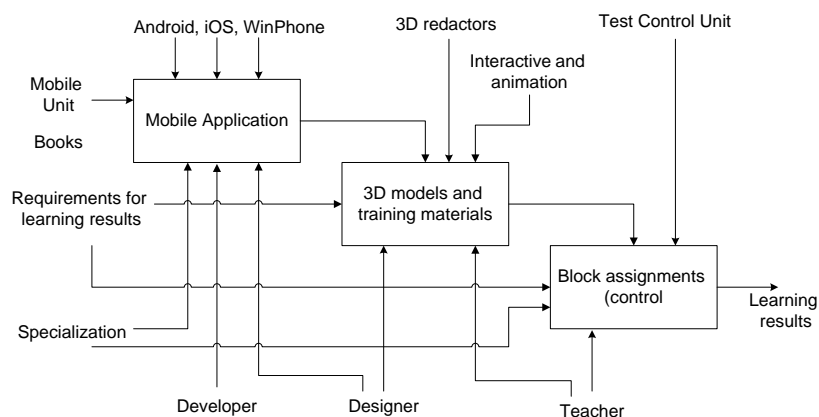


Рис. 2. Информационно-логическая модель

6. Алгоритм работы мобильного приложения. Запуск мобильного приложения (рис. 3) сопровождается инициализацией основной камеры устройства, после чего пользователю предлагается выбрать или найти по средствам поиска необходимый для рассмотрения учебный материал. Если запрашиваемый материал имеется в базе данных, то пользователь переходит к рассмотрению представленной информации и изучению трехмерных моделей объектов. Если все имеющиеся модели по данной тематике изучены, то пользователь переходит к стадии контроля приобретенных знаний [17–18].

В зависимости от результатов контроля происходит выдача рекомендаций по изучению материалов, либо запись результата прохождения в БД с последующим выбором завершения работы или переходом к этапу выбора изучаемой тематики.

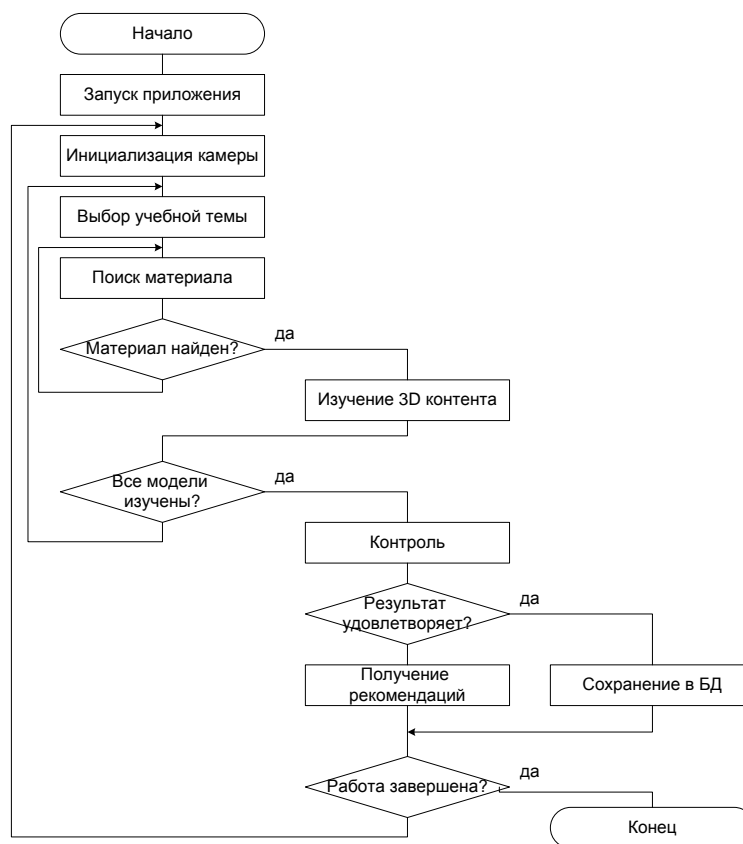


Рис. 3. Алгоритм работы мобильного приложения

7. Пример реализации мобильного приложения. После запуска приложения пользователю предлагается выбор интересующей его темы. Выбрав интересующую тему, пользователь может ознакомиться с представленной информацией (рис. 4).

При нажатии кнопки "Просмотр" и наведении камеры устройства на страницу учебного пособия по медицине, на экране появляется трехмерная модель строения зубного ряда. При вращении или передвижении страницы учебного пособия, трехмерная модель также изменяет положение. Если нажать на какой-либо зуб на экране, то появляется необходимая контекстная информация (рис. 5).



