



Научно-практический
рецензируемый журнал

ОТКРЫТОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Том 21. № 4. 2017

Учредитель:
РЭУ им. Г.В. Плеханова

Главный редактор
Юрий Филиппович Тельнов

Зам. главного редактора
Александр Викторович Бойченко
Василий Михайлович Трембач

Ответственный редактор
Павел Александрович Смелов
Елена Алексеевна Егорова

Технический редактор
Елена Ивановна Аникеева

Журнал издается с 1996 года.
Свидетельство о регистрации СМИ:
ПИ №77-13926 от 11 ноября 2002 г.
ISSN (print) 1818-4243
ISSN (on-line) 2079-5939

Все права на материалы,
опубликованные
в номере, принадлежат журналу
«Открытое образование».
Перепечатка материалов,
опубликованных в журнале, без
разрешения редакции запрещена.
При цитировании материалов ссылка
на журнал «Открытое образование»
обязательна.

Мнение редакции может не совпадать
с мнением авторов

Журнал включен ВАКом в перечень
периодических научных изданий.

Тираж журнала
«Открытое образование»
1500 экз.

Адрес редакции:
119501, г. Москва,
ул. Нежинская, д. 7, офис 214
Тел.: (495) 411-66-33 (доб. 300)
E-mail: Anikeeva.EI@rea.ru
Адрес сайта: www.openedu.rea.ru

Подписной индекс журнала
в каталоге «РОСПЕЧАТЬ»: 47209
в каталоге «Урал-Пресс»: 10574

© ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2016
Подписано в печать 28.08.17.
Формат 60x84 1/8. Цифровая печать.
Печ. л. 11,5. Тираж 1500 экз. Заказ
Напечатано в ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г.В. Плеханова».
117997, Москва, Стремянный пер., 36

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- Ю.В. Вайнштейн, В.А. Шершнева, Р.В. Есин, Т.В. Зыкова*
Адаптация математического образовательного контента
в электронных обучающих ресурсах 4
- А.С. Бождай, Ю.И. Евсеева, А.А. Гудков*
Применение методов интеллектуального анализа данных
для реализации рефлексивной адаптации в системах
e-learning 13

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Г.Н. Калянов*
Концептуальная модель DFD-технологии 21
- С.П. Тимошин, В.В. Белага*
Web-сервис для интеграции актуальной информации
с ведущих МООС-площадок 27

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА

- Т.А. Асташова*
Современная лекция глазами студентов: пути развития 34
- Г.В. Рыбина*
Интеллектуальная технология построения обучающих
интегрированных экспертных систем: новые возможности. 43

КАЧЕСТВО ЗНАНИЙ

- А.Н. Колесенков, Д.С. Журавлев*
Геоинформационный мониторинг образовательного риска
в учебных заведениях высшего образования 58
- Д.И. Ярещенко*
Некоторые замечания об оценке знаний студентов
университетов 66

УЧЕБНЫЕ РЕСУРСЫ

- Д.А. Бархатова, Э.А. Нигматулина, Т.А. Степанова*
Натурные средства обучения информатике в условиях
реализации телесно-ментального подхода 73
- Д.В. Кудрявцев, Е.П. Зараменских, М.Ю. Арзуманян*
Разработка учебной методологии управления архитектурой
предприятия 84



Scientific and practical reviewed
journal

OPEN EDUCATION
Vol. 21. № 4. 2017

Founder:
Plekhanov Russian University of
Economics

Editor in chief
Yuriy F. Telnov

Deputy editor
Aleksandr V. Boichenko
Vasily M. Trembach

Executive editor
Pavel A. Smelov
Elena A. Egorova

Technical editor
Elena I. Anikeeva

Journal issues since 1996.
Mass media registration certificate:
№77-13926 on November 11, 2002
ISSN (print) 1818-4243
ISSN (on-line) 2079-5939

All rights for materials published in the
issue belong to the journal
«Open Education».

Reprinting of articles published in the
journal, without the permission of the
publisher is prohibited.

When citing a reference to the journal
«Open Education» is obligatory.

Editorial opinion may be different from
the views of the authors

The journal is included in the list of VAK
periodic scientific publications.
Journal articles are reviewed.
The circulation of the journal
«Open Education» – 1,500 copies.

Editorial office:
119501, Moscow,
Nezhinskaya str., 7, office 214
Tel.: (495) 411-66-33 (300)
E-mail: Anikeeva.EI@rea.ru
Web: www.openedu.ru

Subscription index of journal
in catalogue «ROSPECHAT»: 47209
in catalogue «Ural-Press»: 10574

© Plekhanov Russian University of
Economics, 2016

Signed to print 28/08/17.
Format 60x84 1/8. Digital printing.
Printer's sheet 11,5. 1500 copies.
Order

Printed in Plekhanov Russian University of
Economics,
Stremyanny lane. 36, Moscow, 117997, Russia

CONTENTS

METHODICAL MAINTENANCE

- Yuliya V. Vainshtein, Victoria A. Shershneva, Roman V. Esin,
Tatyana V. Zykova*
Adaptation of mathematical educational content in e-learning
resources 4
- A.S. Bozhday, Y.I. Evseeva, A.A. Gudkov*
Data mining methods application in reflexive adaptation
realization in e-learning systems 13

NEW TECHNOLOGIES

- Georgiy N. Kalyanov*
The conceptual model of DFD-technology 21
- Sergey P. Timoshin, Viktoriya V. Belaga*
Web-service for integration of current information from the
leading MOOCs 27

EDUCATIONAL ENVIRONMENT

- Tatyana A. Astashova*
Students' opinions about modern lecture: development path 34
- Galina V. Rybina*
Intelligent technology for construction of tutoring integrated
expert systems: new aspects 43

QUALITY OF KNOWLEDGE

- Aleksandr N. Kolesenkov, Dmitry S. Zhuravlyov*
Geoinformation monitoring of the educational risk in
educational institutions of higher education 58
- Darya I. Yareshchenko*
Some comments on the assessment of students' knowledge at
the University 66

EDUCATIONAL RESOURCES

- Daria A. Barkhatova, Elmira A. Nigmatulina, Tatyana A. Stepanova*
Natural training tools of informatics in conditions of embodied
and mental approach realization 73
- Dmitry V. Kudryavtsev, Evgeny Zaramenskikh, Maxim Arzumanyan*
Development of enterprise architecture management
methodology for teaching purposes 84

СОСТАВ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА журнала «Открытое образование»

Александр Григорьевич Абросимов, д.п.н., проф., профессор кафедры электронной коммерции и управления электронными ресурсами прикладной информатики и информационной безопасности Самарского государственного экономического университета, Самара, Россия

Виктор Константинович Батоврин, д.т.н., проф., заведующий кафедрой информационных систем Московского института радиоэлектроники и автоматики, Москва, Россия

Мария Сергеевна Бережная, д.п.н., проф., профессор кафедры психологии РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Александр Моисеевич Бершадский, д.т.н., проф., заведующий кафедрой систем автоматизированного проектирования Пензенского государственного технического университета, Пенза, Россия

Александр Викторович Бойченко, к.т.н., доцент кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления, директор Научно-исследовательского института «Стратегические информационные технологии» РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Владимир Николаевич Васильев, д.т.н., проф., чл.-корр. РАН, ректор Санкт-Петербургского государственного института точной механики и оптики (технического университета), Санкт-Петербург, Россия

Татьяна Альбертовна Гаврилова, д.т.н., проф., заведующая кафедрой информационных технологий в менеджменте Высшей школы менеджмента, профессор кафедры информационных технологий в менеджменте Санкт-Петербургского Государственного Университета, Санкт-Петербург, Россия

Владимир Васильевич Голенков, д.т.н., проф., заведующий кафедрой интеллектуальных информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск, Республика Беларусь

Елена Георгиевна Гридина, д.т.н., проф., директор информационно-вычислительного центра НИУ «МЭИ», Москва, Россия

Георгий Николаевич Калянов, д.т.н., проф., заведующий лабораторией Института проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, Москва, Россия

Константин Константинович Колин, д.т.н., проф., главный научный сотрудник Института проблем информатики Российской академии наук (ИПИ РАН), Москва, Россия

Виктор Михайлович Курейчик, д.т.н., проф., заместитель руководителя по научной и инновационной деятельности Технологического института Южного федерального университета, Ростов-на-Дону, Россия
Лукинова Ольга Васильевна

Николай Григорьевич Малышев, д.т.н., проф., чл.-корр. РАН, академик, президент Московского института экономики, менеджмента и права, Москва, Россия

Игорь Витальевич Метлик, д.п.н., заведующий лабораторией развития воспитания и социализации детей Института изучения детства, семьи и воспитания Российской академии образования, Москва, Россия

Геннадий Семенович Осипов, д.ф.-м.н., проф., заместитель директора по научной работе института системного анализа РАН, Москва, Россия

Борис Михайлович Позднеев, д.т.н., проф., проректор по менеджменту качества, заведующий кафедрой информационных систем МГТУ, Москва, Россия

Борис Аронович Позин, д.т.н., ст.науч.с., технический директор ЗАО «ЕС-лизинг», профессор Научного исследовательского университета Высшей школы экономики, Москва, Россия

Галина Валентиновна Рыбина, д.т.н., проф., профессор Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Москва, Россия

Юрий Филиппович Тельнов, д.э.н., проф., заведующий кафедрой прикладных информационных технологий и информационной безопасности РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Владимир Павлович Тихомиров, д.э.н., проф., академик, президент «Евразийского открытого института», президент Международного консорциума «Электронный университет», Москва, Россия

Василий Михайлович Трембач, к.т.н., доцент доцент кафедры 304 Московского авиационного института (Национальный исследовательский университет), Москва, Россия

Владимир Львович Усков, к.т.н., проф., содиректор НИИ по образовательным интернет-технологиям университета Бредли, Пеория, США

Сергей Александрович Щенников, д.пед.н., проф., ректор Международного института менеджмента «Линк», Москва, Россия

THE EDITORIAL BOARD of the journal «Open Education»

Aleksandr G. Abrosimov, Doctorate of Pedagogic Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Informatics and Information Security, Samara State University of Economics, Samara, Russia

Viktor K. Batovrin, Doctorate of Engineering Science, Professor, Head of the Department of Information Systems, Moscow Institute of Radio Electronics and Automatics, Moscow, Russia

Mariya S. Berezhnaya, Doctorate of Pedagogic Sciences, Professor, Professor of the Department of Psychology, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Aleksandr M. Bershadskiy, Doctorate of Engineering Science, Professor, Head of the Department of Computer Aided Design, Penza State Technical University, Penza, Russia

Aleksandr V. Boychenko, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Department of Automated Information Processing Systems and Management, Director of Scientific and Research Institute "Strategic Information Technology", Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Vladimir N. Vasil'ev, Doctorate of Engineering Science, Professor, Corresponding member of RAS, Rector of Saint-Petersburg State Institute of Exact Mechanics and Optics (Technical University), Saint-Petersburg, Russia

Tatiana A. Gavrilova, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Head of Information Technologies in Management Department, Graduate School of Management, Saint Petersburg University, Saint Petersburg, Russia

Vladimir V. Golenkov, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Intellectual Information Technologies, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

Elena G. Gridina, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Director of Information and Computing Center, NRU "MPEI", Moscow, Russia

Georgiy N. Kalyanov, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Konstantin K. Kolin, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Chief Researcher of The Institute of Informatics Problems of The Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Viktor M. Kureychik, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Deputy Head for Research and Innovation, Institute of Technology, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Nikolay G. Malyshev, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Corresponding member of RAS, Academician, President of Moscow Witte University, Moscow, Russia

Igor' V. Metlik, Doctorate of Pedagogic Sciences, Professor, Head of the Laboratory of development, education and socialization of children Institute Studies of childhood, family and upbringing, The Russian Academy of Education, Moscow, Russia

Gennadiy S. Osipov, Doctorate of Physico-mathematical Sciences, Professor, Deputy Director of the Research Institute of Systems Analysis, The Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Boris M. Pozdneev, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Vice-Rector for Quality Management, Head of Information Systems, Moscow State University of Technology "STANKIN", Moscow, Russia

Boris A. Pozin, Doctorate of Engineering Sciences, Senior Researcher, CTO, EC – leasing Company, Professor, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Galina V. Rybina, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Professor of the National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

Yuriy F. Tel'nov, Doctorate of Economics, Professor, Head of the Department of Applied Informatics and Information Security, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Vladimir P. Tikhomirov, Doctorate of Economic Sciences, Professor, Academician, The President of the "Eurasian Open Institute", The President of the International consortium "Electronic university", Moscow, Russia

Vasiliy M. Trembach, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department 304, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

Vladimir L. Uskov, PhD in Engineering, Professor, co-director of the Inter-Labs Research Institute of Bradley University, Peoria, USA

Sergey A. Shchennikov, Doctorate of Pedagogic Sciences, Professor, Rector of International Institute of Management "Link", Moscow, Russia

Адаптация математического образовательного контента в электронных обучающих ресурсах¹

Современные тенденции развития мирового электронного образовательного пространства определяют необходимость разработки и внедрения адаптивных обучающих интеллектуальных сред и ресурсов. Перспективным направлением в области повышения качества обучения математическим дисциплинам выступает разработка и применение адаптивных электронных образовательных ресурсов, опыт разработки и применения которых в высших учебных заведениях в настоящее время чрезвычайно ограничен и не предполагает универсальности использования. Под адаптивными образовательными ресурсами в электронной среде понимаются электронные образовательные ресурсы, предоставляющие студенту персональное образовательное пространство, наполненное учебным контентом, «подстраивающимся» под индивидуальные характеристики обучающихся и обеспечивающее их необходимой информацией.

Настоящая статья посвящена разработке алгоритмов адаптации математического образовательного контента и их реализации в системе электронного обучения. Особенностью предложенных алгоритмов является возможность их применения и тиражирования для построения адаптивных электронных обучающих ресурсов. Новизной предложенного в работе подхода выступает организация алгоритмов адаптации содержания образовательного контента в трехступенчатой системе «вводная адаптация контента» (адаптация содержания вводных материалов дисциплины на основе начального уровня студентов) — «текущая адаптация контента» (адаптация математического контента на основе текущих результативных действий студентов в адаптивном электронном ресурсе) — «оценочно-корректирующая адаптация» (адаптация нормативных параметров уровня усвоения материалов с учетом достигнутых студентами учебных результатов). Для каждого этапа предложенной системе представлены алгоритмы адаптации математического образовательного контента в адаптивных электронных обучающих ресурсах. В связи с высоким уровнем абстракции и сложностью восприятия математических дисциплин образовательный контент

представляется в различных редакциях изложения, соответствующих уровням усвоения материала курса. Его адаптация состоит в подборе оптимальной редакции материала максимально соответствующей индивидуальным характеристикам студента. Внедрение предложенной трехступенчатой системы адаптации образовательного контента в адаптивном электронном обучающем ресурсе позволяет реализовать в электронной среде индивидуальные образовательные траектории и сформировать для каждого студента персональное пространство математического образовательного контента, «подстраивающееся» под его уровень усвоения материала, что содействует повышению качества образовательного процесса по математическим дисциплинам.

В работе использованы методы математического моделирования и логико-гносеологического анализа, теория графов и гиперграфов, системный анализ, теория управления динамическими процессами и системами, методы проектирования и имитационного моделирования сложных систем.

Апробация предложенных в работе алгоритмов к организации адаптации образовательного контента в адаптивном электронном обучающем ресурсе по дисциплине «Дискретная математика», показала продуктивность использования предложенного подхода в учебном процессе. Полученные результаты могут быть использованы при построении адаптивных электронных образовательных ресурсов в других образовательных учреждениях высшего образования.

Дальнейшее развитие предложенного в работе подхода предполагает разработку формальной модели адаптации образовательного контента, включающей управляющие правила, построенные на основе методов экспертных оценок и теории нечетких множеств.

Ключевые слова: адаптивный электронный обучающий ресурс, обучение математике, адаптация математического контента, адаптивное обучение, персонализированное обучение, индивидуальная образовательная траектория, LMS Moodle.

Yuliya V. Vainshtein, Victoria A. Shershneva, Roman V. Esin, Tatyana V. Zyкова

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Adaptation of mathematical educational content in e-learning resources

Modern trends in the world electronic educational system development determine the necessity of adaptive learning intellectual environments and resources' development and implementation. An upcoming trend in improvement the quality of studying mathematical disciplines is the development and application of adaptive electronic educational resources. However, the development and application experience of adaptive technologies in higher education is currently extremely limited and does not imply the usage flexibility. Adaptive educational resources in the electronic environment are electronic educational resources that provide the student with a personal educational space, filled with

educational content that "adapts" to the individual characteristics of the students and provides them with the necessary information.

This article focuses on the mathematical educational content adaptation algorithms development and their implementation in the e-learning system. The peculiarity of the proposed algorithms is the possibility of their application and distribution for adaptive e-learning resources construction. The novelty of the proposed approach is the three-step content organization of the adaptive algorithms for the educational content: "introductory adaptation of content", "the current adaptation of content", "estimative and a corrective adaptation". For each

¹Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16–18–10304).

stage of the proposed system, mathematical algorithms for educational content adaptation in adaptive e-learning resources are presented. Due to the high level of abstraction and complexity perception of mathematical disciplines, educational content is represented in the various editions of presentation that correspond to the levels of assimilation of the course material. Adaptation consists in the selection of the optimal edition of the material that best matches the individual characteristics of the student. The introduction of a three-step content organization of the adaptive algorithms for the educational content in the adaptive e-learning resource made it possible to implement individual educational paths in the electronic environment. For each student it was formed a personal space of mathematical educational content that "adapts" to its level of mastering the material, which contributed to improving the quality of the educational process in mathematical disciplines.

In this paper, the methods of mathematical modeling and logical-gnosiological analysis, the theory of graphs and hypergraphs, system

analysis, dynamic processes and systems control theory, complex systems design and imitation modelling methods were used.

Approbation of the proposed algorithms for the educational content organization of adaptation in the adaptive electronic learning resource for the discipline "Discrete mathematics" showed the productivity of the proposed approach in the teaching process. The obtained results could be used for adaptive electronic educational resources construction in other educational institutions of higher education.

Further development of the proposed approach involves the development of a formal model of the educational content adaptation, including control rules, based on the expert evaluation methods and the fuzzy-set theory.

Keywords: adaptive e-learning resource, teaching of mathematics, adaptation of mathematical content, adaptive learning, personalized education, individual educational path, LMS Moodle.

Введение

Развитие электронного обучения и дистанционных образовательных технологий обозначено как обязательная составляющая формирования информационного пространства знаний в соответствии с указом президента РФ «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [1]. В мировой образовательной системе в условиях формирования новых образовательных технологий распространение получает индивидуализация образовательного процесса в электронной среде. Современные тенденции развития мирового электронного образовательного пространства определяют необходимость разработки и внедрения адаптивных обучающих интеллектуальных сред и ресурсов. Перспективным направлением в области повышения качества обучения математическим дисциплинам выступает разработка и применение адаптивных электронных образовательных ресурсов, опыт разработки и применения которых в высших учебных заведениях в настоящее время чрезвычайно ограничен и не предполагает универсальности использования. Под адаптивными образовательными ресурсами в электронной среде понимаются электронные образовательные ресурсы, кото-

рые предоставляют студенту персональное образовательное пространство, наполненное математическим контентом, который «подстраивается» под индивидуальные характеристики обучающихся и обеспечивает их необходимой информацией [2]. В качестве индивидуальных характеристик обучающихся выступают уровень усвоения материалов дисциплины и активность в электронном курсе.

Спектр функциональных задач решаемых при помощи адаптивных образовательных ресурсов, реализуемых в системах электронного обучения чрезвычайно широк, начиная от организации самостоятельной работы студентов и построения дистанционного обучения до развития профессиональных компетенций в условиях современного тренда «*life long learning*». Ключевыми задачами при разработке адаптивных образовательных ресурсов по математическим дисциплинам выступают структурирование образовательного математического контента, построение нормативной модели обучающегося, а также разработка алгоритмов и методов автоматизированной навигации участников образовательного процесса в системе электронного обучения. Для решения каждой из этих задач необходимы формализация набора параметров, разработка подсистем и алгоритмов

и определение педагогических методов и принципов, совокупность которых позволяет реализовать непрерывный образовательный процесс в адаптивной электронной среде и осуществлять построение индивидуальной образовательной траектории.

Обзор существующих образовательных практик в области моделей и подходов к реализации адаптивных образовательных ресурсов и сред позволил выделить разработку методов построения индивидуальных образовательных траекторий [3–6], подходов к моделированию предметных областей дисциплин [7–8], формирование моделей поведения обучаемых [9–11] и разработку алгоритмов адаптации в обучающих системах и средах [12–17]. Все эти подходы и их решения предоставляют широкий набор функциональных возможностей для построения адаптивных обучающих систем, но для применения их в области обучения математики в условиях интенсивного развития инфокоммуникационных технологий необходима их модернизация и интеграционное развитие.

Настоящая статья посвящена разработке алгоритмов адаптации математического образовательного контента и их реализации в системе электронного обучения. Особенностью предложенного подхода является возможность

его применения и тиражирования в адаптивных электронных обучающих ресурсах (АЭОР), реализуемых в системах управления обучением, в том числе на платформе электронного обучения Learning Management System (LMS) Moodle.

Новизной предложенного в работе подхода выступает организация алгоритмов адаптации содержания образовательного контента в трехступенчатой системе «*вводная адаптация контента*» (адаптация содержания вводных материалов дисциплины на основе начального уровня студентов) – «*текущая адаптация контента*» (адаптация математического контента на основе текущих результативных действий студентов в адаптивном электронном ресурсе) – «*оценочно-корректирующая адаптация*» (адаптация нормативных параметров уровня усвоения материалов с учетом достигнутых студентами учебных результатов). На этапе вводной адаптации осуществляется оценка начального уровня подготовки обучающихся к изучению материала дисциплины. При необходимости осуществляется коррекция уровня подготовки студентов путем персонального предоставления обучающих, информационно-справочных и других материалов. На этапе текущей адаптации производится адаптация содержания учебного контента образовательного ресурса в зависимости от текущего уровня усвоения материала, то есть материалы «адаптируются под знания и умения студента и позволяют заполнить слабые места». Этап оценочно-корректирующей адаптации предполагает корректировку нормативных параметров уровня усвоения

материалов дисциплины на основе анализа полученных результатов группового уровня освоения материалов АЭОР.

Алгоритмы адаптации образовательного контента

Перейдем к рассмотрению алгоритмов адаптации математического образовательного контента в адаптивных электронных обучающих ресурсах. Предложенные алгоритмы апробированы при разработке АЭОР в виртуальной обучающей среде LMS Moodle, широчайший функционал управления учебной деятельностью в электронной среде которой, делает ее одной из самых распространенных и используемых систем для разработки электронных обучающих ресурсов в российских и зарубежных высших учебных заведениях [18]. Общая структура трехступенчатой системы адаптации образовательного контента в АЭОР и реализации индивидуальных образовательных траекторий путем формирования для каждого студента персонального пространства учебных материалов представлена на рис. 1.

На начальном этапе обучения осуществляется *вводная адаптация* участников образовательного процесса, алгоритм которой представлен на рис. 2. Она включает оценку начального уровня подготовки, выявление пробелов необходимых (базовых) математических знаний, препятствующих качественному усвоению нового материала преподаваемой дисциплины. На основе оценки уровня начальной подготовки рекомендуется разделить всех студентов условно на три группы: «низкий» уровень подготовки с входным баллом в

полуинтервале [0;50%), «средний» с входным баллом в полуинтервале [50;75%) и «высокий» уровень подготовки с входным баллом в интервале [75%;100%]. Студентам групп с «низким» и «средним» уровнем персонально рекомендованы дополнительные корректирующие материалы, которые позволят восполнить недостающие математические знания и в дальнейшем быстрее усвоить материал, а также уменьшить трудозатраты на изучение дисциплины. Таким образом, на данном этапе для каждого студента начинается строиться индивидуальная образовательная траектория и к началу изучения материалов дисциплины в адаптивном электронном обучающем ресурсе все достигают уровня подготовки, достаточного для освоения курса.

В процессе обучения в адаптивном электронном образовательном ресурсе реализуются следующие два этапа адаптации образовательного контента: текущая и оценочно-корректирующая. Структурирование образовательного контента адаптивного электронного образовательного ресурса по дисциплинам математического цикла предлагается производить путем выделения минимальных теоретических единиц, представляющих собой семантически законченные микропорции учебного материала, называемые *термами* и определения последовательности их изучения. Подробнее принципы построения модели образовательного контента, основанной на логико-гносеологическом анализе Е.К. Войшвилло, изложены в работе авторов [19].