Рис. 4. Обзор учебной темы

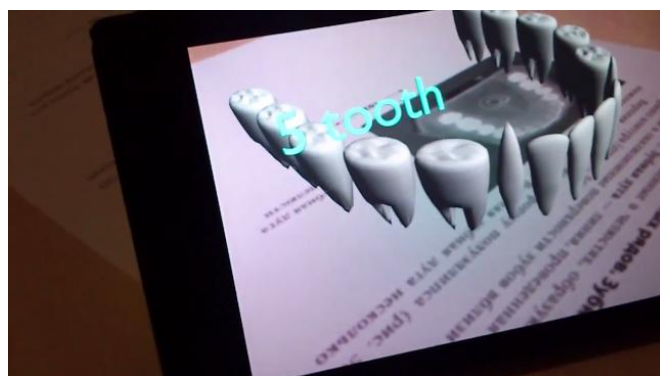


Рис. 5. Работа с трехмерной моделью в дополненной реальности

В ходе программной реализации для информационной подсистемы разработан графический интерфейс пользователя с использованием монохромных цветов для текста, фона меню, а также остальных элементов управления. Протестирована и проверена на наличие ошибок формирования контента и правильность составления запросов к базе данных [19–20].

Заключение. В работе проанализированы технологии и методы создания информационных подсистем, предложены способы и механизмы разработки информационных подсистем на основе взаимодействия игровых сценариев и технологии дополненной реальности. Предложена структурная модель построения программного модуля, учитывающего потребности широкого круга пользователей, для поддержки процесса проведения практических заданий.

Практическая реализация мобильного приложения позволила повысить уровень визуализации и наглядности печатных учебных пособий с помощью технологии дополненной реальности. После тестирования разработанного приложения выявлено, что ошибки в материалах и алгоритмах работы не обнаружены. Разработанная система может использоваться в образовательной сфере, во время практических занятий, для повышения наглядности и уровня восприятия обучаемых.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Lezhebokov A.A., Kravchenko Yu.A., Bova V.V.* Support system for QR-code-based educational processes // 8th IEEE International Conference "Application of information and communication technologies – AICT 2014". – P. 482-485.
2. *Полянская А.В.* Когнитивно-образовательный потенциал компьютерной визуализации учебной информации в профессиональной подготовке экологов // Теория и практика общественного развития. – 2012. – № 8. – С. 172-175.
3. *Kravchenko Yu.A., Kureichik V.V.* Knowledge management based on multi-agent simulation in informational systems // 8th IEEE International Conference "Application of information and communication technologies – AICT 2014". – P. 264-267.
4. *Мозирева Е.С.* Визуализация информации: наглядное отображение количественной информации // Образовательные ресурсы и технологии. – 2014. – № 3 (6). – С. 18-22.
5. *Пескова О.В.* О визуализации информации // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. "Приборостроение". – 2012. – № 4. – С. 158-173.
6. *Данилов О.Е.* Дизайн компьютерных приложений для визуализации информации об учебных компьютерных моделях // Молодой ученый. – 2014. – № 13. – С. 26-36.
7. *Полякова Е.В.* Визуализация как эффективный метод представления информации в сознании человека // Альманах современной науки и образования. – 2012. – № 4. – С. 180-181.
8. *Ермолаева Ж.Е., Лапухова О.В., Герасимова И.Н.* Инфографика как способ визуализации учебной информации // Научно-методический электронный журнал "Концепт". – 2014. – № 11. – С. 26-30.
9. *Запорожец Д.Ю., Кравченко Ю.А., Лежебоков А.А.* Способы интеллектуального анализа данных в сложных системах // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2012. – № 3. – С. 52-57.
10. *Лежебоков А.А., Бова В.В., Шугуишхов Х.М.* Средства и технологии виртуального прототипирования для поддержки процессов автоматизированного проектирования // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – 2013. – № 5. – С. 38-43.
11. *Лежебоков А.А., Кравченко Ю.А., Пащенко С.В.* Особенности использования технологии дополненной реальности для поддержки образовательных процессов // Открытое образование. – 2014. – № 3 (104). – С. 49-54.
12. *Лежебоков А.А., Курейчик В.В., Пащенко С.В.* Новый подход к виртуальному обучению // Открытое образование. – 2014. – № 3 (104). – С. 4-9.
13. *Bova V.V., Gladkov L.A., Lezhebokov A.A.* Problem-oriented algorithms of solutions search based on the methods of swarm intelligence // World Applied Sciences Journal. – № 24 (14).
14. *Кравченко Ю.А., Бова В.В.* Нечеткое моделирование разнородных знаний в интеллектуальных обучающих системах // Открытое образование. – 2013. – № 4 (99). – С. 70-74.
15. *Бова В.В.* Концептуальная модель представления знаний при построении интеллектуальных информационных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 7 (156). – С. 109-117.
16. *Курейчик В.В., Бова В.В.* Моделирование процесса представления знаний в интеллектуальных обучающих системах на основе компетентностного подхода // Открытое образование. – 2014. – № 3 (104). – С. 42-48.
17. *Курейчик В.В., Родзин С.И., Родзина Л.С.* Мобильное обучение: контекстная адаптация и сценарный подход // Открытое образование. – 2013. – № 4 (99). – С. 75-82.
18. *Бова В.В., Кулиев Э.В., Новиков А.А.* Особенности использования интерактивных заданий в современных средствах компьютерного обучения // Открытое образование. – 2014. – № 3 (104). – С. 18-24.
19. *Первушина Н.А.* Успешность визуализации информации в процессе обучения // Научно-педагогическое обозрение. – 2013. – № 2 (2). – С. 30-35.
20. *Никонорова М.Л.* Компьютерные модели визуализации медицинской информации в практике изучения дисциплины «анатомия человека» // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Гуманитарные и общественные науки. – 2013. – № 172. – С. 121-125.