Исходя из педагогической практики при объяснении ма-



Рис. 1. Система адаптации образовательного контента в АЭОР

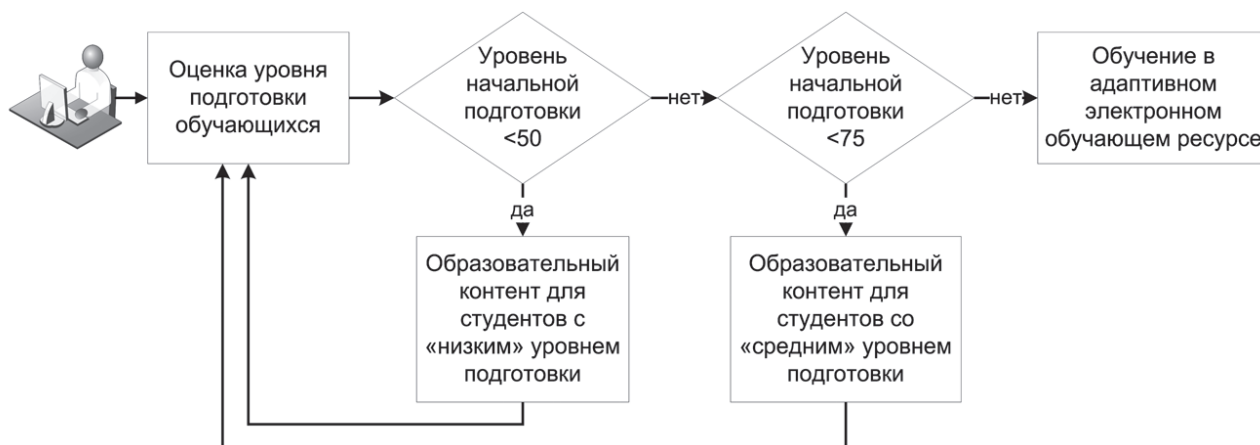


Рис. 2. Алгоритм вводной адаптации в АЭОР

териала часто возникает необходимость представлять его в различных формах, в АЭОР для каждого термина математического контента в связи с высоким уровнем абстракции и сложностью восприятия математических дисциплин предлагается использовать не менее трех редакций изложения, каждая из которых отличается друг от друга степенью детализации материала и формой его представления: текстовые, графические, аудио и видео материалы. В работе изложение редакций термов образовательного контента основано на уровнях сформированности математической компетентности [20–21]. Нами были выделены следующие уровни: уровень воспроизведения, уровень установления связей и зависимостей между данными в условии задач, а также подходы анализа условий задач и приемы интеграции математических методов и знаний при их решении, а также примеры решения математических задач, которые, хотя и не являются типичными, но все же знакомы учащимся или в очень малой степени выходят за рамки известного.

Изложение термина математического контента в редакции первого уровня (воспроизведения) строится таким образом, что дает представление о применении в знакомой ситуации фактов и стандартных приемов, знакомит с математическими объектами и их свойствами, стандартными выражениями и формулами, демонстрирует выполнение стандартных процедур и известных алгоритмов и непосредственное выполнение вычислений и преобразований.

Изложение термина математического контента в редакции

второго уровня установления связей и зависимостей содержит наряду с материалом термина первого уровня также материал демонстрирующий примеры установления связей и зависимостей между данными в условии задач, а также подходы анализа условий задач и приемы интеграции математических методов и знаний при их решении, а также примеры решения математических задач, которые, хотя и не являются типичными, но все же знакомы учащимся или в очень малой степени выходят за рамки известного.

Изложение термина математического контента в редакции уровня рассуждений включает материалы, направленные на развитие навыков самостоятельности и инициативности,

включает проблемный подход к изложению материала, побуждает студентов к самостоятельному формированию алгоритмов решения задач, интегрированию знаний всего курса и объяснению и обоснованию полученных результатов. Предложенное наполнение редакций образовательного контента отражает специфику формирования математической компетентности.

Особенностью модели построения АЭОР является возможность улучшения уровня освоения материала путем изучения термов образовательного контента дисциплины в редакциях изложения, соответствующих текущему уровню усвоения материала (уровню сформированной математической компетентности). За счет

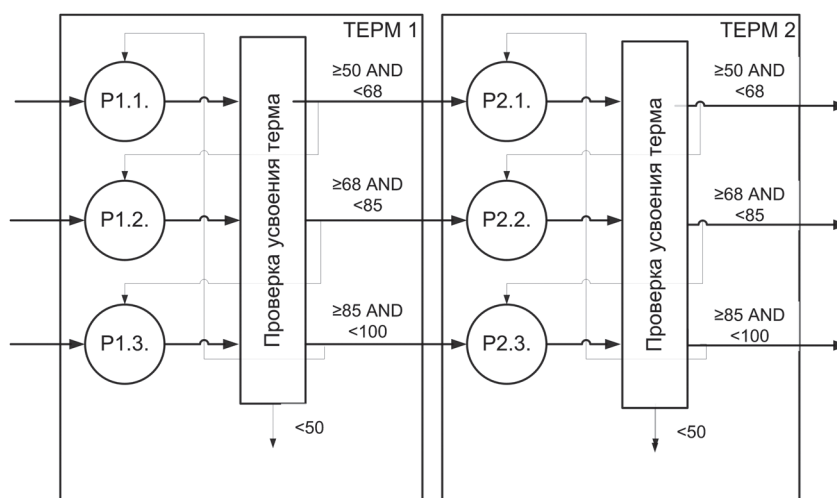


Рис. 3. Алгоритм переключения между редакциями термина в процессе текущей адаптации

представления математического материала в различных редакциях у студентов появляется возможность облегчить понимание сложных теоретических моментов посредством разностороннего (вариативного) представления содержания термина. Фрагмент укрупненного алгоритма *текущей адаптации* образовательного контента в зависимости от уровня освоения материала (переключения между редакциями Р1.1., Р1.2, Р1.3 термина 1 и редакциями Р2.1., Р2.2, Р2.3 термина 2) представлен на рис. 3.

Данный алгоритм позволяет строить множественные траектории с возможностью повторного изучения материала в различных редакциях изложения. Включенные в модель управления учебным процессом правила подбора учебного контента позволяют рекомендовать для обучающегося оптимальную редакцию изучаемого материала текущего термина на основе индивидуальных характеристик студентов. Результативные действия обучающихся инициируют автоматизированный переход к изучению материалов следующего термина или повторению материалов текущего термина в другой редакции изложения.

Процесс проверки усвоения материалов термина осуществляется систематически с помощью контрольно-измерительных материалов. Для каждого обучающегося после изучения очередного термина предлагаются две попытки проверки его усвоения. При этом засчитывается всегда последняя попытка. Таким образом, после первой попытки студент решает, будет ли он улучшать свой результат или посчитает его достаточным и перейдет к изучению следующего термина курса в редакции, соответствующей его достигнутому уровню. При превышении числа допустимых попыток и в случае неудовлетворительных результатов освоения материала

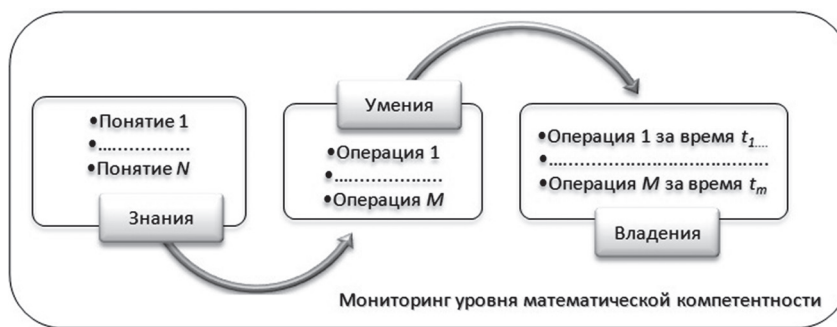


Рис. 4. Проверка усвоения материалов термина

по терму предлагается консультация с преподавателем дисциплины. Таким образом, для каждого обучающегося реализуется индивидуальная образовательная траектория и формируется персональное пространство учебных материалов, наполненное математическим контентом, ориентированным на индивидуальные характеристики студента и «подстраивающимся» под его уровень усвоения материала, что содействует повышению качества образовательного процесса по математическим дисциплинам.

Процесс проверки усвоения материалов по каждому терму реализуется в триаде «знания-умения-владения». Общая структура процесса проверки усвоения материалов термина образовательного контента представлена на рис. 4. Процесс проверки знаний состоит в контроле усвоения понятий термина. Умения представляются как операции над изученными понятиями и включают специ-

альные операции предметной области дисциплины. Оценка владения материалом организуется через элементы АЭОР (задания и тесты), выполнение которых ограничено заданным временем. Комплексный мониторинг представленной триады позволяет оценить уровень сформированности математической компетенции, выражающейся в способности применять знаний математических дисциплин в профессиональной деятельности.

Назначением *оценочно-корректирующей адаптации* является оценка и корректировка нормативных значений уровня усвоения материалов АЭОР, выступающих параметрами перехода между редакциями материалов и терминами образовательного контента. Первоначально нормативные значения устанавливаются на основе экспертной преподавательской оценки. Далее по результатам проверки усвоения материалов и оценки приобретенных знаний, умений и владения

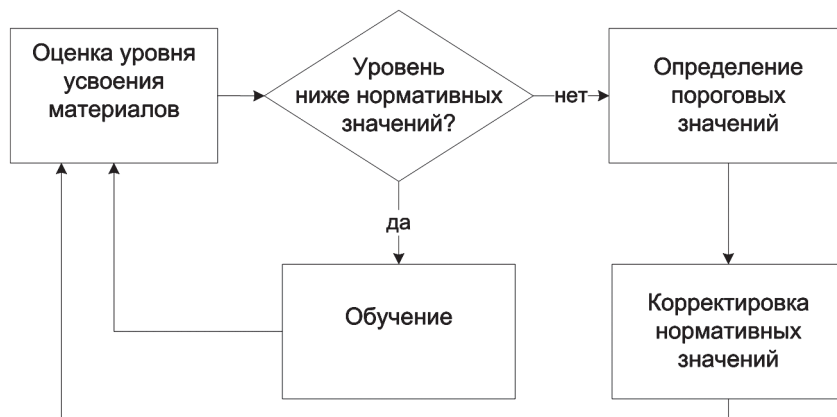


Рис. 5. Алгоритм оценочно-корректирующей адаптации

опытом обучающихся в адаптивном электронном обучающем ресурсе осуществляется корректировка начальных нормативных значений. В качестве нормативных значений выступают пороговые значения, определяемые как среднее значение по группе обучающихся. Укрупненный алгоритм оценочно-корректирующей адаптации представлен на рис. 5.

В процессе экспериментальной апробации предложенного в работе алгоритма применена двухитерационная система оценочно-корректирующей адаптации. В настоящее время стоит вопрос об оптимизации количества итераций процесса оценочно-корректирующей адаптации и формализации условий остановки процесса корректировки нормативных значений оценки уровня усвоения материалов АЭОР.

Техническая реализация предложенной схемы адаптации осуществлена в LMS Moodle при помощи наложения ограничений на учебные элементы электронного ресурса: отслеживания выполнения элемента — изучения определенной редакции термина или прохождения контрольной точки и отслеживания уровня усвоения термина. Настройка элементов адаптивного электронного обучающего ресурса на основе предложенного подхода позволяет реализовать многовариантность представления учебной информации в рамках единого электронного курса и сформировать для каждого студента индивидуальный профиль представления математического контента.

Апробация предложенных в работе алгоритмов к организации адаптации математического образовательного контента осуществлена в адаптивном электронном обучающем ресурсе по дисциплине «Дискретная математика», разработанном на базе системы управления обучением Moodle для направления 09.03.02 —



Рис. 6. Распределение студентов по количеству подходов к изучению материалов АЭОР

«Информационные системы и технологии» Института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета.

В эксперименте приняли участие 121 студент экспериментальной группы выбранного направления и 119 студентов контрольной группы направления 09.03.01 — «Информатика и вычислительная техника». Распределение студентов по количеству подходов к изучению материалов адаптивного электронного обучающего ресурса представлено на рис. 6. Подавляющее большинство студентов освоили материал в адаптивном электронном обучающем ресурсе самостоятельно. Только двум процентам студентов понадобилась эпизодическая

поддержка преподавателя при изучении материалов курса, причем большинство возникших вопросов были связаны с техническими особенностями доступа к АЭОР.

В результате итогового контроля усвоения материалов дисциплины «Дискретная математика» в АЭОР, результаты которого представлены на рис. 7, результативность экспериментальной группы оказалась в среднем на 6% выше, чем в контрольной группе.

Также для оценки предложенного подхода было проведено анкетирование студентов экспериментальной группы, которое продемонстрировало положительную реакцию обучающихся на внедрение предложенных системы и алгоритмов адаптации обра-

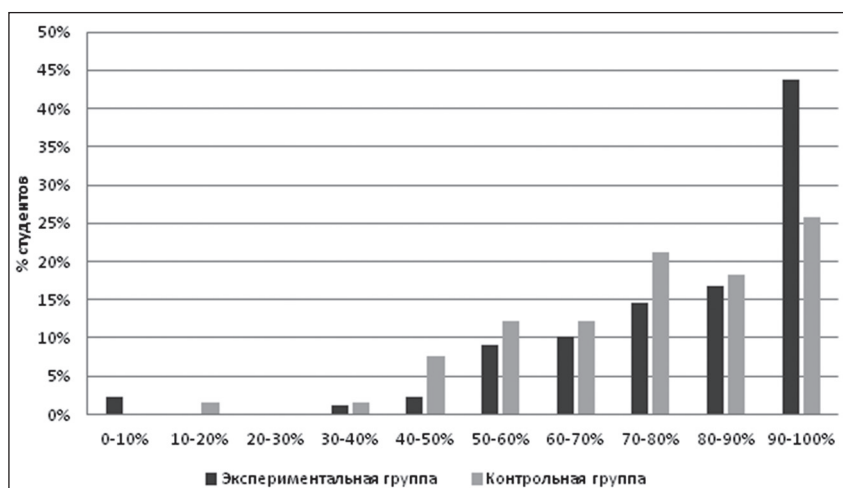


Рис. 7. Итоговый контроль освоения материалов АЭОР

зовательного контента математической дисциплины.

Например, при оценке адаптивности к уровню освоения материала 67,4% респондентов отметили вариант «высокий уровень адаптивности», 28,3% посчитали «уровень адаптивности скорее высокий» и всего 4,3% выбрали вариант «не знаю».

86,1% респондентов отметили повышение мотивации к изучению дисциплины в адаптивном электронном образовательном ресурсе, 13,8% воздержались от ответа и лишь для 1,1% предложенный подход показался скорее неинтересным, за полное отсутствие интереса к методам адаптации образовательного контента не высказался никто.

67% студентов отметили, что изучение дисциплины в адаптивном электронном обучающем ресурсе способствует лучшему усвоению предмета по сравнению с традиционным обучением, 15% отметили значимость предложенного подхода и 18% затруднились дать ответ на этот вопрос.

Таким образом, апробация предложенных в работе алгоритмов в организации адаптации образовательного контента в адаптивном электронном обучающем ресурсе по дисциплине «Дискретная математика», показала продуктивность использования предложенной системы в учебном процессе.

Заключение

В работе представлен новый подход к организации адаптивного обучения математике в электронной среде. Новиз-

ной предложенного в работе подхода выступает организация алгоритмов адаптации содержания образовательного контента в трехступенчатой системе: «вводная адаптация контента» (адаптация содержания вводных материалов дисциплины на основе начального уровня подготовки студентов) – «текущая адаптация контента» (адаптация математического контента на основе текущих результативных действий студентов в адаптивном электронном ресурсе) – «оценочно-корректирующая адаптация» (адаптация нормативных параметров уровня усвоения материалов с учетом достигнутых студентами учебных результатов). Для каждого этапа данной системы представлены оригинальные авторские алгоритмы адаптации математического образовательного контента в адаптивных электронных обучающих ресурсах. Предложенная трехступенчатая система адаптации математического образовательного контента выполняет функции «проводника» студента от начала и до конца обучения дисциплине, адаптируя обучающие материалы с учетом рассмотренной специфики формирования математической компетентности.

Внедрение предложенного подхода к адаптации математического контента в электронном обучающем ресурсе позволяет сформировать для студентов индивидуальные образовательные траектории в рамках гибкого персонализированного учебного графика с многократным контролем процесса самообразования. При использовании представ-

ленной в работе системы для каждого студента формируется персональное пространство математического образовательного контента, максимально соответствующее его индивидуальным характеристикам. Применение разработанных алгоритмов в процессе обучения математике в электронной среде позволяет студентам получить результаты, которые ранее были возможны только с преподавателем, тщательно отслеживающим прогресс учеников и разъясняющим им материал.

Проведенный педагогический эксперимент подтвердил, что организация автоматизированной адаптации математического образовательного контента позволяет преподавателю обеспечить индивидуальный подход в обучении студентов в условиях электронной среды, независимо от степени наполняемости групп, обеспечивая простоту построения персонального образовательного сценария для каждого студента.

Полученные результаты могут быть также использованы для разработки адаптивных электронных обучающих ресурсов по другим дисциплинам. Дальнейшее развитие предложенного в работе подхода и алгоритмов организации адаптации образовательного контента в трехступенчатой системе предполагается путем разработки формальной модели, включающей управляющие правила корректировки нормативных значений оценки уровня усвоения материалов АЭОР, построенные на основе методов экспертных оценок и теории нечетких множеств.

Литература

1. Указ Президента РФ от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» URL: ГАРАНТ.РУ: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71570570/#ixzz4jhpjoKJn> (дата обращения 26.06.2017)

2. Вайнштейн Ю.В., Есин Р.В., Цибуль-

References

1. Ukaz Prezidenta RF ot 9 maya 2017 g. No. 203 «O Strategii razvitiya informatsionnogo obshchestva v Rossiyskoy Federatsii na 2017–2030 gody». URL: GARANT.RU: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71570570/#ixzz4jhpjoKJn> (accessed: 26.06.2017) (in Russ.).

2. Vainshtein Yu.V., Esin R.V., Tsibul'skiy G.M.

ский Г.М. Адаптивная модель построения индивидуальных образовательных траекторий при реализации смешанного обучения // Информатика и образование. 2017. № 2. С. 83–86

3. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Канев Д.С. Разработка авторской интеллектуальной обучающей системы // Электронное обучение в непрерывном образовании. 2016. № 1 (3). С. 100–104.

4. Тельнов Ю.Ф., Казаков В.А., Козлова О.А. Динамическая интеллектуальная система управления процессами в информационно-образовательном пространстве высших учебных заведений // Открытое образование. 2013. № 1 (96). С. 40–49.

5. Курейчик В.В., Бова В.В. Моделирование процесса представления знаний в интеллектуальных обучающих системах на основе компетентного подхода // Открытое образование. 2014. № 3 (104). С. 42–48.

6. Болотова К.П. Разработка информационной системы для формирования индивидуальной образовательной траектории // Электронное обучение в непрерывном образовании. 2015. Т. 1. № 1 (2). С. 29–33.

7. Атанов Г.А. Моделирование учебной предметной области, или предметная модель обучаемого // Образовательные технологии и общество. 2001. Вып. 1. Т. 4. С. 111–124.

8. Murray T., Blessing Stephen, Ainsworth S. Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments: Toward Cost Effective Adaptive, Interactive and Intelligent Educational Software. 2013. 557 p. DOI: 10.1007/978-94-017-0819-7

9. Зайцева Л.В., Буль Е.Е. Адаптация в компьютерных системах на базе структуризации объектов обучения // Образовательные технологии и общество. 2006. 9(1). С. 422–427.

10. Коляда М.Г. Виды моделей, обучаемых в автоматизированных обучающих системах // Искусственный интеллект. 2008. № 2. С. 28–33.

11. Растрюгин Л.А. Адаптивное обучение с моделью обучаемого. Рига: Зинатне. 1988. 160 с.

12. Brusilovsky P. Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems // International Journal of Artificial Intelligence in Education. 2003. Vol.13. p. 156–169.

13. Бершадский А.М., Бождай А.С., Мкртчян В.С. Принципы построения общедоступной самоадаптирующейся системы дистанционного обучения на основе модели изменчивости и сервис-ориентированной архитектуры // Информационные технологии. 2016. Т. 22. № 2. С. 146–153.

14. Van der Linden W.J. Elements of adaptive testing // Statistical for social and behavioral sciences, Springer Science, Business Media, LLC, 2010. 437 p.

15. Маскаева А.М. Проектирование индивидуальных образовательных траекторий обучающихся // Инициативы XXI века. 2010. № 3. С. 23–24.

Adaptivnaya model' postroeniya individual'nyh obrazovatel'nyh traektoriy pri realizatsii smeshanogo obucheniya. Informatika i obrazovanie. 2017. No. 2. P. 83–86. (in Russ.)

3. Afanas'ev A.N., Voyt N.N., Kanev D.S. Razrabotka avtorskoy intellektual'noy obuchayushchey sistemy. Elektronnoe obuchenie v nepreryvnom obrazovanii. 2016. No. 1 (3). P. 100–104. (in Russ.)

4. Tel'nov Y.F., Kazakov V.A., Kozlova O.A. Dinamicheskaya intellektual'naya sistema upravleniya protsessami v informatsionno-obrazovatel'nom prostranstve vysshih uchebnykh zavedeniy. Otkrytoe obrazovanie. 2013. No. 1 (96). P. 40–49. (in Russ.)

5. Kureychik V.V., Bova V.V. Modelirovanie protsessa predstavleniya znaniy v intellektual'nyh obuchayushchih sistemah na osnove kompetentnogo podhoda. Otkrytoe obrazovanie. 2014. No. 3 (104). P. 42–48. (in Russ.)

6. Bolotova K.P. Razrabotka informatsionnoy sistemy dlya formirovaniya individual'noy obrazovatel'noy traektorii. Elektronnoe obuchenie v nepreryvnom obrazovanii. 2015. T. 1. No. 1 (2). P. 29–33. (in Russ.)

7. Atanov G.A. Modelirovanie uchebnoy predmetnoy oblasti, ili predmetnaya model' obuchemogo. Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo. 2001. Iss. 1. Vol. 4. P. 111–124.

8. Murray T., Blessing Stephen, Ainsworth P. Authoring Tools for Advanced Technology Learning Environments: Toward Cost Effective Adaptive, Interactive and Intelligent Educational Software. 2013. 557 p. DOI: 10.1007/978-94-017-0819-7

9. Zaytseva L.V., Bul' E.E. Adaptatsiya v komp'yuternykh sistemah na baze strukturizatsii obektov obucheniya. Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo. 2006. 9(1). P. 422–427. (in Russ.)

10. Kolyada M.G. Vidy modeley, obuchaemykh v avtomatizirovannykh obuchayushchih sistemah. Iskustvennyy intellekt. 2008. No. 2. P. 28–33.

11. Rastrigin L.A. Adaptivnoe obuchenie s model'yu obuchaemogo. Riga: Zinatne. 1988. 160 p. (in Russ.)

12. Brusilovsky P. Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems. International Journal of Artificial Intelligence in Education. 2003. Vol.13. P. 156–169.

13. Bershadskiy A.M., Bozhday A.S., Mkrtychyan V.S. Printsipy postroeniya obshchedostupnoy samoadaptiruyushcheysya sistemy distantsionnogo obucheniya na osnove modeli izmenchivosti i servis-orientirovannoy arhitektury. Informatsionnye tekhnologii. 2016. Vol. 22. No. 2. P. 146–153. (in Russ.)

14. Van der Linden W.J. Elements of adaptive testing. Statistical for social and behavioral sciences, Springer Science, Business Media, LLC, 2010. 437 p.

15. Maskaeva A.M. Proektirovanie individual-nih obrazovatel'nykh traektorii obuchayushchih// Iniciativi XXI veka. 2010. No. 3. P. 23–24. (in Russ.)

16. Гура В.В. Теоретические основы педагогического проектирования личностно-ориентированных электронных образовательных ресурсов и сред. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ. 2007. 320 с.
17. Гаевой В.А., Захаров Д.Ю. Подход к построению адаптивной системы управления обучением // Открытое образование. 2014. № 1(102). С. 65–69.
18. Hicks K. Understanding The Top Learning Management Systems URL: <http://www.edudemic.com/the-20-best-learning-management-systems/> (дата обращения 11.06.2017)
19. Вайнштейн Ю.В., Есин Р.В., Цибульский Г.М. Адаптивные обучающие ресурсы как средство повышения квалификации педагогических кадров // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. 2017. № 2. С. 52–55.
20. Анисова Т.Л. Адаптивная система обучения математике как средство формирования математических компетенций учащихся вузов и оценки степени их достижения // Фундаментальные исследования. 2012. № 3. С. 265–268.
21. Булебаев Д.А., Катранов А.Г., Морозов А.В. Формирование компетенций в курсе математики // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2015. № 648. С. 192–201.

16. Gura V.V. Teoreticheskie osnovy pedagogicheskogo proektirovaniya lichnostno-orientirovannykh ehlektronnykh obrazovatel'nykh resursov i sred. Rostov-on-Don: Izd-vo YUFU. 2007. 320 P. (in Russ.)
17. Gaevoy V.A., Zaharov D.Yu. Podhod k postroeniyu adaptivnoy sistemy upravleniya obucheniem. Otkrytoe obrazovanie. 2014. No. 1(102). P. 65–69. (in Russ.)
18. Hicks K. Understanding The Top Learning Management Systems. URL: <http://www.edudemic.com/the-20-best-learning-management-systems/> (accessed: 11.06.2017)
19. Vainshtein Yu.V., Esin R.V., Tsibul'skiy G.M. Adaptivnye obuchayushchie resursy kak sredstvo povysheniya kvalifikatsii pedagogicheskikh kadrov. Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.P. Astaf'eva. 2017. No. 2. P. 52–55. (in Russ.)
20. Anisova T.L. Adaptivnaya sistema obucheniya matematike kak sredstvo formirovaniya matematicheskikh kompetencii uchashihsya vuzov i ocenki stepeni ih dostizheniya. Fundamentalnie issledovaniya. 2012. No. 3. P. 265–268. (in Russ.)
21. Bulekbaev D.A., Katranov A.G., Morozov A.V. Formirovanie kompetencii v kurse matematiki. Trudi Voenno-kosmicheskoi akademii im. A.F. Mojaiskogo. 2015. No. 648. P. 192–201. (in Russ.)

Сведения об авторах

Юлия Владимировна Вайнштейн

К.т.н., доцент, кафедра Прикладной математики и компьютерной безопасности Института космических и информационных технологий Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
Эл. почта: julia_ww@mail.ru

Виктория Анатольевна Шершнева

Д.п.н., профессор, кафедра Прикладной математики и компьютерной безопасности Института космических и информационных технологий Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
Эл. почта: vshershneva@yandex.ru

Роман Витальевич Есин

Ассистент, кафедра Прикладной математики и компьютерной безопасности Института космических и информационных технологий Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
Эл. почта: surgeon14@mail.ru

Татьяна Викторовна Зыкова

К.ф.-м.н., доцент, кафедра Прикладной математики и компьютерной безопасности Института космических и информационных технологий Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
Эл. почта: zykovatv@mail.ru

Information about the authors

Yuliya V. Vainshtein

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department of Applied Mathematics and Computer Safety of the Institute of Space and Information Technologies Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: julia_ww@mail.ru

Victoria A. Shershneva

Dr. Sci. (Ped.), Professor, Department of Applied Mathematics and Computer Safety of the Institute of Space and Information Technologies Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: vshershneva@yandex.ru

Roman V. Esin

Assistant, Department of Applied Mathematics and Computer Safety of the Institute of Space and Information Technologies Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: surgeon14@mail.ru

Tatyana V. Zyкова

Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor, Department of Applied Mathematics and Computer Security of the Institute of Space and Information Technologies Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: zykovatv@mail.ru

Применение методов интеллектуального анализа данных для реализации рефлексивной адаптации в системах e-learning¹

В последние годы технологии электронного обучения (e-learning) стремительно набирают обороты в своем развитии. В связи с этим актуальными становятся вопросы, связанные с повышением качества программного обеспечения виртуальных образовательных систем: увеличение срока непрерывной эксплуатации программ, повышение их надежности и гибкости. Перечисленные характеристики напрямую зависят от способности программной системы адаптироваться к изменениям в предметной области, условиям внешней среды и особенностям пользователей. В ряде случаев такая способность сводится к своевременной оптимизации программой собственных интерфейсов и структур данных. В настоящее время известно несколько подходов к созданию механизмов самооптимизации программных систем, но все они отличаются недостаточной степенью формализованности и, как следствие, универсальности. Целью данной работы является разработка основ технологии самооптимизации программных систем в составе e-learning. В основе предлагаемой технологии лежит сформулированный и формализованный принцип рефлексивной адаптации программного обеспечения, применимый к широкому классу программных систем и основанный на выявлении новых знаний в поведенческой продукции системы.

Для решения поставленной задачи применялись методы интеллектуального анализа данных. Интеллектуальный анализ данных позволяет находить закономерности в функционировании программных систем, которые могут быть неочевидными на этапе их разработки. Нахождение таких закономерностей и последующий их анализ позволят реорганизовать структуру системы более оптимальным образом и без вмешательства человека, что

позволит продлить жизненный цикл программного обеспечения и снизить затраты на его сопровождение. Достижение данного эффекта имеет важность для систем e-learning, поскольку они являются достаточно дорогостоящими.

К основным результатам работы следует отнести: предложение классификацию механизмов адаптации программного обеспечения, учитывающую новейшие тенденции в IT-сфере в целом и сфере e-learning в частности; формулирование и формализацию принципа рефлексивной адаптации в программных системах, применимого к широкому классу прикладных программ; разработку универсального архитектурного шаблона программной системы, ориентированной на реструктуризацию в процессе эксплуатации; алгоритм самооптимизации пользовательского интерфейса программной системы на основе методов интеллектуального анализа данных.

Разработка теоретических основ автоматической реорганизации программного обеспечения e-learning позволит повысить гибкость виртуальной образовательной среды и увеличить срок ее непрерывной эксплуатации. В отличие от существующих аналогов, предлагаемые в статье методы являются универсальными и применимы к широкому классу прикладных программ. Данное обстоятельство является актуальным для систем электронного обучения, поскольку входящие в их состав подсистемы могут иметь различный тип и назначение (например, компонентами одной системы могут быть виртуальные тренажеры и информационно-библиотечное обеспечение).

Ключевые слова: адаптация, виртуальная образовательная среда, e-learning, информационные системы.

A.S. Bozhday, Y.I. Evseeva, A.A. Gudkov

Penza State University, Penza, Russia

Data mining methods application in reflexive adaptation realization in e-learning systems

In recent years, e-learning technologies are rapidly gaining momentum in their evolution. In this regard, issues related to improving the quality of software for virtual educational systems are becoming topical: increasing the period of exploitation of programs, increasing their reliability and flexibility. The above characteristics directly depend on the ability of the software system to adapt to changes in the domain, environment and user characteristics. In some cases, this ability is reduced to the timely optimization of the program's own interfaces and data structure. At present, several approaches to creating mechanisms for self-optimization of software systems are known, but all of them have an insufficient degree of formalization and, as a consequence, weak universality. The purpose of this work is to develop the basics of the technology of self-optimization of software systems in the structure of e-learning. The proposed technology is based on the formulated and formalized principle of reflexive adaptation of software, applicable to a wide class of

software systems and based on the discovery of new knowledge in the behavioral products of the system.

To solve this problem, methods of data mining were applied. Data mining allows finding regularities in the functioning of software systems, which may not be obvious at the stage of their development. Finding such regularities and their subsequent analysis will make it possible to reorganize the structure of the system in a more optimal way and without human intervention, which will prolong the life cycle of the software and reduce the costs of its maintenance. Achieving this effect is important for e-learning systems, since they are quite expensive.

The main results of the work include: the proposed classification of software adaptation mechanisms, taking into account the latest trends in the IT field in general and in the field of e-learning in particular; Formulation and formalization of the principle of reflexive adaptation in software systems applicable to a wide class of applied programs; The development of a universal architectural template of the software

¹Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-07-01553.

system, oriented to restructuring in the process of operation; Algorithm for self-optimization of the user interface of the software system based on methods of data mining.

The development of the theoretical basis for the automatic reorganization of e-learning software will increase the flexibility of the virtual educational environment and increase the period of its exploitation. Unlike existing analogues, the methods proposed in the article are

universal and applicable to a wide class of applied programs. This is relevant for e-learning systems, because their may have a different types and purposes (for example, virtual simulators and information library software may be components of one system).

Keywords: Adaptation, virtual educational environment, e-learning, information systems.

Введение

Очень востребованные и широко используемые на сегодняшний день системы электронного обучения (e-learning) являются достаточно дорогостоящими. По этой причине необходимо, чтобы они имели длительный жизненный цикл, а следовательно, могли приспосабливаться к изменениям в предметной области и окружающей среде, а также способствовали экономии времени и ресурсов, затрачиваемых на сопровождение. Выбор методов для реализации адаптивности в системах электронного обучения — первоочередная задача, решение которой позволит в дальнейшем разработать более совершенные технологии проектирования таких систем.

Проведенный анализ адаптивного программного обеспечения позволил выделить 4 основных механизма адаптации в программных системах. Характеристики механизмов представлены в табл. 1.

Runtime-адаптация осуществляется программной системой в процессе ее функционирования и характеризуется относительной быстротой реструктуризации программы. Наиболее часто адаптацией по runtime-типу характеризуются системы-тренажеры: собирая данные об обучаемом в процессе выполнения, они без существенных задержек в функционировании программы формируют индивидуальную траекторию обучения. Другая область возможного применения моделей времени выполнения — построение так называемых самовосстанавливающихся систем [1, 2]. Такие

системы должны контролировать собственную надежность и безопасность, а также быть способными автоматизировать задачи, которые зачастую приводят к сбоям системы и требуют внимания специалистов.

Реализация крупных образовательных сред (виртуальных, университетов, лабораторий, технопарков) требует повышенной отказоустойчивости, а следовательно, и включения в них механизмов самовосстановления.

Успешной реализацией runtime-адаптации в e-learning можно считать проект Smart Sparrow, используемый рядом австралийских университетов и школ [3].

Адаптация предметной области используется преимущественно в информационных системах и системах поддержки принятия решений (СППР). От runtime-адаптации она отличается, во-первых, обязательным участием пользователя (проектировщика или эксперта) при внесении изменений в модели предметной области, а во-вторых, необходимостью временного выво-

да из эксплуатации модифицируемой системы. Впервые данный тип адаптации был применен в ERP-системах, называемых также системами управления ресурсами предприятия [4, 5].

Адаптация предметной области активно применяется в системах e-learning. К числу таких систем относится, например, используемая в немецком Институте Бизнес-информатики платформа электронного обучения OpenUSS [6].

Рефлексивная адаптация характеризуется наличием и сочетанием черт механизмов адаптации предыдущих рассмотренных типов. Как и runtime-адаптация, она не требует существенного участия эксперта для самомодификации системы, а также вывода модифицируемой системы из эксплуатации. Однако, как и в случае с адаптацией предметной области, ей необходимо определенное время для анализа текущего состояния программы и подготовки рекомендаций о ее последующей реструктуризации. В отличие от runtime-адаптации, рефлекс-

Таблица 1

Характеристики механизмов адаптации в программных системах

Механизм адаптации	Используемые модели	Используемые методы
Адаптация предметной области	Модели предметной области	Методы инженерии знаний
Рефлексивная адаптация	Модели самонаблюдения	Методы интеллектуального анализа данных, динамического анализа программного кода
Runtime-адаптация	Модели времени выполнения	Методы искусственного интеллекта, работающие с малыми объемами данных и характеризующиеся относительным быстродействием
Адаптация на основе наблюдения за информационной средой	Модели наблюдения за внешней средой	Методы работы с большими данными (Big Data)

сивная адаптация не приводит к автоматической самомодификации в процессе выполнения. Ее основным назначением является “offline”-анализ поведения системы за счет использования информации о ее внутреннем устройстве и формирование на его основе решений о возможной реструктуризации.

Элементы рефлексивной адаптации успешно реализованы в системе электронного обучения WebCT, разработанной и впервые внедренной в Университете Британской Колумбии [7]. В WebCT реализован механизм Web Mining — оптимизации интерфейса в соответствии с запросами пользователя.

Адаптация на основе наблюдения за информационной средой является пока что слабо проработанным механизмом реализации адаптивного поведения в программных системах, и большая часть работ в данном направлении посвящена в основном перспективам использования технологии Big Data в построении адаптивных систем подобного плана [8]. Основная идея, лежащая в основе этого механизма адаптации, заключается в использовании различных методов сбора и анализа большого количества данных, относящихся к предметной области программной системы, и последующей реструктуризации системы на основе полученных в результате анализа выводов. Вопрос об успешной реализации данного механизма адаптации в системах электронного обучения в настоящее время является дискуссионным [9].

Существует определенное количество научных работ, посвященных практической реализации тех или иных адаптаций. Так, runtime-адаптации посвящены работы [10, 11, 12, 13], рефлексивной адаптации — работы [14, 15, 16, 17] и адаптации предметной области — работы [18, 19, 20]. Однако

все они объединены одним серьезным недостатком: отсутствием фундаментальных математических моделей, методов и принципов, характеризующих тот или иной адаптивный механизм. По этой причине до сих пор не были созданы методы адаптации, применимые к широкому классу программного обеспечения. Эта проблема особенно актуальна для систем электронного обучения, поскольку в их состав могут входить подсистемы различного типа и назначения (например, виртуальные тренажеры и информационные системы). Целью данной работы является формулирование и формализация принципа рефлексивной адаптации, а также разработка метода рефлексивной самооптимизации пользовательского интерфейса, применимого к широкому классу систем. Дальнейшим развитием идей, заложенных в данной работе, будет создание и обобщение новых универсальных моделей и методов реализации адаптивного поведения в системах e-learning.

1. Рефлексивная адаптация виртуальной образовательной среды

Рефлексивная адаптация может быть реализована в обучающих системах, в частности, виртуальных тренажерах. Протоколирование поведения различных пользователей на протяжении определенного промежутка времени и последующий анализ полученных данных позволит устранить из поведения тренажера проблемные моменты. Примером может послужить виртуальный медицинский тренажер для проведения операции лапароскопии. Ход работы подобных тренажеров обычно разделен на несколько этапов (наложение пневмоперитонеума, ввод троакара для оптического инструмента, осмотр органов по строго отработанной схеме и

т.д.), каждый из которых характеризуется собственным уровнем сложности. Протоколирование того, как различные пользователи проходят различные этапы операции, позволит определить, не является ли сложность некоторых отдельных этапов неадекватно завышенной или заниженной, а затем автоматически внести исправления в структуру тренажера.

Другое назначение рефлексивной адаптации в виртуальных образовательных средах — предоставить обучаемому максимально комфортные условия для усвоения учебного материала. Примером рефлексивной адаптации такого типа может служить оптимизация пользовательского интерфейса. В качестве данных, используемых механизмом адаптации, выступают протоколы взаимодействия обучаемого с интерфейсами обучающей системы. Например, в состав некоторой виртуальной образовательной среды включена информационная библиотечная система. Главное меню этой системы включает в себя пункты, соответствующие группам литературных источников по основным направлениям обучения (математика, машиностроение, юриспруденция и т.д.). Тем не менее, протоколирование поисковых запросов пользователей в информационной системе может выявить отсутствие ссылок на группы источников по отдельным направлениям (например, робототехнике). Механизм рефлексивной адаптации способен выявить этот недостаток и автоматически исправить его.

Как показывает практика, гибкость архитектуры оказывает огромное влияние на способность программы адаптироваться к изменениям и усложнениям. Гибкая архитектура — это, как правило, результат детального моделирования и тщательного выбора проектных решений.

Построение универсального шаблона гибкой архитектуры для абсолютно всех возможных в реализации программных систем вряд ли является выполнимой задачей. Однако, если рассматривать организацию системы только с точки зрения интересующих свойств (например, адаптивности), можно создать архитектурный шаблон, позволяющий проектировать программы, оптимальные именно с позиции рассматриваемого свойства.

На рис. 1 приведена упрощенная архитектурная модель адаптивной системы. Основная идея предлагаемой модели заключается в том, что компоненты каждого из существующих архитектурных уровней будут собственным образом реагировать на необходимость в реорганизации.

Интерфейсный уровень архитектуры содержит объекты-интерфейсы, предназначенные для взаимодействия с конечным пользователем. Уровень данных объединяет используемую в работе системы информацию (например, информацию из баз данных). Уровень функционалов включает в себя 3 уровня: уровень функционалов предметной области (программные операции, выполняемые отдельными объектами предметной области); уровень операционных функционалов (распределяют задачи между объектами предметной области); уровень инфраструктурных функционалов (обеспечивают непосредственную техническую поддержку для верхних уровней).

Наибольший интерес представляют модели предметной области. Благодаря специализированным предметно-ориентированным языкам, конечный пользователь системы видит их как цельные понятия предметной области. Однако окружающей архитектурной средой эти понятия представляют собой комбинацию

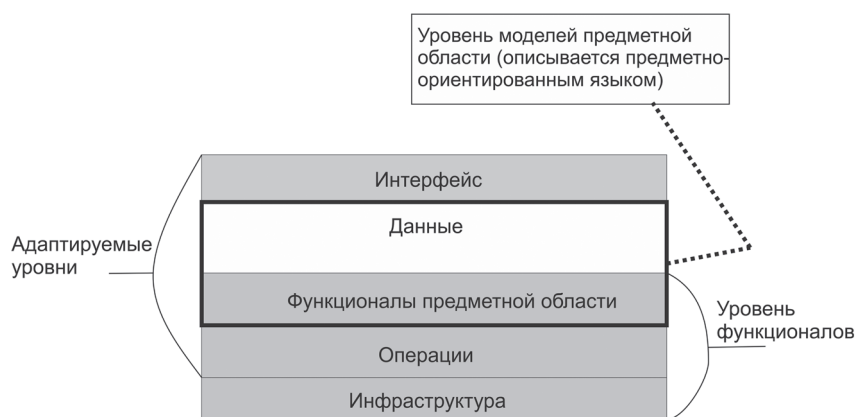


Рис. 1. Архитектурные уровни адаптивной информационной системы

компонентов 2 смежных уровней – уровня данных и уровня функционалов. С этой точки зрения, модели предметной области являются аналогами классов в объектно-ориентированном проектировании, однако в предлагаемой модели разделение между функциональным уровнем и уровнем данных акцентируется и в том случае, когда речь идет о цельном понятии предметной области. Это связано с тем фактом, что функционалы и данные различным образом реагируют на необходимость в изменениях.

Для рассмотренной ориентированной на самомодификацию архитектуры механизм рефлексии определяется следующим соотношением:

$$S_A = A(S, L(S, V)) \quad (1)$$

где S_A – модифицированная структура системы; A – функция анализа поведенческой продукции системы и модификации ее первоначальной структуры; L – функция вычисления поведенческой продукции системы; S – исходная структура системы (включает совокупность объектов адаптируемых уровней архитектуры); V – совокупность внешних воздействий на адаптируемые объекты.

Применительно к S также справедливо

$$S = \{I, D, F_A, M\},$$

где I – множество объектов

уровня интерфейсов; D – множество объектов уровня данных; $F_A = F \setminus F_I = \{F_D, F_O\}$ – множество адаптируемых функционалов; M – множество объектов предметной области. К адаптируемым функционалам относятся функционалы уровня предметной области (F_D) и функционалы операционного уровня (F_O). Функционалы уровня инфраструктуры (F_I) не являются адаптируемыми объектами.

Множество объектов предметной области представляет собой неориентированный гиперграф

$$M = \{W_D, W_F, E\},$$

где W_D – множество вершин, отображающих используемые структуры данных (точки на уровне данных рис. 2); W_F – множество вершин, отображающих функционалы предметной области; E – семейство непустых подмножеств множества $W_D \cup W_F$ (цельных объектов предметной области).

Следует отметить, что адаптация уровня целостных объектов предметной области не сводима к адаптации отдельных компонентов этих объектов (функционалов и данных). Помимо оптимизации функционалов и данных, она включает в себя также изменение структуры целостного объекта. Изменение структуры объектов реализуется через операции над гиперграфом M .

2. Реализация рефлексивной адаптации методами интеллектуального анализа данных

В качестве примера рефлексивной адаптации рассмотрим самооптимизацию пользовательского интерфейса. Поскольку создание пользовательского интерфейса представляет собой задачу, решаемую человеком (разработчиком программного обеспечения или дизайнером), нет абсолютной гарантии того, что разработанный интерфейс будет оптимальным для всех категорий пользователей.

Рефлексию объектов уровня интерфейсов можно определить следующим образом:

$$I_A = A(I, L_I(S, V)), \quad (2)$$

где I_A — адаптированная структура системы на уровне интерфейсов; L_I — функция сбора информации о функционировании интерфейсов на некотором временном промежутке.

На рис. 2 представлена схема пространства интерфейсов. Как видно из рисунка, пространство интерфейсов организовано иерархическим образом. Сплошными линиями изображены отношения агрегации между элементами, пунктирными — отношения вызова. Примеры отношения вызова — отображение дочернего окна при нажатии на пункт меню, переход по гиперссылке на другую страницу веб-сайта.

Таким образом, пространство интерфейсов можно представить как кортеж из 2 множеств:

$$I = (C, B).$$

Множество C описывает структуру пространства на уровне элементов:

$$C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_m\},$$

$$C_i = (T_i, P_i, DB_i, FB_i) \quad \forall i = 1, \dots, m,$$

где m — число элементов интерфейса; $T_i = 0|1$ — тип i -го интерфейса (элемент-кон-

тейнер, используемый только для отображения или вызова дочерних интерфейсов, или функционирующий элемент, связанный с определенными функционалами); P_i — множество параметров i -го интерфейса (например, ширина и высота окна); $DB_i \subseteq D$ — множество идентификаторов связанных с i -м интерфейсом данных; $FB_i \subseteq F$ — множество идентификаторов связанных с i -м интерфейсом функционалов.

Для оценки оптимальности создаваемых интерфейсов следует воспользоваться вычислением и анализом пользовательских шаблонов навигации. Пользовательский шаблон навигации представляет собой одну из наиболее часто используемых траекторий перемещения пользователя программной системы в пространстве интерфейсов. Для сбора информации о траекториях можно использовать запись пользовательских действий в лог-файл, для анализа и выявления навигационных шаблонов — методы нахождения последовательных шаблонов.

Для анализа поведенческой продукции системы будем использовать алгоритм AprioriALL. На вход алгоритму AprioriALL поступает лог-файл, протоколирующий действия пользователя с системой. В качестве выходных данных выступает список пользовательских шаблонов навигации.

Предлагаемый алгоритм самомодификации пользовательского интерфейса, основанный на технологии интеллектуального анализа данных, содержит следующие шаги:

1. Считывание списка исходного набора данных из файла.

2. Формирование списка пользовательских шаблонов навигации с помощью алгоритма AprioriALL. Список шаблонов навигации будет иметь вид

$$A = \{A_1, A_2, \dots, A_z\}, \quad z = 1, \dots, f,$$

$$A_i = \{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{ik}\},$$

$$A_{ij} = (id_j, idF_j, idD_j, v_j) \quad \forall j = 1, \dots, k_i,$$

где f — число шаблонов; k_i — число элементов i -го шаблона; $id_j \in P_j$ — идентификатор интерфейса j -го элемента i -го шаблона; $idF_j \in FB_j$ — идентификатор задействованного в операции над j -м интерфейсом i -го шаблона функционала; $idD_j \in DB_j$ — идентификатор задействованного в операции над j -м интерфейсом i -го шаблона объекта данных; $v_j \in V_i$ — связанная с воздействием на j -й интерфейс i -го шаблона информация (пользовательские действия).

3. Цикл по шаблонам, $s = 1, \dots, f$.

4. Внутренний цикл по шаблонам, $r = s + 1, \dots, f$.

5. Просмотр очередного шаблона A_r и проверка на то, является ли он схожим с шаблоном A_s . Для определения схожести шаблонов определяются совпадающие в обоих шаблонах подпоследовательности и оценивается порядок их следования. В схожих шаблонах порядок следования идентичных подпоследовательностей должен совпадать. Шаблоны можно считать достаточно схожими, если число элементов, не входящих в идентичные подпоследовательности, не превышает определенного порога.

6. Если A_s и A_r являются схожими шаблонами, то осуществляется их «слияние» — формирование на первом общем для шаблонов интерфейсе-контейнере нового дочернего интерфейса, реализующего совпадающую функциональность шаблонов и использующего общие данные. В процессе выполнения операций, связанных с новым интерфейсом, осуществляется обращение к интерфейсам, входящим в неидентичные подпоследовательности, для получения необходимых данных. Если A_s не является схожим шаблоном, то осуществляется переход к пункту 8.