REFERENCES

1. *Lezhebokov A.A., Kravchenko Yu.A., Bova V.V.* Support system for QR-code-based educational processes, *8th IEEE International Conference "Application of information and communication technologies – AICT 2014"*, pp. 482-485.
2. *Polyanskaya A.V.* Kognitivno-obrazovatel'nyy potentsial komp'yuternoy vizualizatsii uchebnoy informatsii v professional'noy podgotovke ekologov [Cognitive-educational potential of computer visualization of training information in the training of ecologists], *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya* [Theory and Practice of Social Development], 2012, No. 8, pp. 172-175.
3. *Kravchenko Yu.A., Kureichik V.V.* Knowledge management based on multi-agent simulation in informational systems, *8th IEEE International Conference "Application of information and communication technologies – AICT 2014"*, pp. 264-267.
4. *Mogireva E.S.* Vizualizatsiya informatsii: naglyadnoe otobrazhenie kolichestvennoy informatsii [Information visualization: visual display of quantitative information], *Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii* [Educational Resources and Technology], 2014, Nop. 3 (6), pp. 18-22.
5. *Peskova O.V.* O vizualizatsii informatsii [About information visualization], *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Ser. "Priborostroenie"* [Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Instrument Engineering], 2012, No. 4, pp. 158-173.
6. *Danilov O.E.* Dizayn komp'yuternykh prilozheniy dlya vizualizatsii informatsii ob uchebnykh komp'yuternykh modelyakh [Design computer applications for the visualization of information about educational computer models], *Molodoy uchenyy* [Young Researcher], 2014, No. 13, pp. 26-36.
7. *Polyakova E.V.* Vizualizatsiya kak effektivnyy metod predstavleniya informatsii v soznanii cheloveka [Visualization as an effective method of presenting information in human consciousness], *Al'manakh sovremennoy nauki i obrazovaniya* [Almanac of Modern Science and Education], 2012, No. 4, pp. 180-181.
8. *Ermolaeva Zh.E., Lapukhova O.V., Gerasimova I.N.* Infografika kak sposob vizualizatsii uchebnoy informatsii [Infographics as a way of visualizing educational information], *Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal "Kontsept"* [Scientific and methodical electronic journal "Concept"], 2014, No. 11, pp. 26-30.
9. *Zaporozhets D.Yu., Kravchenko Yu.A., Lezhebokov A.A.* Spособы intellektual'nogo analiza dannykh v slozhnykh sistemakh [Methods data mining in complex systems], *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Izvestiya of Kabardino-Balkar Scientific centre of the RAS], 2012, No. 3, pp. 52-57.
10. *Lezhebokov A.A., Bova V.V., Shugushkhov Kh.M.* Sredstva i tekhnologii virtual'nogo prototipirovaniya dlya podderzhki protsessov avtomatizirovannogo proektirovaniya Tools and technologies virtual prototyping to support the process of automated design], *Izvestiya Kabardino-Balkarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Izvestiya of Kabardino-Balkar Scientific centre of the RAS], 2013, No. 5, pp. 38-43.
11. *Lezhebokov A.A., Kravchenko Yu.A., Pashchenko S.V.* Osobennosti ispol'zovaniya tekhnologii dopolnennoy real'nosti dlya podderzhki obrazovatel'nykh protsessov [Features using augmented reality technology to support educational processes], *Otkrytoe obrazovanie* [Open Education], 2014, No. 3 (104), pp. 49-54.
12. *Lezhebokov A.A., Kureychik V.V., Pashchenko S.V.* Novyy podkhod k virtual'nomu obucheniyu [A new approach to virtual learning], *Otkrytoe obrazovanie* [Open Education], 2014, No. 3 (104), pp. 4-9.
13. *Bova V.V., Gladkov L.A., Lezhebokov A.A.* Problem-oriented algorithms of solutions search based on the methods of swarm intelligence, *World Applied Sciences Journal*, No. 24 (14).
14. *Kravchenko Yu.A., Bova V.V.* Nechetkoe modelirovanie raznorodnykh znaniy v intellektual'nykh obuchayushchikh sistemakh [Fuzzy modeling heterogeneous knowledge in intelligent tutoring systems], *Otkrytoe obrazovanie* [Open Education], 2013, No. 4 (99), pp. 70-74.
15. *Bova V.V.* Kontseptual'naya model' predstavleniya znaniy pri postroenii intellektual'nykh informatsionnykh sistem [Conceptual model of knowledge representation in the constructing intelligent information systems], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2014, No. 7 (156), pp. 109-117.