7. Поиск элементов из совпадающих подпоследова-

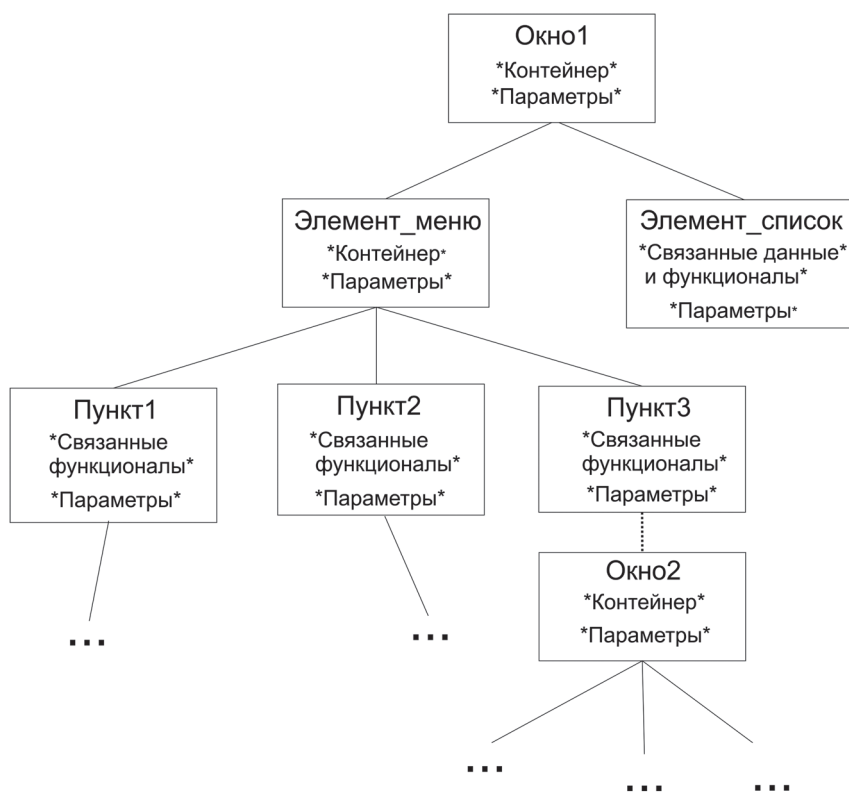


Рис. 2. Схема пространства интерфейсов

тельностью в других шаблонах списка. Если какой-либо элемент не встречается в других шаблонах, то принимается решение о том, что данный элемент является редко используемым. Редко используемый элемент становится скрытым элементом.

8. Завершение внутреннего цикла по шаблонам. Если еще есть непросмотренные шаблоны, переход к пункту 5, если нет – к пункту 9.

9. Если для шаблона A_i не были найдены схожие шаблоны, осуществляется оптимизация интерфейса на основе информации, содержащейся в A_i .

На первом интерфейсе-контейнере шаблона формируется новый дочерний интерфейс, реализующий функциональность и работающий с данными всего шаблона.

10. Завершение внешнего цикла по шаблонам.

11. Завершение работы алгоритма.

Предлагаемый алгоритм, разработанный в рамках представлений о рефлексивной адаптации программных систем, позволяет решить 2 основные проблемы, возникающие в процессе создания и эксплуатации пользовательских интерфейсов: проблему

недостаточности пространства интерфейсов (отсутствия элементов управления для наиболее часто выполняемых операций) и проблему избыточности (наличие элементов, реализующих «несамостоятельную» функциональность).

Заключение

Предлагаемая в статье идея рефлексивной адаптации и способ ее реализации методами интеллектуального анализа данных позволяет достичь снижения ресурсозатрат на сопровождение информационных систем. Процесс сопровождения программы становится менее ресурсоемким за счет уменьшения в нем участия специалиста. Проблема снижения ресурсозатрат особенно актуальна для дорогостоящих систем, к числу которых относятся системы e-learning. Адаптация к требованиям конкретного пользователя (или группы пользователей) позволит не только снизить стоимость сопровождения электронной образовательной системы, но и повысить эффективность процесса обучения, предоставляя обучаемому более комфортные условия для усвоения учебного материала. Дальнейшее развитие идеи рефлексивной адаптации позволит существенно повысить гибкость электронных обучающих систем путем улучшения их способности к индивидуальной подстройке под различные категории обучающихся.

Литература

1. Keromytis A.D. Characterizing Software Self-healing Systems // Computer Network Security. Springer. 2007. P. 22–33.
2. Shin M.E., Cooke D. Connector-Based Self-Healing Mechanism for Components of a Reliable System // Workshop on the Design and Evolution of Autonomic Application Software (DEAS 2005). ACM, 2005. P. 1–7.
3. Smart Sparrow. URL: <https://www.smartsparrow.com/> (дата обращения: 22.05.2017).

References

1. Keromytis A.D. Characterizing Software Self-healing Systems. Computer Network Security. Springer. 2007. P. 22–33.
2. Shin M.E., Cooke D. Connector-Based Self-Healing Mechanism for Components of a Reliable System. Workshop on the Design and Evolution of Autonomic Application Software (DEAS 2005). ACM, 2005. P. 1–7.
3. Smart Sparrow. URL: <https://www.smartsparrow.com/> (accessed: 22.05.2017).

4. *Rajan C.A., Baral R.* Adoption of ERP system: An empirical study of factors influencing the usage of ERP and its impact on end user // *IIMB Management Review*. 2015. No. 2. P. 105–117.
5. The Next Evolution of ERP: Adaptive ERP // ERP the Right Way: Changing the game for ERP Cloud implementations URL: <https://gbeaubouef.wordpress.com/2012/09/05/adaptive-erp/> (дата обращения: 14.05.2017).
6. WWU Munster // OpenUSS. URL: <https://www.uni-muenster.de/studium/orga/openuss.html> (дата обращения: 22.05.2017).
7. WebCT. URL: http://www.cuhk.edu.hk/eLearning/c_systems/webct6/ (дата обращения: 22.05.2017).
8. Заметки о Big Data // ЕС-Лизинг URL: http://www.ec-leasing.ru/public/publikatsii/index.php?ELEMENT_ID=39 (дата обращения: 28.04.2017).
9. Big Data in eLearning: The Future of eLearning Industry // eLearning Industry. URL: <https://elearningindustry.com/big-data-in-elearning-future-of-elearning-industry> (дата обращения: 22.05.2017).
10. *Ravindran K., Rabby M.* Software cybernetics to infuse adaptation intelligence in networked systems // *IEEE International Conference on the Network of the Future (NOF)*. Washington: IEEE Computer Society, 2013. P. 1–6.
11. *Wang P., Cai K.Y.* Representing extended finite state machines for SDL by a novel control model of discrete event systems // *Sixth IEEE International Conference on Quality Software (QSIC 2006)*. Washington: Ieee Computer Society, 2006. P. 159–166.
12. *Wang P., Cai K.Y.* Supervisory control of a kind of extended finite state machines // *24th IEEE Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*. Washington: Ieee Computer Society, 2012. P. 775–780.
13. *Patikirikorala T., Colman A., Han J., Wang L.* A systematic survey on the design of self-adaptive software systems using control engineering approaches // *7th International Symposium on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems (IEEE Press)*. Washington: IEEE Computer Society, 2012. P. 33–42.
14. *Lorenzoli, D., Mariani, L., Pezzè, M.* Automatic generation of software behavioural models // *30th international ACM conference on Software engineering*. New York: ACM, 2008. P. 501–510.
15. *Yang, Q., Lü, J., Xing, J., Tao, X., Hu, H., Zou, Y.* Fuzzy control-based software self-adaptation: A case study in mission critical systems // *IEEE 35th Annual Computer Software and Applications Conference Workshops (COMPSACW)*. Washington: IEEE Computer Society, 2011. P. 13–18.
16. *Liu L., Zhou Q., Liu J., Cao Z.* Requirements cybernetics: elicitation based on user behavioural data // *J. Syst. Software*. Amsterdam: Elsevier. 2016.
4. *Rajan C.A., Baral R.* Adoption of ERP system: An empirical study of factors influencing the usage of ERP and its impact on end user. *IIMB Management Review*. 2015. No. 2. P. 105–117.
5. The Next Evolution of ERP: Adaptive ERP. ERP the Right Way: Changing the game for ERP Cloud implementations URL: <https://gbeaubouef.wordpress.com/2012/09/05/adaptive-erp/> (accessed: 14.05.2017).
6. WWU Munster. OpenUSS. URL: <https://www.uni-muenster.de/studium/orga/openuss.html> (accessed: 22.05.2017).
7. WebCT. URL: http://www.cuhk.edu.hk/eLearning/c_systems/webct6/ (accessed: 22.05.2017).
8. Zаметki о Big Data. ES-Lizing URL: http://www.ec-leasing.ru/public/publikatsii/index.php?ELEMENT_ID=39 (accessed: 28.04.2017).
9. Big Data in eLearning: The Future of eLearning Industry. eLearning Industry. URL: <https://elearningindustry.com/big-data-in-elearning-future-of-elearning-industry> (accessed: 22.05.2017).
10. *Ravindran K., Rabby M.* Software cybernetics to infuse adaptation intelligence in networked systems. *IEEE International Conference on the Network of the Future (NOF)*. Washington: IEEE Computer Society, 2013. P. 1–6.
11. *Wang P., Cai K.Y.* Representing extended finite state machines for SDL by a novel control model of discrete event systems. *Sixth IEEE International Conference on Quality Software (QSIC 2006)*. Washington: Ieee Computer Society, 2006. P. 159–166.
12. *Wang P., Cai K.Y.* Supervisory control of a kind of extended finite state machines. *24th IEEE Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*. Washington: Ieee Computer Society, 2012. P. 775–780.
13. *Patikirikorala T., Colman A., Han J., Wang L.* A systematic survey on the design of self-adaptive software systems using control engineering approaches. *7th International Symposium on Software Engineering for Adaptive and Self-Managing Systems (IEEE Press)*. Washington: IEEE Computer Society, 2012. P. 33–42.
14. *Lorenzoli, D., Mariani, L., Pezzè, M.* Automatic generation of software behavioural models. *30th international ACM conference on Software engineering*. New York: ACM, 2008. P. 501–510.
15. *Yang, Q., Lü, J., Xing, J., Tao, X., Hu, H., Zou, Y.* Fuzzy control-based software self-adaptation: A case study in mission critical systems. *IEEE 35th Annual Computer Software and Applications Conference Workshops (COMPSACW)*. Washington: IEEE Computer Society, 2011. P. 13–18.
16. *Liu L., Zhou Q., Liu J., Cao Z.* Requirements cybernetics: elicitation based on user behavioural data. *J. Syst. Software*. Amsterdam: Elsevier. 2016.

17. *Park J.S.* Essence-based, goal-driven adaptive software engineering // *EEE/ACM 4th SEMAT Workshop on General Theory of Software Engineering (GTSE)*. Washington: IEEE Computer Society, 2015. P. 33–38.

18. *Liu C., Jiang C., Hu H., Cai K.Y., Huang D., Yau S.S.* Control-based approach to balance services performance and security for adaptive service based systems (ASBS) // *33rd Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC'09)*. Washington: IEEE Computer Society, 2009. P. 473–478.

19. *Zhou Y., Taolue C.* Software Adaptation in an Open Environment: A Software Architecture Perspective. Boca Raton: CRC Press, 2017.

20. *Lemos R.* Software Engineering for Self-Adaptive Systems. Berlin: Springer, 2009.

17. *Park J.S.* Essence-based, goal-driven adaptive software engineering. *EEE/ACM 4th SEMAT Workshop on General Theory of Software Engineering (GTSE)*. Washington: IEEE Computer Society, 2015. P. 33–38.

18. *Liu C., Jiang C., Hu H., Cai K.Y., Huang D., Yau S.S.* Control-based approach to balance services performance and security for adaptive service based systems (ASBS). *33rd Annual IEEE International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC'09)*. Washington: IEEE Computer Society, 2009. P. 473–478.

19. *Zhou Y., Taolue C.* Software Adaptation in an Open Environment: A Software Architecture Perspective. Boca Raton: CRC Press, 2017.

20. *Lemos R.* Software Engineering for Self-Adaptive Systems. Berlin: Springer, 2009.

Сведения об авторах

Александр Сергеевич Бождай

Д.т.н., профессор кафедры «Системы автоматизированного проектирования»

*Пензенский государственный университет,
Пенза, Россия*

Эл. почта: bozhday@yandex.ru

Юлия Игоревна Евсеева

К.т.н., ассистент кафедры «Системы автоматизированного проектирования»

*Пензенский государственный университет,
Пенза, Россия*

Эл. почта: shymoda@mail.ru

Алексей Анатольевич Гудков

К.т.н., доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования»

*Пензенский государственный университет,
Пенза, Россия*

Эл. почта: alexei.gudkov@gmail.com

Information about the authors

Alexandr S. Bozhday

*Dr. Sci. (Eng.), professor of the department
«Computer Aided Design»*

*Penza State University,
Penza, Russia*

E-mail: bozhday@yandex.ru

Yulia I. Evseeva

*Cand. Sci. (Eng.), assistant of the department
«Computer Aided Design»*

*Penza State University,
Penza, Russia*

E-mail: shymoda@mail.ru

Alexey A. Gudkov

*Cand. Sci. (Eng.), associate professor of the department
«Computer Aided Design»*

*Penza State University,
Penza, Russia*

E-mail: alexei.gudkov@gmail.com

Концептуальная модель DFD-технологии

Наличие большого количества моделей и методов структурного моделирования бизнес-процессов и систем сделало актуальной разработку унифицированного языка структурного анализа и проектирования, пригодного для моделирования как организационно-управленческих, так и программных систем (по аналогии с UML, решающим подобную задачу в рамках объектно-ориентированного проектирования систем).

В статье предлагается проект такого языка, базирующегося на диаграммах потоков данных (DFD-диаграммах) как средстве, наиболее часто применяемом при функциональном структурном моделировании.

В рамках работ в данном направлении предлагается концептуальная модель языка, названного DFD-технологией, интегрирующая структурные модели различных назначений на базе DFD-диаграммы, и позволяющая отражать функциональные, информационные и поведенческие аспекты моделируемого объекта.

Также в статье анализируются синтаксис, семантические и прагматические аспекты введенного унифицированного языка моделирования.

Для формального описания синтаксиса предлагается применять аппарат смешанных грамматик, являющихся комбинацией графовых и обычных грамматик. В статье дается описание грамматики, порождающий простейший диалект DFD-технологии, неформально описаны семантические аспекты языка, в частности семантика отношений между объектами языка.

Таким образом, в статье предложено решение задачи унификации и стандартизации структурных языков моделирования, базирующееся на интегрированной DFD-технологии. Построена концептуальная модель технологии, детально описан синтаксис унифицированного языка с использованием аппарата смешанных грамматик, рассмотрены семантические аспекты языка.

Следует отметить, что предложенные в статье методы и модели занимают одно из центральных мест в современной теории бизнес-процессов.

Ключевые слова: язык структурного моделирования, DFD-технология, графовая и смешанная грамматики, синтаксис и семантика языка моделирования.

Georgiy N. Kalyanov

Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The conceptual model of DFD-technology

The presence of large number of models and methods for structural modeling of business processes and systems has made urgent the development of standardized language for structural analysis and design, suitable for modeling as organizational management, and software systems (similar to UML for the object-oriented systems' design).

The paper proposes a draft of such a language based on data flow diagrams (DFD diagrams) as the most frequently used in functional structural modeling.

As part of the work in this direction a conceptual model language is proposed, named DFD-technology, integrating structural models for different purposes based on DFD-diagrams, and reflecting functional, informational and behavioral aspects of the modeled object.

The article also analyzes the syntax, semantic and pragmatic aspects of the introduced unified modeling language.

For a formal description of the syntax, it is proposed to use the ap-

paratus of the mixed grammars, a combination of graph and regular grammars. The article gives a grammar description to generate a simple dialect of DFD technology, informally described semantic aspects of language, particularly the semantics of relations between objects of the language.

Thus, the paper proposed a solution of unification and standardization problem of structural modeling languages, based on the integrated DFD-technology. The conceptual model of the technology is prepared, the syntax of the standardized language, using the technique of the mixed grammar and the semantic aspects of the language are described in detail.

It should be noted that the proposed methods in the article and models occupy the central place in modern business processes theory.

Keywords: structural modeling language, DFD technology, graph and mixed grammar, syntax and semantics of the modeling language.

1. Введение

Решенная для объектно-го подхода (за счет введения UML — Unified Modeling Language) задача унификации и стандартизации языков моделирования требует своего решения и для структурного подхода. Фактически, насущно необходимым является создание унифицированного языка структурного анализа и проектирования [1, 17], пригодного

для моделирования как организационно-управленческих, так и программных систем, и обладающего следующими характеристиками:

- выразительностью, позволяющей рассматривать систему с различных позиций — функциональной, информационной, поведенческой;
- простотой в понимании и использовании;
- преемственностью в рамках цикла моделирования — от

бизнес-моделей до моделей требований и проектных решений по программным компонентам, поддерживающим процесс решения бизнес-проблем.

2. Концептуальная модель

Предлагаемое решение базируется на DFD-технологии, являющейся наиболее полной в части обладания вышеперечисленными характеристика-

ми среди современных классических структурных подходов (таких как, например, комплексная IDEF-технология, включающая в себя модели IDEF0, IDEF1X, IDEF3 или, так называемая, «методология» ARIS). В качестве альтернативного подхода к решению данной задачи необходимо отметить исследования [2], основанные на онтологических моделях структурных языков.

Для дальнейшего изложения материала необходимо напомнить, что в основе классической DFD-технологии [3, 16] лежат три группы средств моделирования:

- диаграммы, иллюстрирующие функции, которые система должна выполнять, и связи между этими функциями — для этой цели используются собственно диаграммы потоков данных DFD (Data Flow Diagrams), дополненные словарями данных и спецификациями процессов нижнего уровня;

- диаграммы, моделирующие данные и их взаимосвязи — для этой цели используются диаграммы «сущность-связь» ERD (Entity-Relationship Diagrams);

- диаграммы, моделирующие поведение системы — для этой цели используются диаграммы переходов состояний STD (State Transition Diagrams).

Все эти диаграммы содержат графические и текстовые средства моделирования: первые — для удобства демонстрации основных компонент модели, вторые — для обеспечения точного определения ее компонент и связей.

Основой и связующей средой комплексной модели является диаграмма DFD, которая демонстрирует внешние по отношению к системе адресаты и адресанты данных, идентифицирует логические функции (процессы) и группы элементов данных, связывающие одну функцию с другой (потоки), а также идентифицирует нако-

пители (хранилища) данных, к которым осуществляется доступ. Структуры потоков данных и определения их компонент хранятся и анализируются в словаре данных. Каждая логическая функция (процесс) может быть детализирована с помощью DFD нижнего уровня; когда дальнейшая детализация перестает быть полезной, переходят к выражению логики функции при помощи спецификации процесса нижнего уровня (миниспецификации). Содержимое каждого накопителя также сохраняют в словаре данных, модель данных накопителя раскрывается с помощью ERD. В случае построения поведенческой модели DFD дополняется средствами описания зависящего от времени поведения системы, раскрываемыми с помощью STD. Эти связи показаны на рис. 1.

Предлагаемая концептуальная модель DFD-технологии содержит четыре базовых компонента:

- словарь языка;
- синтаксис языка;
- комплект абстрактных семантических правил/процедур;

- аспекты языковой прагматики.

Словарь языка включает три вида основных строительных блоков: объекты, отношения и диаграммы. При этом объекты являются базовыми неделимыми элементами (алфавитом языка), отношения связывают объекты в смысловые блоки (слова), диаграммы группируют слова в «осмысленные» фразы и предложения.

В самом общем виде в языке имеется 3 типа объектов: функциональный объект (процесс, подсистема, миниспецификация, модуль, дискриминатор и др.), информационный объект (внешняя сущность, накопитель, информационный канал, сущность, событие, область данных и др.) и поведенческий объект (управляющий процесс, состояние и т.п.).

Отношения между объектами определяют их взаимодействие посредством информационных потоков и управляющих сигналов или обеспечивают структурную организацию объектных конгломератов (иерархия, обобщение и т.п.).

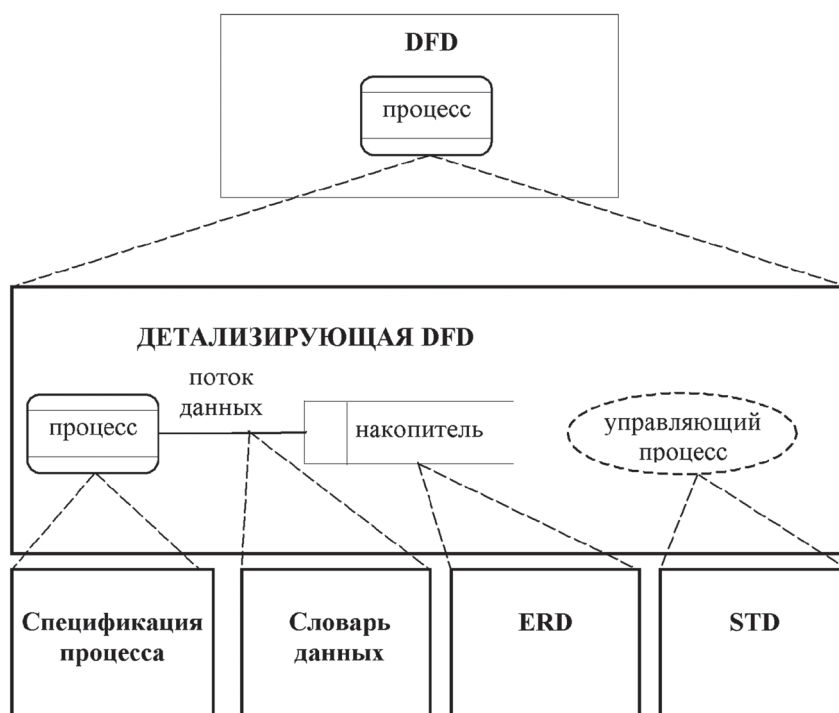


Рис. 1. Схема DFD-технологии

Диаграмма, в свою очередь, является совокупностью слов, представленной в виде направленного графа с вершинами, соответствующими объектам, и ребрами, соответствующими отношениям. Язык включает шесть типов диаграмм:

- контекстная диаграмма;
- диаграмма потоков данных или потоков управления, вторая характеризуется наличием специального поведенческого объекта – управляющего процесса, по сути, являющегося аналогом командного пункта, рассылающего команды объектам-процессам с помощью управляющих потоков;
- миниспецификация (спецификация процесса);
- диаграмма «сущность-связь»;
- диаграмма переходов состояний;
- структурная схема (карта).

Последний тип диаграммы (структурная карта) предназначен для описания модели на последующих этапах (связанных с автоматизацией), является производным (за счет «трансляции» иерархической DFD-модели в плоскую схему), поэтому в данной работе не рассматривается.

3. Синтаксис, семантика и прагматика языка

Синтаксис языка определяет правила формирования слов, фраз и предложений языка.

Семантика языка определяет смысл языковых конструкций и задается посредством введения спецификаций каждого из строительных блоков. При этом спектр методов задания спецификаций различных объектов варьируется от строго формальных (например, специфицирование потока данных с использованием формы Бэкуса-Наура) до формализованных на уровне перечня необходимых атрибутов соответствующего объекта (напри-

мер, задание ограничений на пропускную способность информационного канала). Соответствующие семантические правила позволяют корректно и однозначно определять:

- имена, идентифицирующие объекты
- области действия и видимости имен
- эквивалентность имен
- целостность и согласованность объектов.

Прагматика определяет предметную область (область применения) языковых конструкций – тип модели (функциональная, информационная, поведенческая и др.), объект моделирования (бизнес-модель, организационно-управленческая модель, модель информационной системы и т.п.), этап жизненного цикла объекта (анализ требований, концептуальное и детальное проектирование) и т.д.

Традиционно, для задания синтаксиса визуальных языков используется формализм графовых грамматик [4, 5], являющихся обобщением грамматик Хомского [6] на графы. Графовой грамматикой называется четверка (T, N, P, s) , где T – множество терминальных символов, N – множество нетерминальных символов, P – множество правил вида $L ::= R$ (L – непустая последовательность терминальных и нетерминальных символов, R – произвольная последовательность терминальных и нетерминальных символов), $s \in N$ – начальный символ.

В таких грамматиках роль традиционных символов играют графы/подграфы различных видов. Так в работе [7] анализируются такие графы (а именно, ориентированные графы, мультиграфы, псевдографы, H_i -графы, метаграфы и гиперграфы) на предмет построения адекватного описания синтаксиса диаграммы «сущность-связь».

В то же время в работах [8, 9, 18, 19] была предложена модель DFD-технологии

(включающей комплекс вышеперечисленных диаграммных техник) в виде смешанного графа с различными типами вершин и ребер для адекватного описания организационно-управленческих систем, а также была разработана специальная параллельная атрибутивная порождающая грамматика для бизнес-процесса, позволяющая порождать варианты (сценарии) его исполнения при различных ограничениях.

Для целей данной работы предлагается промежуточный вариант, а именно смешанная грамматика, символами которой могут быть не только графы/подграфы, но и фрагменты визуальных моделей в различных нотациях (в рамках DFD-технологии) вплоть до атомарных символов языка. Это соответствует введению в грамматику двух типов терминальных объектов – детализируемых (псевдотерминальных – терминальных в рамках конкретной диаграммы) и не детализируемых (терминальных символов).

Представим ниже множество правил такой грамматики.

$\langle \text{модель} \rangle ::= \langle \text{контекстная диаграмма} \rangle$

$\langle \text{контекстная диаграмма} \rangle ::= \{ \langle \text{объект} - \text{внешняя сущность} \rangle \{ \langle \text{отношение} - \text{информационный поток} \rangle \} \langle \text{объект} - \text{контекстный процесс} \rangle \{ \{ \langle \text{отношение} - \text{информационный поток} \rangle \} \langle \text{объект} - \text{внешняя сущность} \rangle \}$

$\langle \text{объект} - \text{контекстный процесс} \rangle ::= \langle \text{имя контекстного процесса} \rangle \langle \text{отношение декомпозиции} \rangle \langle \text{диаграмма потоков данных} \rangle$

$\langle \text{имя контекстного процесса} \rangle ::= \langle \text{текстовая строка} \rangle$

$\langle \text{объект} - \text{внешняя сущность} \rangle ::= \langle \text{символ внешней сущности} \rangle \langle \text{имя внешней сущности} \rangle$

$\langle \text{имя внешней сущности} \rangle ::= \langle \text{текстовая строка} \rangle$

$\langle \text{диаграмма потоков данных} \rangle ::= \{ \{ \langle \text{объект} - \text{процесс} \rangle$

{<отношение – информационный поток> <объект – процесс>}} | {<объект – процесс> {<отношение – информационный поток> <объект – хранилище>}} | {<объект – хранилище> {<отношение – информационный поток> <объект – процесс>}} | [(<объект – управляющий процесс> {<отношение – управляющий поток> <объект – процесс>})]

<объект – процесс> ::= <имя процесса> <отношение декомпозиции> (<диаграмма потоков данных> | <миниспецификация>)

<имя процесса> ::= <текстовая строка>

<миниспецификация> ::= <текстовая строка> | <миниспецификация> <текстовая строка>

<объект – управляющий процесс> ::= <имя управляющего процесса> <отношение декомпозиции> <диаграмма переходов состояний>

<имя управляющего процесса> ::= <текстовая строка>

<объект – хранилище> ::= <имя хранилища> <отношение декомпозиции> <диаграмма “сущность-связь”>

<имя хранилища> ::= <текстовая строка>

<отношение – управляющий поток> ::= <символ отношения – управляющий поток> <тип управляющего потока> <имя управляющего потока>

<тип управляющего потока> ::= <литерал>

Вариант правила – <тип управляющего потока> ::= A | B | C

<имя управляющего потока> ::= <текстовая строка>

<отношение – информационный поток> ::= <символ отношения – информационный поток> <имя отношения – информационный поток> <отношение декомпозиции> <БНФ-выражение>

<имя информационного потока> ::= <текстовая строка>

<БНФ-выражение> ::= <выражение в форме Бэкуса-Наура>

<диаграмма “сущность-связь”> ::= {<сущность> |

<сущность> <отношение связи> <сущность> | <сущность> <отношение категоризации> {<сущность>}}

<сущность> ::= <отношение декомпозиции> <имя сущности> <список атрибутов>

<имя сущности> ::= <текстовая строка>

<список атрибутов> ::= (<атрибут> [, <список атрибутов>])

<атрибут> ::= <текстовая строка>

<отношение категоризации> ::= <тип отношения категоризации> <имя отношения категоризации>

<тип отношения категоризации> ::= <литерал>

<имя отношения категоризации> ::= <текстовая строка>

<отношение связи> ::= <тип связи> <имя связи>

<тип связи> ::= “один-к-одному” | “один-ко-многим” | “многие-ко-многим”

<имя связи> ::= <текстовая строка>

<диаграмма переходов состояний> ::= <объект – состояние> {<отношение – переход> <объект – состояние>}

<объект – состояние> ::= <символ объекта – состояния>

<имя объекта – состояния> ::= <текстовая строка>

<отношение – переход> ::= <символ отношения – перехода> <условие> [<действие>]

<условие> ::= <текстовая строка>

<действие> ::= <текстовая строка>

Как упоминалось выше, отношения между объектами разбиваются на два вида:

- связывающие объекты на одном уровне модели (отношение – информационный поток, отношение – управляющий поток, отношение – переход, отношение связи);

- устанавливающие межуровневые связи (отношения декомпозиции различных видов, отношение категоризации).

Семантика отношений первого вида заключается в пере-

даче данных или управления (управляющих сигналов) между объектами конкретного уровня. При этом состав и структура передаваемых данных определяется соответствующим грамматическим правилом. А семантика управляющего потока определяется его типом: поток типа А запускает процесс, поток типа В может как запустить, так и остановить процесс, поток типа С также осуществляет запуск-остановку процесса, но по различным каналам. Для сравнения, аналогом А-потока является кнопка включения света, который горит до тех пор, пока что-либо не произойдет внутри запущенного процесса, например, перегорит, лампочка, аналогом В-потока – традиционный выключатель с функциями включения-выключения света, аналогом С-потока – выключатель с двумя кнопками, одной для включения и другой для выключения света.

Семантика отношений декомпозиции состоит в межуровневой балансировке, т.е. фактически, в увязывании отношений первого вида между уровнями модели, основное правило которого заключается в том, что все отношения первого вида, связанные с детализируемым объектом, должны быть отображены (и привязаны к соответствующим объектам) на детализирующем уровне. Отношение категоризации по сути является классическим отношением обобщения.

Семантика развернутой плоской модели задается на нижнем уровне конечными автоматами, алгоритмическими языками и отношениями реляционной алгебры для описания поведенческих аспектов, функциональности и структуры информационных объектов, соответственно.

В заключении отметим, что предложенная модель является одним из системообразующих элементов современной теории бизнес-процессов [10–15, 18, 20].

Литература

1. *Калянов Г.Н.* Концептуальная модель языка структурного анализа и проектирования // Труды Научной сессии МИФИ-2004. М.: 2004. Т. 3. С. 41–42.
2. *Fiodorov I.G.* Overcoming expressiveness deficit of business process modeling languages // Business Informatics. 2016. № 3 (37). P. 62–71.
3. *Калашьян А.Н., Калянов Г.Н.* Структурные модели бизнеса: DFD-технологии. М.: Финансы и статистика, 2003.
4. *Rekers J., Schuerr A.* A graph grammar approach to graphical parsing // Visual Languages Proc., 11 IEEE Int. Symp., 1995. p. 195–202.
5. *Zhang D.-Q., Zhang K., Cao J.* A context-sensitive graph grammar formalism for the specification of visual languages // The Computer Journal. 2001. Vol. 44. № 3. P. 186–200.
6. *Ахо А., Ульман Д.* Теория синтаксического анализа, перевода и компиляции. М.: Мир, 1978.
7. *Сухов А.О.* Анализ формализмов описания визуальных языков моделирования // Современные проблемы науки и образования (электронный научный журнал). 2012. № 2 URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=5655>.
8. *Калянов Г.Н.* Теория и практика реорганизации бизнес-процессов // М.: СИНТЕГ, 2000.
9. *Калянов Г.Н.* Формальные методы поддержки реорганизации бизнес-процессов // Экономика, статистика и информатика. 2013. № 3. С. 161–165.
10. *Калянов Г.Н.* Модели и методы теории бизнес-процессов (обзор) // Открытое образование. 2015. № 6. С. 4–9.
11. *Калянов Г.Н.* Формальные методы теории бизнес-процессов // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2015. № 11. Том 1. С. 628–632.
12. *Калянов Г.Н.* Теория бизнес-процессов: формальные модели и методы // Экономика, статистика и информатика. 2016. № 4. С. 19–21.
13. *Калянов Г.Н.* Основные направления теории бизнес-процессов // Труды 19-й научно-практической конференции «Инжиниринг предприятий и управление знаниями». М.: 2016. С. 28–30.
14. *Калянов Г.Н.* Теория бизнес-процессов: базовые модели и методы // Труды 15-й Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016. Смоленск: 2016. Том 1. С. 248–254.
15. *Калянов Г.Н.* Современное состояние теории бизнес-процессов // Труды 20-й научно-практической конференции «Инжиниринг предприятий и управление знаниями». М.: 2017. С. 45–47.
16. *Калянов Г.Н.* Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов // М.: Финансы и статистика, 2006.

References

1. *Kalyanov G.N.* Kontseptual'naya model' yazyka strukturnogo analiza i proektirovaniya. Trudy Nauchnoy sessii MIFI-2004. Moscow: 2004. Vol. 3. P. 41–42. (In Russ.)
2. *Fiodorov I.G.* Overcoming expressiveness deficit of business process modeling languages. Business Informatics. 2016. No. 3 (37). P. 62–71. (In Russ.)
3. *Kalashyan A.N., Kalyanov G.N.* Strukturnye modeli biznesa: DFD-tehnologii. Moscow: Finansy i statistika, 2003. (In Russ.)
4. *Rekers J., Schuerr A.* A graph grammar approach to graphical parsing. Visual Languages Proc., 11 IEEE Int. Symp., 1995. P. 195–202. (In Russ.)
5. *Zhang D.-Q., Zhang K., Cao J.* A context-sensitive graph grammar formalism for the specification of visual languages. The Computer Journal. 2001. Vol. 44. No. 3. P. 186–200. (In Russ.)
6. *Akho A., Ul'man D.* Teoriya sintaksicheskogo analiza, perevoda i kompilyatsii. Moscow: Mir, 1978. (In Russ.)
7. *Sukhov A.O.* Analiz formalizmov opisaniya vizual'nykh yazykov modelirovaniya. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya (elektronnyy nauchnyy zhurnal). 2012. No. 2 URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=5655>. (In Russ.)
8. *Kalyanov G.N.* Teoriya i praktika reorganizatsii biznes-protsessov. Moscow: SINTEG, 2000. (In Russ.)
9. *Kalyanov G.N.* Formal'nye metody podderzhki reorganizatsii biznes-protsessov. Ekonomika, statistika i informatika. 2013. No. 3. P. 161–165. (In Russ.)
10. *Kalyanov G.N.* Modeli i metody teorii biznes-protsessov (obzor). Otkrytoe obrazovanie. 2015. No. 6. P. 4–9. (In Russ.)
11. *Kalyanov G.N.* Formal'nye metody teorii biznes-protsessov. Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie. 2015. No. 11. Vol. 1. P. 628–632. (In Russ.)
12. *Kalyanov G.N.* Teoriya biznes-protsessov: formal'nye modeli i metody. Ekonomika, statistika i informatika. 2016. No. 4. P. 19–21. (In Russ.)
13. *Kalyanov G.N.* Osnovnye napravleniya teorii biznes-protsessov. Trudy 19-y nauchno-prakticheskoy konferentsii "Inzhiniring predpriyatiy i upravlenie znaniyami". Moscow: 2016. P. 28–30. (In Russ.)
14. *Kalyanov G.N.* Teoriya biznes-protsessov: bazovye modeli i metody. Trudy 15-y Natsional'noy konferentsii po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem KII-2016. Smolensk: 2016. Vol. 1. P. 248–254. (In Russ.)
15. *Kalyanov G.N.* Sovremennoe sostoyanie teorii biznes-protsessov. Trudy 20-y nauchno-prakticheskoy konferentsii "Inzhiniring predpriyatiy i upravlenie znaniyami". Moscow: 2017. P. 45–47. (In Russ.)
16. *Kalyanov G.N.* Modelirovanie, analiz, reorganizatsiya i avtomatizatsiya biznes-protsessov. Moscow: Finansy i statistika, 2006. (In Russ.)

17. *Калянов Г.Н.* Требования к составу и структуре стандартов в области моделирования бизнес-процессов // Автоматизация в промышленности. 2003. № 4. С. 19–21.

18. *Калянов Г.Н.* Методология синтеза бизнес-процессов // Труды 51 научной конференции МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук». Долгопрудный: 2008. Часть X. С. 44–52.

19. *Калянов Г.Н.* Методы реорганизации бизнес-процессов // Материалы конференции «Управление в технических, эргатических, организационных и сетевых системах» (УТЭОСС-2012). СПб: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор». 2012. С. 1008–1011.

20. *Калянов Г.Н.* Синтез структуры и параметров процессов предприятия как задача управления ИС // Труды 4-й Российской научно-методической конференции «Совершенствование подготовки ИТ-специалистов по направлению “Прикладная информатика” для инновационной экономики». М.: 2008, С. 88–93.

17. *Kalyanov G.N.* Trebovaniya k sostavu i strukture standartov v oblasti modelirovaniya biznes-protsessov. Avtomatizatsiya v promyshlennosti. 2003. No. 4. P. 19–21. (In Russ.)

18. *Kalyanov G.N.* Metodologiya sinteza biznes-protsessov. Trudy 51 nauchnoy konferentsii MFTI “Sovremennye problemy fundamental’nykh i prikladnykh nauk”. Dolgoprudnyy: 2008. Part X. P. 44–52. (In Russ.)

19. *Kalyanov G.N.* Metody reorganizatsii biznes-protsessov. Materialy konferentsii «Upravlenie v tekhnicheskikh, ergaticheskikh, organizatsionnykh i setevykh sistemakh» (UTEOSS-2012). Saint Petersburg: GNTs RF ОАО «Kontsern «TsNII «Elektro-pribor». 2012. P. 1008–1011. (In Russ.)

20. *Kalyanov G.N.* Sintez struktury i parametrov protsessov predpriyatiya kak zadacha upravleniya IS. Trudy 4-y Rossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii “Sovershenstvovanie podgotovki IT-spetsialistov po napravleniyu “Prikladnaya informatika” dlya innovatsionnoy ekonomiki”. Moscow: 2008. P. 88–93. (In Russ.)

Сведения об авторе

Георгий Николаевич Калянов

Д.т.н., профессор, г.н.с.

Института проблем управления РАН, Москва, Россия

Эл. почта: Kalyanov@mail.ru

Тел. (495) 334-91-01

Information about the author

Georgiy N. Kalyanov

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher

Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

E-mail: Kalyanov@mail.ru

Tel. (495) 334-91-01

Web-сервис для интеграции актуальной информации с ведущих МООС-площадок

Цель исследования. В настоящее время особую, «революционную» роль в проникновении онлайн обучения на все этапы образовательного процесса сыграл феномен, называемый МООС (Massive Open Online Course). Сегодня существует множество МООС-площадок, самые масштабные из них: Coursera, edX, Udacity. В связи с большим количеством ресурсов для дополнительного обучения возникает ряд вопросов: «Как выбрать для себя подходящий курс в качестве дополнительного образования, как использовать возможности МООС-платформ для повышения качества образовательного процесса в ВУЗе, как минимизировать время поиска нужного курса на различных платформах?». Целью работы является создание единого информационно-справочного ресурса, позволяющего интегрировать актуальную информацию с различных МООС-площадок, для сокращения времени поиска подходящего для пользователя онлайн-курса, а также для повышения информированности о новых курсах и востребованных специализациях, относящихся к области информационных технологий.

Материалы и методы. Web-сервис реализован как одна из компонент информационно-образовательной среды Института системного анализа и управления. Он нацелен на разные группы пользователей: «мотивированные» студенты, «немотивированные» студенты, преподаватели. В качестве исходных данных для сервиса служит открытая информация о размещенных на

текущий момент онлайн-курсах на МООС-площадках Coursera, edX и Udacity. Каждый проект имеет свой API, который позволяет получить информацию об онлайн-курсах. Так как МООС-площадки не имеют единого словаря, по которому можно проводить поиск, возникает проблема формирования такого словаря. Для этого используется ресурс Stack Exchange (stackexchange.com). Список ключевых слов формируется через API Stack Exchange — выбираются наиболее популярные метки по запросам на сайтах softwareengineering.stackexchange.com и cs.stackexchange.com.

Результаты. В качестве первого этапа реализации было разработано web-приложение, которое позволяет просматривать и фильтровать списки курсов, видеть детальную информацию о курсах.

Заключение. На сегодняшний день в рамках информационно-образовательной среды университета «Дубна» выполнена реализация альфа-версий web-сервиса по сбору и анализу данных о вакансиях специалистов в области информационных технологий с наиболее популярных интернет-ресурсов, и web-сервиса, позволяющего интегрировать информацию об онлайн-курсах с ведущих МООС-площадок.

Ключевые слова: информационно-образовательная среда, дистанционные образовательные технологии, массовые открытые электронные курсы.

Sergey P. Timoshin, Viktoriya V. Belaga

Dubna State University, Dubna, Russia

Web-service for integration of current information from the leading MOOCs

Purpose. A phenomenon called MOOC (Massive Open Online Course) plays a special, “revolutionary” role, introducing of online learning for all stages of the educational process. Today there are a lot of MOOCs, the largest of them: Coursera, edX, Udacity. In connection with the large amount of resources for additional education, a number of questions arise: “How to choose the suitable course as an additional education, how to use the capabilities of MOOCs to improve the quality of the educational process at the university, how to minimize the time for finding the desired course on different platforms?” The purpose of the work is to create a unified information resource that allows you to integrate relevant information from various MOOCs, to reduce the time for finding an appropriate online course for the user, and to raise awareness about new courses and popular specializations, related to information technology.

Materials and methods. Web-service is designed as one of the components of the information-educational environment of the Institute of System Analysis and Management. It is aimed at different groups of users: “motivated” students, “unmotivated” students, and lecturers. The initial data for the service is open information about the current online courses on the MOOCs Coursera, edX and Udacity.

Each project has its own API, which allows you to get information about online courses. Since MOOCs do not have a common vocabulary in order to use it for searching, there is the problem of creating such a dictionary. To do this we use the Stack Exchange resource (stackexchange.com). The list of keywords is formed through the Stack Exchange API — we select the most popular tags on sites softwareengineering.stackexchange.com and cs.stackexchange.com.

Results. As the first stage of implementation, a web application was developed that allows you to view and filter the lists of courses and to see detailed information about the courses.

Conclusion. Today there are alpha-versions of two web-services within the information-educational environment of the Dubna State University. The first one is the web-service for collecting and analyzing data on the vacancies of specialists in the field of information technologies from the most popular Internet resources and the web-service that allows integrating information about online courses from the leading MOOC-sites.

Keywords: information-educational environment, distance learning technologies, mass open electronic courses.

Введение

Быстрое развитие информационно-коммуникационных технологий и повсеместное использование интернета привело к качественному изменению педагогических технологий, используемых во всем мире. Самой популярной формой обучения сегодня становится смешанное обучение, когда наряду с очным образовательным процессом широко используются компьютерные средства обучения: онлайн-курсы, интерактивные практикумы и лабораторные работы, средства компьютерного моделирования и тренажеры [1–4]. Особую, революционную роль в проникновении онлайн обучения на все этапы образовательного процесса сыграл феномен, называемый МООС (Massive Open Online Course). Буквально за 5 лет со времени возникновения наиболее популярные сегодня площадки онлайн курсов Coursera и edX набрали десятки миллионов слушателей со всего мира, а количество курсов от ведущих университетов мира, размещенных на них, перевалило за 6000 [5–7].

Термин МООС появился в 2008 году в результате работы Дэйва Корнье и Брайана Александра над курсом «Connectivism and Connective Knowledge» [8]. С тех пор это направление получило большое развитие и на сегодняшний день существует множество МООС-площадок. Самые масштабные из них:

- Coursera — основан профессорами Стэнфордского университета Эндрю Ыном и Дафной Коллер в 2012 году;
- edX — основан Гарвардским университетом и Массачусетским технологическим институтом в 2012 году;
- Udacity — основан профессором Стэнфордского университета Себастьяном Траном в 2012 году.

Основными причинами популярности МООС являются:

удачный формат курсов, безусловно высокое качество образовательного контента, гибкая ценовая политика, а также то, что любой человек, в любой точке земного шара в любой момент времени может получить доступ к курсам от ведущих специалистов из лучших университетов мира.

Выдающийся физик современности и известный популяризатор науки Митио Каку в одном из своих интервью сказал: «Университетские онлайн-курсы уже существуют, это действительно блестящая идея. Правда, процент бросивших учёбу на таких программах пока очень высок. Это связано с тем, что люди еще не перестроились, не научились работать без наставника по принципу «только ты и монитор компьютера», у них нет высокой мотивации. С другой стороны, онлайн-система только зарождается, ее нужно корректировать. Но развивается и совершенствуется она довольно быстро, и, безусловно, именно за ней образование предстоящих 50 лет» [9].

В России также существуют образовательные платформы, такие как Лекториум, Универсариум, и другие. Особенно хочется отметить образовательную платформу «Открытое образование», предлагающую онлайн-курсы по базовым дисциплинам бакалавриата, изучаемым в российских университетах. Платформа создана Ассоциацией «Национальная платформа открытого образования», учрежденной ведущими университетами — МГУ, СПбПУ, СПбГУ, НИТУ «МИСиС», НИУ «ВШЭ», МФТИ, УрФУ и ИТМО [10].

При наличии такого широкого выбора ресурсов для дополнительного обучения возникает ряд вопросов: «Как выбрать для себя подходящий курс в качестве дополнительного образования, как использовать возможности МООС-платформ для повыше-

ния качества образовательного процесса в ВУЗе, как минимизировать время поиска нужного курса на различных платформах?»

Для решения этих и многих других вопросов в конце 2016 года был принят приоритетный проект «Современная цифровая образовательная среда» [11]. Ключевая цель данного проекта — создание условий для непрерывного образования на базе цифровой платформы онлайн-образования.

Однако уже сегодня можно рассматривать некоторые частные решения, позволяющие упростить поиск онлайн-курсов для студентов вуза, например, на основе web-сервиса для интеграции актуальной информации с ведущих МООС-площадок. В статье рассматривается web-сервис, позволяющий интегрировать информацию с МООС-площадок о курсах, относящихся к области информационных технологий. Эта область выбрана по причине того, что в сети Интернет существует множество источников словарей, использование которых упрощает задачу реализации web-сервиса. Эти словари регулярно обновляются и формируются сообществом экспертов. Сервис реализован как одна из компонент информационно-образовательной среды Института системного анализа и управления.

Информационно-образовательная среда Университета «Дубна»

Одной из основных целей создания информационно-образовательной среды (ИОС) ВУЗа является создание личного пространства пользователя, расширение возможностей индивидуального обучения и повышение мотивации к обучению. Процесс обучения с использованием ИОС должен быть направлен на изучение технологий и приобретение компетенций в конкретной

области, помогая расширить учебный материал за счет курсов внешних образовательных ресурсов. ИОС должна быть адаптивной как по отношению к потребностям пользователей, так и к внешним требованиям на рынке труда и востребованным технологиям [12].

Информационно-образовательная среда Университета «Дубна» объединяет:

- личное пространство учащегося с возможностью выбора и построения индивидуальной стратегии обучения;
- дополнительные сервисы, необходимые для анализа внешних факторов, влияющих на изменения меры востребованности той или иной технологии или вакансии специалистов;
- внешние образовательные ресурсы (находящиеся в свободном доступе в сети Интернет);
- систему дистанционного обучения (СДО), с помощью которой реализован учебный процесс для студентов учебного заведения;
- эксперта, способного установить соответствие между востребованными технологиями, вакансиями специалистов, учебными курсами и программами обучения;
- аппаратно-программный комплекс учебного заведения [13].

Такая информационно-образовательная среда позволяет повысить доступность образовательных ресурсов и эффек-

тивность процесса обучения. На рис. 1 показана структура среды.

Потенциальных пользователей web-сервиса для интеграции актуальной информации с ведущих МООС-площадок с достаточной степенью условности можно разбить на 3 группы:

- «Мотивированные» студенты;
- «Немотивированные» студенты;
- Преподаватели [14–16].

Мотивированный на обучение студент при необходимости может найти информацию о том, какие технологии и позиции существуют в области информационных технологий, и о том, какие позиции востребованы на рынке труда. Предполагается, что у такого студента есть представления о своей собственной стратегии обучения, и он самостоятельно может найти ресурс, позволяющий получить дополнительные необходимые ему компетенции. Агрегатор онлайн курсов для такого студента является хорошим помощником, позволяющим уменьшить время поиска курсов на МООС-площадках.