16. *Kureychik V.V., Bova V.V.* Modelirovanie protsessa predstavleniya znaniy v intellektual'nykh obuchayushchikh sistemakh na osnove kompetentnostnogo podkhoda [Modeling the process of knowledge representation in intelligent educational systems on the basis of competence approach], *Otkrytoe obrazovanie* [Open Education], 2014, No. 3 (104), pp. 42-48.
17. *Kureychik V.V., Rodzin S.I., Rodzina L.S.* Mobil'noe obuchenie: kontekstnaya adaptatsiya i stsennarnyy podkhod [Mobile learning: context adaptation and the scenario approach], *Otkrytoe obrazovanie* [Open Education], 2013, No. 4 (99), pp. 75-82.
18. *Bova V.V., Kuliev E.V., Novikov A.A.* Osobennosti ispol'zovaniya interaktivnykh zadaniy v sovremennykh sredstvakh komp'yuternogo obucheniya [Peculiarities of using interactive tasks in modern means of computer training], *Otkrytoe obrazovanie* [Open Education], 2014, No. 3 (104), pp. 18-24.
19. *Pervushina N.A.* Uspeshnost' vizualizatsii informatsii v protsesse obucheniya [The success of information visualization in the learning process], *Nauchno-pedagogicheskoe obozrenie* [Pedagogical Review], 2013, No. 2 (2), pp. 30-35.
20. *Nikonorova M.L.* Komp'yuternye modeli vizualizatsii meditsinskoj informatsii v praktike izucheniya distsipliny «anatomiya cheloveka» [Computer models of visualization of medical information in the practice of the discipline "human anatomy"], *Nauchno-tekhnicheskoe vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Gumanitarnye i obshchestvennyye nauki* [Scientific and technical Gazette of St. Petersburg state Polytechnic University. Humanities and social Sciences], 2013, No. 172, pp. 121-125.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Н.И. Витиска.

Бова Виктория Викторовна – Южный федеральный университет; e-mail: vvbova@gmail.com; 347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44; тел.: 88634371651; кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

Лежебоков Андрей Анатольевич – e-mail: legebokov@gmail.com; кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

Нужнов Евгений Владимирович – e-mail: nev@tgn.sfedu.ru; кафедра систем автоматизированного проектирования; профессор.

Bova Victoria Victorovna – Southern Federal University; e-mail: vvbova@gmail.com; 44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia; phone: +78634371651; the department of computer aided design; associate professor.

Lezhebokov Andrey Anatolievich – e-mail: legebokov@gmail.com; the department of computer aided design; associate professor.

Nuzhnov Evgene Vladimirovich – e-mail: nev@tgn.sfedu.ru; the department of computer aided design; professor.

УДК 004.81

С.И. Родзин, О.Н. Родзина

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ БИОГЕОГРАФИИ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ЗАДАЧИ О КОММИВОЯЖЕРЕ*

Многие актуальные инженерные задачи сводятся к задаче коммивояжера: сетевое планирование и переналадка оборудования, транспортная логистика и поиск маршрутов минимальной стоимости, подвод электроэнергии потребителю, построение кольцевой линии электропередач и др. Для эффективного их решения разрабатываются метаэвристические биоинспирированные алгоритмы. Их разновидностью являются биогеографический алгоритм. Алгоритм основан на теории островной биогеографии – научной дисципли-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (проект № 8.823.2014) в Южном федеральном университете.