Для немотивированного студента такой web-сервис поможет создать условия, которые помогут ему лучше ориентироваться в существующих направлениях обучения, а также помогут ему сформировать свою стратегию обучения.

Преподавателям агрегатор онлайн курсов поможет сформировать общую картину обучения на МООС-площадках по интересующим их вопросам без больших временных затрат.

Концепция работы web-сервиса

Разрабатываемый web-сервис можно определить, как «агрегатор», т.к. он содержит информацию с нескольких МООС-площадок. МООС-

площадки активно развиваются — увеличивается объем предлагаемых курсов, изменяются траектории обучения и ценовая политика — разрабатываемый агрегатор позволит отслеживать всю актуальную информацию.

В марте 2013 был принят стандарт «OMG Essence Kernel and Language for Software Engineering Methods» (сущности и язык для методов программной инженерии), который предлагает начинать описание информационной системы с перечисления заинтересованных лиц (стейкхолдеров) системы и тех возможностей, которые система им предоставляет [17].

Стейкхолдеры системы имеют разные цели и соответствующие этим целям разные интересы по отношению к этой системе. Предполагаемых стейкхолдеров агрегатора онлайн-курсов можно разделить на две группы:

- новые пользователи, не знакомые с возможностями, предоставляемыми на МООС-площадках;
- постоянные пользователи МООС.

Перед человеком, не знакомым с онлайн-курсами, встает сразу несколько вопросов:

1. Что такое МООС?
2. Какие сегодня самые популярные курсы в мире по отдельным областям знаний?
3. Где их искать?
4. Какие информационные технологии можно освоить, и какие компетенции можно получить?

МООС-площадки быстро развиваются — улучшаются существующие, появляются новые — пользователю сложно уследить за всеми изменениями. Поэтому для постоянных пользователей МООС-площадок система должна отвечать на следующие вопросы:

1. Какие появились новые курсы по интересующим технологиям и областям знаний?
2. Где их можно пройти?



Рис. 1. Структура ИОС Университета «Дубна»

3. Какие сертификаты можно получить по окончании прохождения курсов?

На все эти вопросы поможет дать ответы система, которая предоставит:

- выбор онлайн-курсов из каталогов разных университетов;
- быстрый поиск по различным параметрам: ключевые слова, язык курса, дата начала и т.д.
- возможность сравнить курсы на основании отзывов и оценок пользователей;
- возможность составить индивидуальный план обучения.

В качестве исходных данных для сервиса служит открытая информация о размещенных на текущий момент онлайн-курсах на MOOC-площадках Coursera, edX и Udacity [18–20]. Каждый проект имеет свой API, который позволяет получить информацию об онлайн-курсах [21–23].

Курсы можно найти по множеству ключевых слов. Так как MOOC-площадки не имеют единого словаря, по которому можно проводить поиск, возникает проблема формирования такого словаря. Для этого используется ресурс Stack Exchange (stackexchange.com).

Stack Exchange — сеть вебсайтов для работы с вопросами и ответами в различных областях. Сайты позволяют пользователям задавать воп-

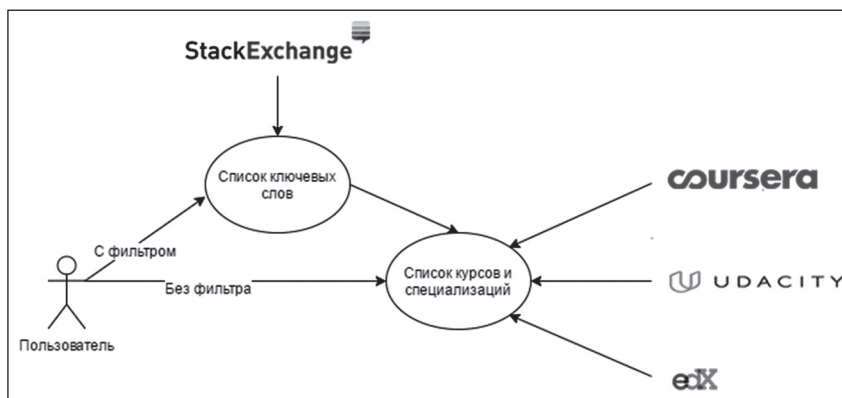


Рис. 2. Работа web-сервиса

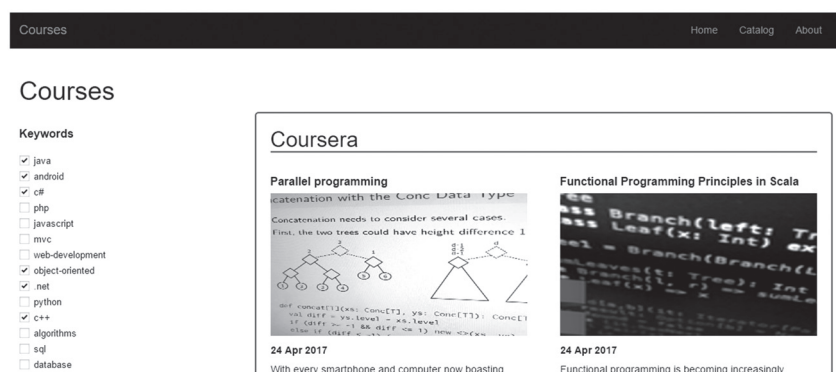


Рис. 3. Страница списка курсов в web-сервисе

росы и отвечать на них. Путём учёта активной деятельности, происходит голосование за вопросы и ответы, положительное и отрицательное. Наиболее известный проект сети — Stack Overflow — входит в 60 самых посещаемых сайтов мира.

Список ключевых слов формируется через API сети сообществ Stack Exchange — выбираются наиболее популярные метки по запросам

на сайтах softwareengineering.stackexchange.com и cs.stackexchange.com.

Для разработки используются следующие технологии:

1. Язык PHP для разработки логики web-сервиса.
2. MySQL — в качестве базы данных для хранения словаря и информации о курсах.
3. REST — в качестве архитектуры web-сервиса.

На рис. 2 представлена схема работы web-сервиса.



Рис. 4. Списки курсов разных MOOC-площадок

Альфа-версия web-сервиса для интеграции актуальной информации с ведущих МООС-площадок

В качестве первого этапа реализации было разработано web-приложение, которое позволяет просматривать и фильтровать списки курсов, видеть детальную информацию о курсах. На рис. 3 изображена страница списка.

На странице отображаются списки из 10 самых новых курсов МООС-площадок Coursera, edX и Udacity. Каждый список находится в отдельном блоке с указанием названия площадки.

Слева от списков находится фильтр – выбор ключевых слов. При выборе позиций, происходит поиск выбранного ключевого слова в названии и описании курсов. Результаты поиска также разделены на блоки по площадкам. На рис. 4 изображены примеры результатов на странице, полученные после фильтрации.

Каждый блок, относящийся к определенной МООС-площадке, содержит список актуальных курсов. Для каждого курса выводятся название, изображение, дата начала, краткое описание и ссылка на курс, если такая информация заполнена.

В дальнейшем планируется расширение возможностей web-сервиса: получение дополнительной информации о курсах, оценок пользователей,

комментариев, возможность добавления собственных ключевых слов.

Заключение

На сегодняшний день в рамках Информационно-образовательной среды Университета «Дубна» реализованы альфа-версии двух web-сервисов: сервиса по сбору и анализу данных о вакансиях специалистов в области информационных технологий с наиболее популярных интернет-ресурсов, а также сервиса, позволяющего интегрировать информацию об онлайн-курсах с ведущих МООС-площадок.

Используя эти сервисы, студенты могут получать актуальную информацию с одной стороны о потребностях рынка труда в области информационных технологий, а с другой стороны о самых свежих онлайн-курсах по этой тематике на ведущих МООС-площадках. Разработанные сервисы позволяют повысить мотивацию студентов для получения дополнительных знаний и компетенций при помощи онлайн обучения.

Для преподавателей разработанные сервисы дают возможность обновления содержания дисциплин с учетом самых последних тенденций в области информационных технологий, а также выбора онлайн-курсов с ведущих

МООС-площадок для повышения квалификации.

Сейчас оба сервиса находятся в стадии тестирования. Для полномасштабного внедрения необходима дополнительная разработка раздела в рамках информационно-образовательной среды Института системного анализа и управления Университета «Дубна».

Использование возможностей обучения на МООС-площадках в формальном образовательном процессе может способствовать расширению кругозора и получению новых полезных знаний как для студентов, так и для преподавателей. Но данные о поведении обучаемых на МООС-площадках свидетельствуют о том, что лишь очень небольшой процент начавших обучение на выбранном онлайн-курсе завершает обучение с положительным результатом. Для того, чтобы мотивировать студентов проходить выбранные онлайн-курсы до конца, можно использовать результаты этого обучения при выставлении итоговых оценок по предмету, например, при выставлении зачета. В связи с вышесказанным дальнейшее развитие данного направления деятельности в Университете «Дубна» связано с разработкой методики учета результатов прохождения онлайн-курсов при получении оценок по различным видам самостоятельной работы студентов и выставлении зачетов.

Литература

1. Преимущества дистанционного образования LINK Academy. URL: <http://www.link-academy.eu/>
2. Образовательные технологии и электронное обучение Владивостокский государственный университет экономики и сервиса. URL: <http://www.vvsu.ru/education/resources/e-learning/>
3. 6 Models of Blended Learning Dreambox learning. URL: <http://www.dreambox.com/blog/6-models-blended-learning/>
4. Ангелова О.Ю., Подольская Т.О. Тенденции рынка дистанционного образования в России // Концепт. 2016. № 2. С. 26–30.

References

1. Preimushchestva distantsionnogo obrazovaniya LINK Academy. URL: <http://www.link-academy.eu/> (In Russ.)
2. Obrazovatel'nye tekhnologii i elektronnoe obuchenie Vladivostokskiy gosudarstvennyy uni-versitet ekonomiki i servisa. URL: <http://www.vvsu.ru/education/resources/e-learning/> (In Russ.)
3. 6 Models of Blended Learning Dreambox learning. URL: <http://www.dreambox.com/blog/6-models-blended-learning/>
4. Angelova O.Yu., Podol'skaya T.O. Tendentsii rynka distantsionnogo obrazovaniya v Rossii. Kontsept. 2016. No. 2. P. 26–30. (In Russ.)

5. MOOC (MOOK) и их ценность. 4brain. URL: <https://4brain.ru/blog/mooc-mook-i-ikh-tsennost/>

6. Что такое MOOK? Мировой студент. URL: <http://www.mirovoystudent.ru/what-is-mooc.html>

7. By The Numbers: MOOCS in 2016 Class Central. URL: <https://www.class-central.com/report/mooc-stats-2016/>

8. Бугайчук К.Л. Массовые открытые дистанционные курсы: история, типология, перспективы // Высшее образование в России. 2013. № 3. С. 148–155.

9. Громова Т. Митио Как: учеба уже не будет базироваться на запоминании XXII век. открытия, ожидания, угрозы. URL: <http://22century.ru/popular-science-publications/michio-kaku>

10. Маковейчук К.А. Перспективы использования курсов в формате MOOK в высшем образовании в России // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 6 (37). С. 66–67.

11. Паспорт приоритетного проекта «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации»: утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам (протокол от 25 октября 2016 г. № 9).

12. Скибицкий Э.Г. Информационно-образовательная среда вуза: цель или средство в обеспечении качества образования? // Труды СГА. 2009. № 6. С. 52–67.

13. Черемисина Е.Н., Белага В.В., Самойленко Ю.И. Информационно-образовательная среда для обучения информационным технологиям на базе Института системного анализа и управления Университета «Дубна» // Открытое образование. 2014. № 2(103). С. 59–65.

14. Тимкин С.Л. О мотивации использования открытых онлайн курсов в учебном процессе вуза // Международная конференция по новым образовательным технологиям #EDCRUNCH 2016 (Москва, 12–14 сентября 2016 г.)

15. Turner K. eLearning: The Students As Silent Stakeholders – Part I eLearning Industry - The best collection of eLearning articles, eLearning concepts, eLearning software, and eLearning resources. URL: <https://elearningindustry.com/students-as-silent-stakeholders-elearning-part1>

16. Turner K. eLearning: Motivation To Learn – Part II eLearning Industry – The best collection of eLearning articles, eLearning concepts, eLearning software, and eLearning resources. URL: <https://elearningindustry.com/motivation-to-learn-elearning-part-2>

17. Essence™ – Kernel And Language For Software Engineering Methods (Essence) Object Management Group (OMG). URL: <http://www.omg.org/spec/Essence/>

18. Coursera Coursera. URL: <https://www.coursera.org/>

5. MOOS (MOOK) i ikh tsennost'. 4brain. URL: <https://4brain.ru/blog/moos-mook-i-ikh-tsennost/> (In Russ.)

6. Chto takoe MOOK? Mirovoy student. URL: <http://www.mirovoystudent.ru/what-is-mooc.html> (In Russ.)

7. By The Numbers: MOOCS in 2016 Class Central. URL: <https://www.class-central.com/report/mooc-stats-2016/>

8. Bugaychuk K.L. Massovye otkrytye distant-sionnye kursy: istoriya, tipologiya, perspektivy. Vysshee obrazovanie v Rossii. 2013. No. 3. P. 148–155. (In Russ.)

9. Gromova T. Mitio Kaku: ucheba uzhe ne budet bazirovat'sya na zapominanii XXII vek. ot-krytiya, ozhidaniya, ugrozy. URL: <http://22century.ru/popular-science-publications/michio-kaku> (In Russ.)

10. Makoveychuk K.A. Perspektivy ispol'zovaniya kursov v formate MOOK v vysshem ob-razovanii v Rossii. Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal. 2015. No. 6 (37). P. 66–67 (In Russ.)

11. Pasport prioritetnogo proekta «Sovremennaya tsifrovaya obrazovatel'naya sreda v Ros-siyskoy Federatsii»: utv. prezidiumom Soveta pri Prezidente Rossiyskoy Federatsii po strate-gicheskomu razvitiyu i prioritetnym proektam (protokol ot 25 oktya-brya 2016 g. No. 9) (In Russ.)

12. Skibitskiy E.G. Informatsionno-obrazo-vatel'naya sreda vuza: tsel' ili sredstvo v obespeche-nii kachestva obrazovaniya? Trudy SGA. 2009. No. 6. P. 52–67. (In Russ.)

13. Cheremisina E.N., Belaga V.V., Samoylenko Yu.I. Informatsionno-obrazovatel'naya sreda dlya obucheniya informatsionnym tekhnologiyam na baze Instituta sistemnogo analiza i uprav-leniya Universiteta «Dubna». Otkrytoe obrazovanie. 2014. No. 2(103). P. 59–65. (In Russ.)

14. Timkin S.L. O motivatsii ispol'zovaniya otkrytykh onlayn kursov v uchebnom protsesse vuza. Mezhdunarodnaya konferentsiya po novym obrazovatel'nyim tekhnologiyam #EDCRUNCH 2016 (Moscow, 12–14 September 2016) (In Russ.).

15. Turner K. eLearning: The Students As Silent Stakeholders – Part I eLearning Industry – The best collection of eLearning articles, eLearning concepts, eLearning software, and eLearning re-sources. URL: <https://elearningindustry.com/students-as-silent-stakeholders-elearning-part1>

16. Turner K. eLearning: Motivation To Learn – Part II eLearning Industry – The best collection of eLearning articles, eLearning concepts, eLearning software, and eLearning re-sources. URL: <https://elearningindustry.com/motivation-to-learn-elearning-part-2>

17. Essence™ – Kernel And Language For Software Engineering Methods (Essence) Object Management Group (OMG). URL: <http://www.omg.org/spec/Essence/>

18. Coursera Coursera. URL: <https://www.coursera.org/>

19. edX edX. URL: <https://www.edx.org/>
20. Udacity Udacity. URL: <https://www.udacity.com/>
21. Coursera Partner Help Center Coursera. URL: <https://partner.coursera.help/hc/en-us>
22. Open edX ReST APIs Open edX. URL: <https://open.edx.org/open-edx-rest-apis>
23. Udacity Support Udacity. URL: <https://udacity.zendesk.com/hc/en-us>

19. edX edX. URL: <https://www.edx.org/>
20. Udacity Udacity. URL: <https://www.udacity.com/>
21. Coursera Partner Help Center Coursera. URL: <https://partner.coursera.help/hc/en-us>
22. Open edX ReST APIs Open edX. URL: <https://open.edx.org/open-edx-rest-apis>
23. Udacity Support Udacity. URL: <https://udacity.zendesk.com/hc/en-us>

Сведения об авторах

Сергей Павлович Тимошин

Аспирант

Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия

Эл. почта: timoshin.sp@gmail.com

Тел.: +79607163072

Виктория Владимировна Белага

К.ф.-м.н., доцент

Государственный университет «Дубна», Дубна, Россия

Эл. почта: vbelaga@mail.ru

Information about the authors

Sergey P. Timoshin

Postgraduate student

Dubna State University, Dubna, Russia

E-mail: timoshin.sp@gmail.com

Tel.: +79607163072

Viktoriya V. Belaga

Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor

Dubna State University, Dubna, Russia

E-mail: vbelaga@mail.ru

Современная лекция глазами студентов: пути развития

В качестве цели исследования автором была поставлена задача выявления мнения студентов и преподавателей о цели лекции в вузе, о роли преподавателя-лектора и предпочтительной форме лекционного занятия. В результате исследования необходимо было ответить на следующие важные вопросы: В чем видят цели лекции и роль преподавателя-лектора? Какие лекции более предпочтительнее: традиционные или интерактивные? Чего ждут преподаватели от лекционных занятий, считают ли это преимуществом или излишним учебным мероприятием? Как помочь преподавателям в организации современной лекции в вузе? Для проведения исследования и анализа полученных результатов разработаны материалы для проведения опроса (анкета). Опрос студентов проводился до начала обучения и после завершения семестра. В исследовании приняли участие 200 студентов всех направлений механико-технологического факультета НГТУ. Для анализа полученных результатов использованы методы прикладного статистического анализа.

В результате исследования выявлено не соответствие во мнениях студентов о целях лекционного занятия и роли преподавателя — лектора до начала обучения и после окончания семестра. Лекционные занятия, по мнению студентов, должны помочь выполнению всех видов практических и самостоятельных заданий, предусмотренных дисциплиной.

Выявлено противоречие по вопросу самостоятельной работы студентов в рамках дисциплины. Образовательные стандарты предполагают уменьшение часов на аудиторные занятия и увеличение самостоятельной работы, но не все студенты готовы (не хотят, не умеют) изучать материалы по темам дисциплины самостоятельно полностью или частично.

Выявлено противоречие во мнении, какая форма организации лекционного занятия в большей степени интересна студентам,

что может повысить мотивацию посещения и работы на данных занятиях.

Предложена технология проектирования учебного процесса в условиях смешанного обучения, применяя технологическую карту. Технологическая карта представлена в виде этапов проектирования учебного процесса, включая рекомендации по использованию онлайн составляющей обучения. К основным этапам относятся: Анализ внешних требований к учебной дисциплине, определение организационных требований и ограничений, Анализ целевой аудитории, целей и результатов обучения, Дидактический анализ дисциплины, Планирование анализа эффективности учебного процесса.

В результате анализа мнений преподавателей и анализа результатов исследования мнений студентов можно сделать вывод о необходимости помочь преподавателям в вопросах проектирования, используя соответствующую разработанную методiku в виде технологической карты. Предложенная методика проектирования учебного процесса, при смешанном обучении в условиях привязки к аудиторным часам, реализованная в виде технологической карты, может служить эффективным инструментом для преподавателя, позволяя не только эффективно спроектировать учебный процесс и оценить его качество, но и предусмотреть мероприятия по его улучшению.

Вместе с этим, предложенная технология поможет преподавателям в процессе разработки учебного курса учесть мнение студентов и выявленные в ходе исследований противоречия, что сделает обучение студентов более эффективным.

Ключевые слова: электронные образовательные ресурсы, смешанное обучение, технологическая карта.

Tatyana A. Astashova

Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russia

Students' opinions about modern lecture: development path

As an objective of the research, the author set the task of identifying students' opinion and opinion of lecturers about the purpose of the lectures at the university, about the role of the lecturer and preferred form of lectures. As a result of the research, it was necessary to answer the following important questions: What are the objectives of the lecture and the role of the lecturer? Which lectures are more preferable: traditional or interactive? What do lecturers expect from the lecture, do they consider it an advantage or an unnecessary educational activity?

The materials were developed for the survey (questionnaire) to conduct the research and analyze the results obtained. The students were surveyed before training and after completion of the semester. The study involved 200 students of all areas of Mechanics and Technology Faculty of Novosibirsk State Technical University. Statistical analysis was used for the analysis of the results.

As a result, the experiment revealed nonconformity of opinions of students about the purpose of the lecture and the role of a lecturer before the training and after the end of the semester. Lectures, according to students, should help to implement all kinds of practical and independent assignments.

Educational standards imply a reduction in the hours of classroom training and an increase in independent work, and the majority of students are not ready (do not want to) to study the materials on the topics of discipline completely independently or partially.

It revealed a contradiction in opinion, what form of organization of the lecture classes is more interesting to students, which can increase the motivation of the visit and work on the lectures.

The technology of designing the educational process in the conditions of the mixed training is proposed, applying the technological map. The technological map is presented in the form of stages of designing the educational process, including recommendations on the use of the online component of training. The main stages are — analysis of external requirements for the academic discipline, definition of organizational requirements and limitations, analysis of the target audience, goals and outcomes of the training, didactic analysis of the discipline, planning analysis of the effectiveness of the learning process. An analysis of lecturers' opinions and analysis of the study results of students' opinions can be concluded about the need to help lectures in the design, using the appropriate methodology, developed in the form of a technological card. The proposed methodology for designing the learning process with the mixed training in conditions of binding to the activity into the audience, implemented in the form of a technological card can be an effective tool for teaching, allowing not only effectively designing the training process and to evaluate the quality, but also provide for measures to improve it.

Keywords: electronic educational resources, blended learning, technological card.

Актуальность темы

Современное общество характеризуется потребностью в реализации возможностей информационных и коммуникационных технологий для получения образования. Высшее образование в последнее время постоянно реформируется: ФЗ «Об образовании» включает в себя статью 16. Реализация образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Программа развития электронного образования (ЭО) на 2014–2020 годы ставит приоритетной задачу развития ЭО, повышения качества и востребованности российского образования за счет внедрения электронного обучения [1,2].

Высшее образование сегодня подвергается постоянному анализу и преобразованиям. Многочисленные преобразования в высшем образовании, происходящие в действительности, не дают четких рекомендаций, как действовать преподавателям в данных условиях на самом деле.

В первую очередь, изменения, порождающие многочисленные дискуссии, связаны с перераспределением количества часов учебной нагрузки студентов и преподавателей в сторону самостоятельной работы студентов. Особое внимание в этой ситуации уделяется одной из важных форм учебных занятий — лекциям. Лекционное занятие принято считать одним из главных звеньев дидактического цикла обучения, определяя ее цель как формирование ориентировочной основы для последующего усвоения студентами учебного материала [3,4].

Какой должна быть лекция в современных условиях? Этим вопросом стали задаваться большинство преподавателей, работая над развитием своих курсов, меняя структуру и наполнение лекционных

занятий. Часть из них ничего не меняют, другие начинают думать, как использовать часы, предусмотренные для самостоятельной работы студентов на изучение лекционного материала, а третьи задумываются об использовании современных информационных и интерактивных технологий.

Современное состояние проблемы

Чего преподаватели ждут от лекционных занятий, считают ли это преимуществом или излишним учебным мероприятием? Во-первых, выделяют важным моментом эмоциональное общение лектора со студентами, которое должно быть творческим. Во-вторых, лекция рассматривается как более эффективные способ передачи и получения основ знаний в общем виде. В-третьих, на лекцию возлагают надежду на активизацию мыслительной деятельности студента.

Наряду с этим, существуют и противники лекционных занятий, приводящие свои доводы. По их мнению, лекция приучает к пассивному восприятию чужих мнений, тормозит самостоятельное мышление и может отбить вкус к самостоятельной деятельности студентов.

Однако, исходя из опыта, полный отказ от лекций, часто снижает научный уровень подготовки студентов, нарушает системность и равномерность работы в течение семестра.

В результате лекция получает развитие: появляются новые ее виды (лекция-визуализация; веб-лекция, слайд-лекция, лекционный электронный комплекс и др.); меняется структура лекции и формы учебной деятельности студентов, формы коммуникации; возникают новые сетевые схемы взаимодействия лекции и других форм организации обучения; изменяются и внешние, пространственно-

временные характеристики лекции [5,6,7].

В итоге мы наблюдаем ситуацию, когда инновационная практика развития лекции как формы организации обучения в вузе, опережает педагогическую теорию, которая не успевает за практикой. Многие преподаватели вуза, не имея педагогического образования, встают перед вопросом, как преобразовать лекционное занятие. Чтобы оно отвечало целям обучения и соответствовало федеральным стандартам, учебным планам и учебной программе в итоге.

Анализируя проблемы и задачи преподавателей большинство из педагогов забывают еще об одном неотъемлемом участнике учебного процесса — студенте. Как студенты воспринимают лекционное занятие и что ждут от него? В чем видят цели лекции и роль преподавателя-лектора? Какие лекции более предпочтительнее: традиционные или интерактивные?

Вместе с этим, вследствие отсутствия единого определения смешанного обучения, В.А. Фандей ставит актуальный вопрос: «Чем смешанное обучение отличается от обучения с поддержкой ИКТ?». Ответ на него, к сожалению, не может быть однозначным в связи с недостаточной разработанностью теоретико-практической базы смешанного обучения [8]. Поэтому, современная ситуация в высшем образовании мотивирует специалистов в этой области предлагать свои решения поставленных задач и находить свои ответы на возникающие вопросы. Так или иначе, предложенные варианты решений связаны с проектированием самостоятельной работой студентов и организацией учебного процесса в электронной среде обучения.

Еще в 70-х годах прошлого века М.Г. Гарунов и П.И. Пидкасистый считали, что одной

из значимых характеристик самостоятельной работы является формирование у любого студента необходимого объема и уровня знаний [9]. Такое мнение предполагает вывод о том, что самостоятельное изучение материала по дисциплине — одно из основных учебных мероприятий студентов вуза.

Сегодня, перспективными направлениями в исследовании организации смешанного обучения, предлагающая в своей работе А.С. Фомина, являются: — изучение и анализ частных методик e-learning — преподавателей, вузов; — изучение образовательных возможностей социальных сетей, облачных вычислений, мобильных технологий, массовых открытых онлайн-курсов и разработка методик их применения в образовательном процессе; — определение трудозатрат и критериев работы преподавателей, организующих и поддерживающих образовательный процесс с применением новых ИКТ [10].

В работах С.Б. Велединской и М.Ю. Дорофеевой предлагается технология проектирования учебного процесса по модели смешанного обучения, обеспечивающая перестройку традиционного преподавания за счет переноса части аудиторных занятий в электронную обучающую среду [11]. Но традиционный учебный процесс, ориентированный на рабочие программы и учебные планы, соответствующие требованиям ФГОС ВО, не всегда имеет возможность спроектировать учебный процесс в условиях смешанного обучения без привязки к аудиторным часам.

В работах Г.В. Кравченко предложен опыт организации смешанного обучения магистрантов по дисциплине «Компьютерные технологии в науке и образовании» с применением системы дистанционного обучения Moodle на базе Алтайского государственного

университета. По мнению Г.В. Кравченко реализация технологии смешанного обучения воздействует на все компоненты учебного процесса студента: на формы и методы организации обучения, на активизацию, интенсификацию и эффективность процесса обучения (когнитивный) и на формирование мотивации обучения, профессионально значимых качеств (личностно-ценностный) [12].

При реализации смешанного обучения и проектируя самостоятельную работу студентов, в своей работе О.Б. Самиева и А.Н. Сбитнева предлагают особое внимание уделить регулярному контролю преподавателями мероприятий по изучению материала предложенного научно-теоретического курса. Для чего предлагается создать необходимые условия, используя электронную среду обучения: мотивированность учебного задания; точная постановка познавательных задач; план действий работы, предписание последовательности ее выполнения, знание студентом способов выполнения; четкое определение преподавателем видов отчетности, объема работы, сроков ее сдачи; определение характера консультационной помощи; показатели оценки; виды и формы контроля [13].

С.А. Полевой, В.В. Павлова предлагают в рамках современной лекции учесть реальность нового информационного общества — клиповое мышление, не бороться с этим, а перестроить образовательный процесс с учетом этой особенности студентов. Необходимым условием для организации лекционного занятия являются электронные образовательные ресурсы [14].

Анализируя опыт специалистов в области организации учебного процесса в условиях смешанного обучения, не был обнаружен интерес к мнению студентов о важности лекций, хотя они являются основными участниками учебного процесса наряду с преподавателями.

Для ответа на поставленные выше автором вопросы было решено провести исследование для выявления мнения студентов первого курса, связанного с организацией лекционных занятий. Исследование было проведено на базе механико-технологического факультета Новосибирского государственного технического университета (НГТУ). Опрос студентов проводился до начала обучения и после завершения семестра. В исследовании приняли участие 200 студентов всех направлений механико-технологического факультета НГТУ.

Таблица 1

Результаты исследования до начала обучения

Вопрос анкеты	Результаты опроса	
1. Я считаю, что цель лекции в вузе состоит:	1. Получить информацию в доступном и понятном виде	70%
	2. Получить основную информацию по предмету, необходимую на практических занятиях	18%
	3. Научиться конспектировать, систематизировать полученную информацию	12%
2. Я думаю, что лекции в вузе не обязательны, потому что мне достаточно:	а) Информации из интернета	17%
	б) Учебников	11%
	в) Электронного курса по дисциплине	7%
	г) Лекции обязательны	65%
3. Я готов изучать материалы (частично, полностью) лекций самостоятельно.	Да	85%
	Нет	10%
	Затрудняюсь ответить	5%
4. Мне были бы интересны лекции:	а) Традиционные	62%
	б) Обсуждение материала, изученного самостоятельно (смешанные технологии)	38%

Результаты исследования, проведенного до начала обучения и после окончания семестра представлены в табл. 1 и табл. 2 соответственно.

Анализируя полученные данные, выявлены ряд интересных закономерностей. Студенты первого курса до начала обучения (табл. 1) однозначно не представляют, что такое лекционное занятие в вузе. Но, несмотря на это, большинство студентов ожидают от лекции получение информации в доступном и понятном виде (70%). После окончания семестра опрошиваемые студенты пересмотрели свое мнение о цели лекционных занятий (табл. 2). Целью лекции студенты стали определять позиции: получить основную информацию по предмету, необходимую на практических занятиях (55%) и получение информации, необходимой для сдачи сессии (45%).

Следующим интересным моментом опроса стояла тема самостоятельного изучения материала лекционных занятий полностью или частично. До начала обучения на вопрос обязательны ли лекции в вузе или достаточно учебных материалов различных источников 65% студентов ответили, что

лекции обязательны, а электронные учебные материалы это дополнительный источник информации. Но, несмотря на это, студенты готовы изучать теоретический материал по дисциплине самостоятельно (85%). После обучения студенты по-прежнему считают обязательным лекционное занятие (73%), готовность изучать теоретические материалы студентов чуть снизилась (75%), но лишь половина из опрошенных высказали готовность изучать теоретические материалы самостоятельно.

Последний вопрос, представленный к исследованию, связан с формой организации и проведения лекционных занятий. До начала обучения большинству студентов были бы интересны лекции: традиционные (62%). После обучения мнение студентов о форме проведения лекционных занятий изменилось, смешанные технологии предпочли бы 65%. Такая ситуация может говорить о том, что форма проведения лекционного занятия не имеет главенствующей роли в факторе заинтересованности студентов. Наряду с этим вопросом, нам стало интересно, в каких формах были предложены лекционные занятия

семестра. Выявлено, что более половины опрошенных (55%) сказали, что лекционные занятия имели традиционную форму, что может говорить о неготовности преподавателей использовать смешанные технологии в учебном процессе.

Исходя из выше приведенного анализа полученных результатов, можно представить некоторые обобщенные выводы.

Выявлено не соответствие во мнениях студентов о целях лекционного занятия до начала обучения и после окончания семестра. Студенты до начала обучения главной целью считали получение информации в понятном виде. После окончания семестра, по мнению студентов, ожидают от лекционного занятия лишь направленности на практику, т.е. материалы лекционного занятия в первую очередь должны, по мнению студентов, помогать выполнению всех видов практических и самостоятельных заданий, предусмотренных дисциплиной.

Выявлено противоречие по вопросу самостоятельной работы студентов в рамках дисциплины. Стандарты нового поколения предполагают уменьшение часов на аудиторные занятия и увеличение самостоятельной работы, но лишь половина студентов готова (не хотят, не умеют) изучать материалы по темам дисциплины самостоятельно полностью или частично.

Выявлено противоречие во мнении, какая форма организации лекционного занятия в большей степени интересна студентам, что может повысить мотивацию посещения и работы на данных занятиях. Специалисты в области педагогики, современных методах и средствах обучения в своих работах все чаще предлагают преподавателям пересмотреть традиционную форму лекционного занятия в пользу интерактивных занятий с использованием

Таблица 2

Результаты исследования после окончания семестра

Вопрос анкеты	Результаты опроса	
1. Я считаю, что цель лекции в вузе состоит:	1. Получить основную информацию по предмету, необходимую на практических занятиях	55%
	2. Получение информации, необходимой для сдачи сессии	45%
2. Я думаю, что лекции в вузе не обязательны, потому что мне достаточно:	а) Информации из интернета	14%
	б) Учебников	6%
	в) Электронного курса по дисциплине	7%
	г) Обязательны	73%
3 Я готов изучать материалы (частично, полностью) лекций самостоятельно.	Да	50%
	Нет	45%
	Затрудняюсь ответить	5%
4. Мне были бы интересны лекции:	а) Традиционные	35%
	б) Обсуждение материала, изученного самостоятельно (смешанные технологии)	65%
5. В каких формах были предложены лекционные занятия прошедшего семестра?	а) Традиционные	55%
	б) Обсуждение материала, изученного самостоятельно (смешанные технологии)	45%



Рис. 1. Обобщенный алгоритм проектирования учебного процесса

современных информационных технологий. В свою очередь, мнение студентов говорит о том, что лекция в любой форме интересна студенту, если она интересна и решает поставленные цели, помогая решению практических задач и проведению промежуточной и итоговой аттестации.

Решение задачи

В результате анализа мнений преподавателей и анализа результатов исследования мнений студентов можно сделать вывод о необходимости помочь преподавателям в вопросах проектирования учебного процесса в условиях смешан-

ных технологий. Такая организация учебного процесса позволит повысить мотивацию студентов и научить их работать самостоятельно, что требует стандарты нового поколения. Проектирование учебного процесса, а в частности, проектирование самостоятельной работы студентов, предлагается преподавателям с применением разработанной методики технологической карты [15].

Технологическая карта представлена в виде этапов проектирования учебного процесса, включая рекомендации по использованию онлайн составляющей обучения. Технологическая карта — это новый вид методической продукции, обеспечивающей эффективное и качественное проектирование учебного процесса (рис. 1).

Этап 1. Анализ внешних требований к учебной дисциплине, определение организационных требований и ограничений.

На первом этапе преподавателю необходимо проанализировать внешние требования учебной дисциплины. Внешние требования учебной дисциплины формируются на основании нормативной базы и учебно-методического обеспечения: ФГОС, образовательных программ и учебных планов.

Этап 2. Анализ целевой аудитории, целей и результатов обучения.

В рамках этапа анализируется целевая аудитория (адресат курса) учебной дисциплины.

Этап 3. Дидактический анализ дисциплины.

Этап включает в себя проектирование основных блоков учебной дисциплины (курса):

3.1. Содержательный блок

Содержание и структура учебной дисциплины, как правило, разрабатывается на основе блочного планирования. Для каждого блока (модуля, дидактической единицы, темы) учебной дисциплины распределяется количество планируемых часов с учетом

выделенных целей освоения дисциплины.

3.2. Операционно-деятельностный блок

Основывается на выборе набора средств, форм организации обучения, методов, принципов и подходов к обучению в рамках проектируемого учебного процесса.

Этап 4. Планирование анализа эффективности учебного процесса.

На четвертом этапе планируются мероприятия по мониторингу и управлению качеством учебного процесса, для чего необходимо:

- определить основные критерии качества, методы и инструменты для мониторинга (методы и методики теории менеджмента качества; методы прикладного статистического и экспертного анализа для количественной обработки результатов эксперимента).

- определить нормы качества. Под нормами качества понимают показатели качества, используемые как эталон для сравнения с ним параметров, фактически полученных при мониторинге процессов, результатов и условий организации учебного процесса.

Этап 5. Разработка медиа дизайна и интерактивности курса.

Целью данного этапа в рамках проектирования учебного процесса является:

- планирование использования различных моделей коммуникации, обеспечивающих онлайн взаимодействие (одно-, двухканальные модели);

- управление курсом (электронная организация доступа к тестированию и заданиям со сроками сдачи работ, определенные преподавателем и четко прописанные в методических рекомендациях по работе с ресурсом (путеводитель);

- вовлеченность обучающихся в процесс обучения (использование в рамках курса средств, основанных на сервисах Web 2.0, технологи-

ях виртуальной реальности, а также мультимедиа ресурсов). К мультимедиа ресурсам относятся видеofilмы, видеокейсы, интерактивные тренажеры, флеш-модели.

Проектирование учебного процесса по представленной технологии, представляет собой проектирование самостоятельной работы студентов, а построение аудиторных занятий непосредственно взаимосвязано с учебными мероприятиями этой деятельности студентов. В основе технологии использованы следующие педагогические модели:

Модель педагогического дизайна ADDIE. Аббревиатура "ADDIE" расшифровывается как Analyze (анализ) Design (дизайн), Develop (разработка), Implement (осуществление) и Evaluate (оценка). Хотя модель является линейной, не обязательно следовать ей жестко или в линейном порядке, особенно если у вас уже есть разработанные учебные материалы [16].

Принцип обратного дизайна («backward design»). Разработка учебного процесса начинается не с поиска контента и разработки содержательной части по соответствующей предметной области, а с определения планируемых по дисциплине результатов обучения и выбора соответствующих методов их оценивания. Далее, определяются стратегии преподавания (с учетом типа дисциплины): виды учебной деятельности и сценарии взаимодействия участников учебного процесса с целью максимального вовлечения студентов в виртуальное и аудиторное взаимодействия. На последнем шаге происходит подбор и структурирование учебных материалов [17].

Ключевое понятие смешанного обучения является понятие «flipped classroom» («перевернутый класс»), в рамках которого особое внимание уделяется как аспектам проектирования электронных

курсов, так и аспектам организации учебного процесса. «Перевернутый» учебный процесс начинается с постановки проблемного задания, для выполнения которого студент самостоятельно знакомится с материалом, размещенным в электронной среде обучения. На этом же этапе проводится самоконтроль понимания материала. Таким образом, учебный процесс начинается с СРС. В аудитории происходит работа по уточнению понимания, ответам на поставленные студентами вопросы и, самое главное, разбору уже найденных студентами решений и предъявлению новых. Далее в режиме СРС идет отработка усвоенных на занятии решений, закрепление материала и автоматизированный контроль итогов обучения по теме [18].

Представленная в статье технология легла в основу программы повышения квалификации на базе соответствующего факультета НГТУ. Программа повышения квалификации представляла модульную организацию, эффективно сочетая практические занятия и обсуждение лекционного материала. Каждый модуль программы соответствует этапу технологической карты проектирования учебного процесса в условиях смешанного обучения и в результате имеет возможность научить преподавателя спроектировать новый или перестроить имеющийся учебный процесс, организовав самостоятельную работу студентов в электронной среде обучения вуза.

Указанная программа позволит спроектировать как учебный процесс в целом, так и лекционные занятия, используя электронную среду обучения вуза DiSpase. Программная платформа электронной среды обучения НГТУ поддерживает обучение в условиях смешанного обучения на уровне планирования и организации учебного про-

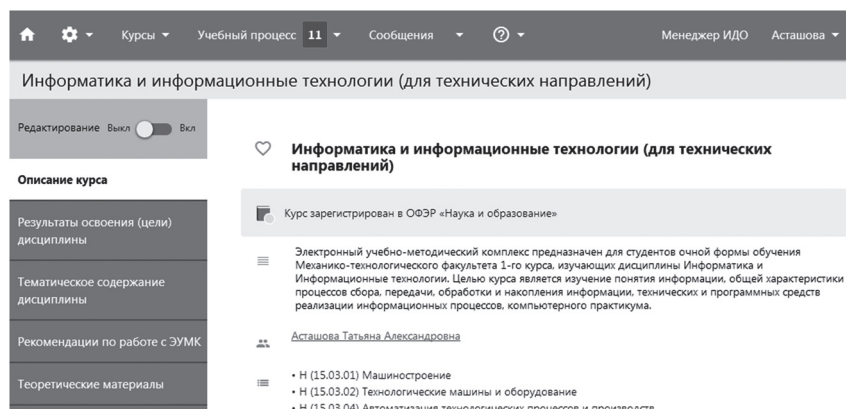


Рис. 2. Фрагмент Главной страницы ЭУМК

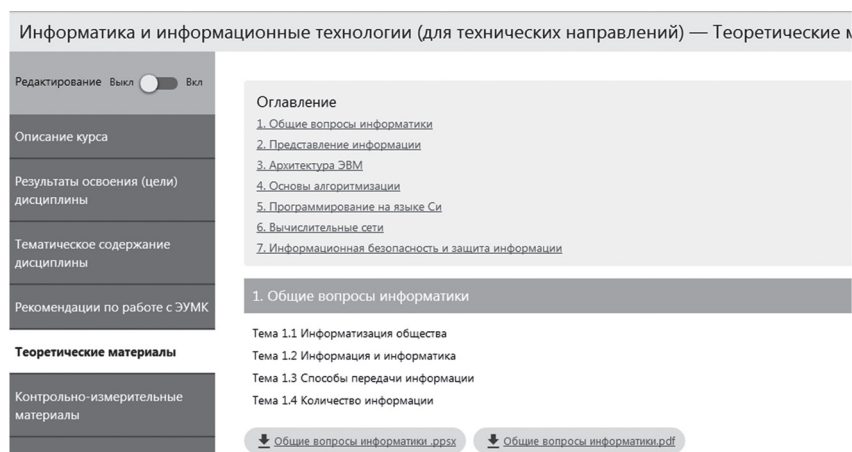


Рис. 3. Фрагмент ЭУМК (теоретические материалы)

цесса, а также преподавания отдельных дисциплин. Для реализации учебного процесса система позволяет представить студентам электронный учебно-методический комплекс, включающий теоретический материал по дисциплине и методические рекомендации по работе с ними. Вместе с этим, существует возможность коммуникации между участниками учебного процесса: отправка заданий, консультации, дистанционные семинары, обмен личными сообщениями, проведение тестирования по разработанным тестирующим материалам [19,20].

В качестве примера на рис. 2 представлен фрагмент главной страницы электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК) по дисциплине Информатика и информационные технологии (для технических вузов), зарегистрированного в ОФЭР (объединённый фонд электронных ресурсов) «наука и образование». Данный ЭУМК используется в учебном процессе для студентов первого курса очного обучения в условиях смешанных технологий.

На рис. 3. Представлен фрагмент страницы ЭУМК, включающий теоретические

материалы по основным модулям дисциплины в виде текстовых документов и презентаций лекционного материала. Вместе с этим возможно размещение видео-лекций и учебных фильмов. Наиболее важным в данном случае является не доставка студентам теоретических материалов, а проектирование учебных мероприятий по работе с представленными материалами. Например, для работы с учебными фильмами или теоретическими материалами можно предложить студентам ответить на поставленные вопросы, составить конспект лекций, разработать тестовый материал или кроссворд.

Заключение

Предложенная методика проектирования учебного курса при смешанном обучении в условиях привязки к аудиторным часам, реализованная в виде технологической карты с использованием электронной среды обучения, может служить эффективным инструментом для преподавателя образовательной организации любого уровня, позволяя не только эффективно спроектировать учебный процесс и оценить его качество, но и предусмотреть мероприятия по его улучшению.

Вместе с этим, предложенная технология, на мой взгляд, поможет преподавателям в процессе разработки учебного курса учесть мнение студентов и выявленные в ходе исследований противоречия, что делает обучение студентов более эффективным.

Литература

1. ФЗ от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 23.07.2013) «Об образовании в Российской Федерации».
2. О программе развития электронного образования на 2014-2020 годы. URL: https://www.herzen.spb.ru/img/files/puchkov/5MRG_19.09_PRAEO-Sobolev.pdf
3. Педагогика и психология высшей школы: Учебное пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2002. 544 с.
4. Краевский В.В., Хуторской А.В. Основы обучения: Дидактика и методика. Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 352 с.
5. Мухина Т.Г. Активные и интерактивные образовательные технологии (формы проведения занятий) в высшей школе: учеб. пособие. Н. Новгород: ННГАСУ, 2013. 97 с. URL: www.nngasu.ru/education/high_education/education_manual.pdf.
6. Наджарян А.Г., Самсонова Е.К. Использование интерактивных технологий в процессе обучения студентов педагогического высшего учебного заведения. Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2015. Том 7. № 3. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/20PVN315.pdf>.
7. Абдуллаева О.С., Исманова К.Д., Мирзаев Ж.И. Организация учебной деятельности во время лекционных, практических, лабораторных занятий. Молодой ученый. 2014. № 19. С. 487–490.
8. Фандей В.А. Смешанное обучение: современное состояние и классификация моделей смешанного обучения. Системный анализ, управление и обработка информации Информатизация образования и науки. 2011. № 4(12). С. 115–125.
9. Гарунов М.Г., Пидкасистый П.И. Самостоятельная работа студентов. М.: Знание, 1978.
10. Фомина А.С. Смешанное обучение в вузе: институциональный, организационно-технологический и педагогические аспекты. Теория и практика общественного развития. 2014. № 21. С. 272–279.
11. Велединская С.Б., Дорофеева М.Ю. Смешанное обучение: технология проектирования учебного процесса. Открытое и дистанционное образование. 2015. № 2(58). С. 12–20.
12. Кравченко Г.В. Использование модели смешанного обучения в системе высшего образования. Известия АлтГУ. 2014. № 2(82). С. 22–25.
13. Самиева О.Б., Сбитнева А.Н. Самостоятельная работа студентов вуза в условиях кредитной технологии обучения. Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. 2013. № 1(12). С. 226–229.
14. Полевой С.А., Павлова В.В. Особенности обучения студентов с клиповым мышлением. Открытое образование. 2017. № 2. С. 56–67.

References

1. Federal law from 29.12.2012 N 273-FZ (ed. 23.07.2013) «Ob obrazovanii v Rossiyskoy Federatsii». (In Russ.)
2. O programme razvitiya elektronnoy obrazovaniya na 2014-2020 gody. URL: https://www.herzen.spb.ru/img/files/puchkov/5MRG_19.09_PRAEO-Sobolev.pdf (In Russ.)
3. Pedagogika i psikhologiya vysshey shkoly: Uchebnoye posobie. Rostov-on-Don: Feniks, 2002. 544 p. (In Russ.)
4. Kraevskiy V.V., Khutorskoy A.V. Osnovy obucheniya: Didaktika i metodika. Ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy. Moscow: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2007. 352 p. (In Russ.)
5. Mukhina T.G. Aktivnye i interaktivnye obrazovatel'nye tekhnologii (formy provedeniya zanyatiy) v vysshey shkole: ucheb. posobie. Nizhny Novgorod: NNGASU, 2013. 97 p. URL: www.nngasu.ru/education/high_education/education_manual.pdf. (In Russ.)
6. Nadzharyan A.G., Samsonova E.K. Ispol'zovanie interaktivnykh tekhnologiy v protsesse obucheniya studentov pedagogicheskogo vysshego uchebnogo zavedeniya. Internet-zhurnal «NAUKOVEDE-NIE». 2015. Vol. 7. No. 3. URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/20PVN315.pdf>. (In Russ.)
7. Abdullaeva O.S., Ismanova K.D., Mirzaev Zh.I. Organizatsiya uchebnoy deyatel'nosti vo vremya lektsionnykh, prakticheskikh, laboratornykh zanyatiy. Molodoy uchenyy. 2014. No. 19. P. 487–490. (In Russ.)
8. Fandey V.A. Smeshannoe obuchenie: sovremennoe sostoyanie i klassifikatsiya modeley smeshannogo obucheniya. Sistemnyy analiz, upravlenie i obrabotka informatsii Informatizatsiya obrazovaniya i nauki. 2011. No. 4(12). P. 115–125. (In Russ.)
9. Garunov M.G. Pidkasytyy P.I. Samostoyatel'naya rabota studentov. Moscow: Znanie, 1978. (In Russ.)
10. Fomina A.S. Smeshannoe obuchenie v vuze: institutsional'nyy, organizatsionno-tekhnologicheskyy i pedagogicheskie aspekty. Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya. 2014. No. 21. P. 272–279. (In Russ.)
11. Veleinskaya S.B. Dorofeeva M.Yu. Smeshannoe obuchenie: tekhnologiya proektirovaniya uchebnogo protsessa. Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie. 2015. No. 2(58) P. 12–20. (In Russ.)
12. Kravchenko G.V. Ispol'zovanie modeli smeshannogo obucheniya v sisteme vysshego obrazovaniya. Izvestiya AltGU. 2014. No. 2(82). P. 22–25. (In Russ.)
13. Samieva O.B., Sbitneva A.N. Samostoyatel'naya rabota studentov vuza v usloviyakh kreditnoy tekhnologii obucheniya. Vektor nauki Tol'yattinskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: pedagogika.psihologiya. 2013. 1(12). P. 226–229. (In Russ.)
14. Polevoy S.A., Pavlova V.V. Osobennosti obucheniya studentov s klipovym myshleniem. Otkrytoe obrazovanie. 2017. No. 2. P. 56–67. (In Russ.)

15. *Леган М.В., Яцевич Т.А.* Разработка технологической карты проектирования учебного процесса при смешанном обучении. Открытое и дистанционное образование. 2016. № 4(64). С. 65–73.

16. *Нагаева И.А.* Педагогический дизайн и педагогическое проектирование: проблемы и перспективы. Информатизация и связь. 2012. № 4. С. 61–64.

17. *Осипов М.В.* Проектирование образовательного процесса в идеологии «обратного дизайна». Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19488>.

18. *Логинова А.В.* Особенности использования и принципы функционирования педагогической модели «перевернутый класс». Молодой ученый. 2015. № 9. С. 1114–1119.

19. *Леган М.В., Яцевич Т.А.* Комбинированная модель обучения студентов на базе системы дистанционного обучения. Высшее образование в России. 2014. № 4. С. 136–141.

20. *Яцевич Т.А., Леган М.В.* Об актуальности использования мультимедийных электронных образовательных ресурсов в образовательном процессе технических вузов. Инновации в образовании. 2013. № 11. С. 133–143.

15. *Legan M.V., Yatsevich T.A.* Razrabotka tekhnologicheskoy karty proektirovaniya uchebnogo protsessa pri smeshannom obuchenii. Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie. 2016. No. 4(64). P. 65–73. (In Russ.)

16. *Nagaeva I.A.* Pedagogicheskiy dizayn i pedagogicheskoe proektirovanie: problemy i perspektivy. Informatizatsiya i svyaz'. 2012. No. 4. P. 61–64. (In Russ.)

17. *Osipov M.V.* Proektirovanie obrazovatel'nogo protsessa v ideologii «obratnogo dizayna». Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. No. 3. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19488>. (In Russ.)

18. *Loginova A.V.* Osobennosti ispol'zovaniya i printsipy funktsionirovaniya pedagogicheskoy modeli «perevernutyy klass». Molodoy uchenyy. 2015. No. 9. P. 1114–1119. (In Russ.)

19. *Legan M.V., Yatsevich T.A.* Kombinirovannaya model' obucheniya studentov na baze sistemy distantsionnogo obucheniya. Vysshee obrazovanie v Rossii. 2014. No. 4. P. 136–141. (In Russ.)

20. *Yatsevich T.A., Legan M.V.* Ob aktual'nosti ispol'zovaniya mul'timediynykh elektronnykh obrazovatel'nykh resursov v obrazovatel'nom protsesse tekhnicheskikh vuzov. Innovatsii v obrazovanii. 2013. No. 11. P. 133–143. (In Russ.)

Сведения об авторе

Татьяна Александровна Асташова

Старший преподаватель, менеджер Института дистанционных технологий НГТУ

Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

Эл. почта: a_t_a@ngs.ru

Information about the author

Tatyana A. Astashova

Senior Lecturer, Manager of the Institute of Distance Technologies of the NSTU

Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russia

E-mail: a_t_a@ngs.ru

Интеллектуальная технология построения обучающих интегрированных экспертных систем: новые возможности¹

Основная цель данной работы — ознакомить читателей журнала «Открытое образование» с накопленным опытом создания и практического использования в учебном процессе кафедры «Кибернетика» НИЯУ МИФИ особого класса интеллектуальных обучающих систем, построенных на базе архитектур обучающих интегрированных экспертных систем, разработка которых осуществляется на основе авторской задачно-ориентированной методологии и интеллектуальной программной среды инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, обеспечивающих автоматизированную поддержку всех этапов жизненного цикла построения и сопровождения систем этого типа.

В контексте базовых моделей, методов, алгоритмов и средств, реализующих концептуальные основы задачно-ориентированной методологии, и которые эволюционно развиваются и экспериментально исследуются в процессе построения различных архитектур обучающих интегрированных экспертных систем, в том числе веб-ориентированных, рассматриваются некоторые особенности обобщенной модели интеллектуального обучения и её компонентов (в частности, компетентностно-ориентированная модель обучаемого, адаптивная модель обучения, модель онтологии курса/дисциплины и др.), а также методы и способы их реализации в текущих версиях обучающих интегрированных экспертных систем. Для обобщенной онтологии «Интеллектуальные системы и технологии» описываются примеры реализации типовых задач интеллектуального обучения (индивидуальное планирование методики изучения учебного курса, интеллектуальный анализ учебных задач, интеллектуальная

поддержка принятия решений) в текущих версиях обучающих интегрированных экспертных систем.

Дается краткое описание концептуальных основ модели интеллектуальной программной среды комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ и приводится описание некоторых компонентов модели с акцентом на базовые компоненты — интеллектуальный планировщик, типовые проектные процедуры и повторно-используемые компоненты, на основе которых обеспечивается автоматизированная поддержка процессов прототипирования обучающих интегрированных экспертных систем. Приводится краткая характеристика моделей и подходов, использованных при формализации процессов планирования и управления прототипированием.

Описываются схемы выполнения типовой проектной процедуры «Построение обучающих ИЭС и веб-ИЭС» в различных режимах функционирования, а также анализируется технология использования повторно-используемых компонентов при создании обучающих интегрированных экспертных систем. Приводятся количественные оценки различных компонентов/параметров обучающих интегрированных экспертных систем и анализируются дальнейшие перспективы их применения.

Ключевые слова: задачно-ориентированная методология, комплекс АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, обучающие интегрированные экспертные системы, интеллектуальное обучение, модель обучаемого, модель обучения, модель прикладной онтологии, интеллектуальная программная среда, типовая проектная процедура.

Galina V. Rybina

National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow, Russia

Intelligent technology for construction of tutoring integrated expert systems: new aspects

The main aim of this paper is to acquaint readers of the journal "Open Education" with the accumulated experience of construction and practical use in the educational process of Cybernetics Department of the National Research Nuclear University MEPhI of a special class of intelligent tutoring systems, based on the architectures of tutoring integrated expert systems. The development is carried out on the problem-oriented methodology basis and intelligent software environment of AT-TECHNOLOGY workbench. They provide automation of support of all the stages of construction and maintenance of the life cycle of such systems. In the context of basic models, methods, algorithms and tools that implement the conceptual foundations of a problem-oriented methodology, and which are evolutionarily developed and experimentally investigated in the process of constructing various architectures of training integrated expert systems, including web-based ones, some features of the generalized model of intellectual learning and its components are considered (in particular, the competence-based model of the trainee, the adaptive tutoring model, the ontology model of the course /discipline et al.) as well as methods and means of their realization in the current versions of tutoring integrated expert systems.

In current versions of tutoring integrated expert systems examples of implementation of typical intelligent tutoring problems are described for the generalized ontology "Intelligent systems and

technologies" (individual planning of the method of studying the training course, intelligent analysis of training tasks, intelligent support for decision making).

A brief description of the conceptual foundations of the model of the intelligent software environment of the AT-TECHNOLOGY workbench is given and a description of some components of the model is presented with a focus on the basic components — intelligent planner, standard design procedures and reusable components, which provide automated support for the prototyping processes of tutoring integrated expert systems. A brief description of the models and approaches, used in the formalization of the planning and management processes of prototyping is presented. Schemes for the implementation of the standard design procedure "Construction of training IES and web-IES" in different modes of operation are described, as well as the technology of using reusable components for the development of tutoring integrated expert systems. Quantitative estimations of various components/parameters of tutoring integrated expert systems are given and further prospects for their application are analyzed.

Keywords: problem-oriented methodology, AT-TECHNOLOGY workbench, tutoring integrated expert systems, intelligent tutoring, student model, tutoring model, applied ontologies model, intelligent software environment, standard design procedure.

¹Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-01-04696)

Введение

Данная работа продолжает серию статей по теории и технологии построения интегрированных экспертных систем (ИЭС) различной архитектурной типологии на основе авторской задачно-ориентированной методологии [1] и интеллектуальной программной среды комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, обеспечивающих в совокупности автоматизированную поддержку процессов разработки и сопровождения широкого класса статических и динамических ИЭС, в том числе обучающих ИЭС и обучающих веб-ориентированных ИЭС (веб-ИЭС) [1–3]. Основные положения задачно-ориентированной методологии и описание функциональных возможностей различных версий базового инструментария типа workbench — комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ изложены в нескольких монографиях автора, в частности [1, 2], а также в многочисленных работах, опубликованных в журналах «Искусственный интеллект и принятие решений», «Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика», «Информационно-измерительные и управляющие системы» (2008–2017 гг.), а также в трудах национальных конференций по искусственному интеллекту (КИИ) и зарубежных изданиях.

Достаточно широко в печати разных лет освещалась и проблематика, связанная с применением задачно-ориентированной методологии и средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ для целей *интеллектуального обучения* путем разработки интеллектуальных обучающих систем (ИОС), созданных на базе архитектур, обучающих ИЭС и веб-ИЭС, например, [3–5] и др.

Важно отметить, что возможность эффективной практической реализации подобного подхода к построению ИОС обеспечивалась прежде всего за счет:

- активного развития концептуальных основ задачно-ориентированной методологии, позволяющей на базе *масштабируемой* архитектуры ИЭС [1, 2] реализовать достаточно мощную функциональность, необходимую для современных ИОС (построение развитых моделей обучаемых, адаптивных моделей обучения, моделей проблемных областей, моделей объяснения, моделей преподавателя, моделей прикладных онтологий курсов/дисциплин/специальностей и др.);

- использования для автоматизированной поддержки процессов построения ИЭС на всех этапах жизненного цикла платформенно-независимой интеллектуальной программной технологии (на основе средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ) [1, 2, 6], обеспечивающей архивацию уникального экспертно-методического опыта преподавателей-предметников, снижение интеллектуальной нагрузки на инженеров по знаниям (аналитиков знаний), сокращение сроков разработки обучающих ИЭС и веб-ИЭС.

Обучающие ИЭС и веб-ИЭС, разработанные в лаборатории «Интеллектуальные системы и технологии» кафедры «Кибернетика» НИЯУ МИФИ, активно применяются с 2008 г. для автоматизированной поддержки базовых дисциплин по направлениям подготовки «Прикладная математика и информатика» и «Программная инженерия», в том числе: «Введение в интеллектуальные системы», «Интеллектуальные диалоговые системы», «Динамические интеллектуальные системы», «Проектирование кибернетических систем, основанных на знаниях», «Современные архитектуры интеллектуальных систем», «Интеллектуальные информационные системы». Для всех этих курсов/дисциплин с помощью базовых средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ реализованы и ди-

намически поддерживаются соответствующие *прикладные онтологии*, в совокупности образующие *обобщённую онтологию* «Интеллектуальные системы и технологии». Накоплен значительный методологический и технологический опыт автоматизированного ведения значительного числа индивидуальных моделей обучаемых по вышеперечисленным дисциплинам (более 2500 моделей) и соответствующих моделей обучения, анализ которых позволяет использовать и развивать современные новации в задачах интеллектуального обучения на основе обучающих ИЭС и веб-ИЭС.

Следует отметить, что в контексте обобщённой онтологии «Интеллектуальные системы и технологии» и создания единого *онтологического пространства знаний и умений* в настоящее время удалось реализовать, практически, полный набор функциональных задач, характерных для интеллектуальной технологии обучения, в том числе:

«...индивидуальное планирование методики изучения конкретного учебного курса (конкретизация на базе онтологий курсов/дисциплин персональной траектории/ стратегии обучения, индивидуальный контроль и выявление «проблемных зон» в знаниях и умениях обучаемых, оптимизация индивидуального обучения с учётом психологического портрета обучаемого и др.); *интеллектуальный анализ* решений учебных задач (моделирование рассуждений студентов, решающих учебные задачи различного типа, в том числе с использованием неформализованных методик, выявление типов ошибок и причин их проявлений в знаниях и умениях вместо их констатации, обратная связь через динамическое обновление знаний и умений обучаемых, прогноз оценок на экзаменах и др.); *интеллектуальная поддержка принятия решений* (использо-

вание технологии традиционных экспертных систем (ЭС) и ИЭС для интеллектуальной помощи на каждом этапе решения учебных задач, включая расширенные объяснения типа «как?» и «почему?», выбор вариантов решений, подсказку следующего этапа решения и т.д.)...» [2].

Перечисленные возможности обучающих ИЭС и веб-ИЭС в полной мере соответствуют функционально-технологическим аспектам современных зарубежных ИОС, в частности [7–9], и адаптивных обучающих систем [10], а также создают предпосылки для дальнейших исследований по реализации перспективных подходов в виде *интеллектуального мониторинга и интеллектуального коллективного обучения*, а также для *семантической интеграции* отдельных обучающих ИЭС при их параллельном использовании в учебном процессе.

В современных условиях осуществление эффективной практической реализации и дальнейшее функционирование ИОС любой архитектурной сложности невозможны без инструментальной программной поддержки процессов проектирования и сопровождения ИОС на всех этапах жизненного цикла. Однако в настоящее время не существует принятой в качестве стандарта технологии разработки интеллектуальных систем, в том числе ИОС, поэтому для этих целей, как правило, используются инструментальные средства и платформы общего назначения.

Например, концепция и общая архитектура интернет-комплекса IACPaaS (Intelligent Application, Control and Platform as a Service) [11] ориентирована на поддержку единых технологических принципов разработки и использования прикладных и инструментальных интеллектуальных систем, и управления ими. Созданная на основе этого

проекта облачная платформа IACPaaS [12] предназначена для обеспечения поддержки разработки, управления и удаленного использования прикладных и инструментальных мультиагентных облачных сервисов и их компонентов для различных предметных областей. Платформа IACPaaS является примером облачной платформы для реализации программ, обрабатывающих информацию в виде иерархических однородных семантических сетей, в частности, на её основе была реализована интеллектуальная обучающая среда для диагностики острых хронических заболеваний [13].

Описывается опыт использования в образовательной сфере технологии OSTIS (Open Semantic Tehcnology for Intelligent Systems) [14], представляющей собой технологию компонентного (модульного) и платформенно-независимого проектирования совместимых интеллектуальных систем (OSTIS-систем), имеющих сложно-структурированные базы знаний и реализующих параллельные модели обработки знаний.

С другой стороны, в целом ряде зарубежных исследований наблюдается тенденция создания проблемно/предметно-ориентированных инструментариев и технологий для разработки интеллектуальных систем различных классов, например, [15, 16]. Интересные проекты и подходы представлены также в отечественных работах [17, 18] и др.

Для инструментальной поддержки задачно-ориентированной методологии построения ИЭС был создан «...новый теоретический базис и на его основе интеллектуальная программная технология автоматизированного построения ИЭС (в том числе обучающих ИЭС и веб-ИЭС), объединяющая подходы инженерии знаний, онтологического инжиниринга, интеллектуального планирования и традиционно-

го программирования, в рамках которых были предложены, теоретически обоснованы и экспериментально исследованы оригинальные модели, методы и алгоритмы для *интеллектуализации* базовых процессов *прототипирования* прикладных ИЭС...» [1, 2].

Новой концептуальной основой данного подхода является введённое автором понятие «*модели интеллектуальной среды*» [1] (некоторые аспекты, связанные с описанием и реализацией отдельных компонентов этой модели, рассматриваются в разделе 2, а детально данные вопросы обсуждаются в [1, 2, 6, 19, 20] и др. работах).

В центре внимания данной работы находятся результаты экспериментальных исследований, направленных на дальнейшее развитие методов интеллектуальной технологии автоматизированного построения ИОС на основе архитектур обучающих ИЭС и веб-ИЭС.

1. Краткая характеристика обобщённой модели интеллектуального обучения и способов реализации типовых задач интеллектуального обучения

Как неоднократно отмечалось автором, «...задача *обучения* является наиболее сложной и наименее формализованной из всех рассматриваемых в рамках задачно-ориентированной методологии *эвристических моделей решения типовых задач*, что связано, в основном, со слабой разработкой педагогических и психологических теорий получения знаний, формирования понятий, построения умозаключений и др. проблемами...» [1, 2]. Однако, с точки зрения построения некоторой *обобщенной модели задачи интеллектуального обучения* [2], данная неформализованная задача (НФ-задача) может быть легко декомпозирована на упорядоченную последовательность из таких

НФ-задач, как *диагностика, интерпретация, планирование и проектирование*, что позволяет рассматривать все процессы *прототипирования* обучающих ИЭС в рамках единой технологии построения архитектур обучающих ИЭС на всех уровнях интеграции [1], концептуально связав построение *модели обучаемого* (диагностика), *модели обучения* (планирование, проектирование), *модели объяснений* (интерпретация) и др. с инженерией знаний и онтологическим инжинирингом [21].

Поэтому технология разработки архитектуры обучающих ИЭС и веб-ИЭС на основе задачно-ориентированной методологии традиционно включает реализацию таких базовых компонентов, как [1, 2]: компетентностно-ориентированная модель обучаемого (М1), адаптивная модель обучения (М2), расширенная модель объяснений (М3), модель онтологии курса/дисциплины (Ме/Мо). Характерно, что модель проблемной области (ПрО) и методы ее построения, рассматривается в данном случае исключительно в рамках технологии разработки традиционной ЭС либо ИЭС. Возможным расширением модели задачи обучения является опциональное включение модели учителя (в зависимости от специфики реализации и использования модели Ме/Мо).

Рассмотрим особенности методов и подходов к реализации некоторых из перечисленных моделей, наиболее важных в контексте данной работы, и которые в текущих версиях ИЭС и веб-ИЭС являются базовыми компонентами для задач интеллектуального обучения, а именно: индивидуальное планирование методики изучения учебных курсов/дисциплин, интеллектуальный анализ решений учебных задач и интеллектуальная поддержка принятия решений. Детальное описание проводится в [2–5] и др. работах.

1.1. Особенности реализации модели обучаемого (М1)

К настоящему времени хорошо апробирована в учебном процессе достаточно гибкая форма модели обучаемого (М1) – *оверлейная (перекрывающая) сетевая модель*, «...представляющая собой граф, узлам которого соответствуют знания и/или умения, а дугам – отношения между ними (каждому узлу и дуге сопоставляется некоторая величина или набор величин, характеризующих степень владения обучаемым данным *знанием* или *умением*, причем допускается наследование величин)...» [1]. Следует отметить, что «...под термином «знания», в соответствии с О.И. Ларичевым, понимается теоретическая подготовленность обучаемого (*декларативные знания*), а под термином «умения» – умения/навыки применять теорию при решении практических задач (*процедурные знания*)...» [1].

На концептуальном уровне модель М1 представляет собой следующую совокупность сведений [1, 2]: учетную информацию об обучаемом (фамилия обучаемого, номер учебной группы, дата контрольного мероприятия и др.); психологический портрет обучаемого в виде совокупности личностных характеристик; текущий и заключительный уровни знаний и умений обучаемого; информация о текущей и целевой компетенциях обучаемого; сведения о методах и/или алгоритмах выявления уровней знаний и умений обучаемого и используемых алгоритмах психологического тестирования, на основании которых формируется психологический портрет обучаемого. Концептуально-методологические аспекты, связанные с построением всех компонентов модели М1, детально описаны в [1, 2–5] и др. работах, поэтому здесь в фокусе внимания находятся только технологические аспекты формирования онтологического пространства знаний и умений

обучаемых, являющегося объединяющей основой для задач интеллектуального обучения.

Реализация процессов выявления *знаний* осуществляются, как правило, при проведении контрольных мероприятий в режиме RunTime (режим обучаемых) путём динамического формирования текущей компетентностно-ориентированной модели обучаемого, которая строится на основе анализа ответов на вопросы из специальных веб-тестов и последующего сравнения с фрагментами прикладной онтологии курса/дисциплины. Генерация вариантов тестовых заданий производится перед началом веб-тестирования в режиме DesignTime (режим преподавателя) путём применения *генетического алгоритма* к конкретной онтологии курса/дисциплины или к её фрагменту [2].

Опыт показал, что технологически выбранный подход к веб-тестированию оказался достаточно универсальным и гибким, поскольку позволяет осуществлять генерацию тестовых заданий, удовлетворяющих любым критериям, поскольку программная реализация алгоритма отделена и никак не связана с выбранной целевой функцией. Поэтому преподаватель (в режиме DesignTime) не ограничен в выборе критериев, т.е. может использовать как простые статистические меры (математическое ожидание и дисперсия сложности вопросов), так и более сложные (близость распределения сложности к заданному). Метод также не зависит от *модели онтологии* и сохраняет свою работоспособность при введении любых новых параметров (изменение сложности вопроса, учет результата ответов других студентов на этот вопрос и т.д.)

В качестве дополнительного комментария можно добавить, что в настоящее время при генерации вариантов тестовых заданий на основе генетичес-

кого алгоритма поддерживаются следующие методические требования: полученные варианты веб-тестов должны *покрывать* заданный фрагмент онтологии курса/дисциплины, причем в каждом из них не может быть одинаковых вопросов; количество вопросов должно быть одинаковым, а совокупный *уровень сложности* каждого варианта — примерно равным; так называемые «кустовые вопросы» не могут находиться в одном варианте. Что касается методики оценивания знаний, то она базируется на вычислении результирующей оценки за полный тест (детально описана в [1, 2]).

При построении текущей модели обучаемого производится сравнение результатов веб-тестирования с соответствующим фрагментом онтологии курса/дисциплины, в результате чего выявляются так называемые «...*проблемные зоны* в знаниях обучаемого по отдельным разделам и темам курса/дисциплины и текущие компетенции...» [1, 2], отражая состояние модели обучаемого с точки зрения не только выявления уровня *знаний* обучаемых и построении компетентностно-ориентированных моделей обучаемых, но и обеспечивая концептуальную и технологическую связь с процессами компьютерного выявления *умений* обучаемых решать некоторые типы учебных задач.

Следует отметить, что в обучающихся ИЭС и веб-ИЭС, функционирующих на основе обобщенной онтологии «Интеллектуальные системы и технологии», одно из важных мест занимают методы выявления *умений* обучаемого решать учебные НФ-задачи, связанные с моделированием рассуждений, где требуются в основном подходы, использующие методы и средства ЭС и ИЭС, интеллектуальных, диалоговых систем и др. классов интеллектуальных систем [2, 4, 5].

Например, преподавание специальных курсов/дисциплин по направлениям подготовки «Прикладная математика и информатика» и «Программная инженерия» («Введение в интеллектуальные системы», «Экспертные системы», «Интеллектуальные информационные системы», «Интеллектуальные диалоговые системы» и др.) сегодня невозможно без привития навыков и умений обучаемых решать такие практические задачи, как «... умение строить по принципу «сам себе эксперт» моделей простейших ситуаций ПрО на основе фреймов и семантических сетей, моделирование стратегий прямого/обратного вывода в ЭС, построение компонентов лингвистической модели заданных подязыков и другие...» [2]. Перечисленные выше учебные задачи базируются на неформализованных экспертных методиках, опыт реализации которых накоплен в технологиях разработки ЭС и ИЭС, а также, в инженерии знаний и онтологическом инжиниринге [2, 21, 22].

Поэтому, в контексте построения обучающихся ИЭС на основе задачно-ориентированной методологии были созданы и апробированы на практике в учебном процессе НИЯУ МИФИ и других вузов специальные программные средства, реализующие оригинальные «ручные» методики решения различных НФ-задач, в частности, описанные в учебниках и монографиях автора («Основы построения интеллектуальных систем», «Интеллектуальные системы от А до Я: серия монографий в 3х книгах» и др.). Следует отметить, что все эти программные средства в соответствии с концепцией «интеллектуальной программной среды» [1] оформлены как *повторно-используемые компоненты*, используемые для реализации типовой проектной процедуры «Построение обучающихся ИЭС и веб-ИЭС» (рассматриваются далее в разделе 2).

1.2. Особенности реализации модели обучения (М2)

В состав другой базовой модели — адаптивной модели обучения (М2) входят знания о планировании и организации (проектировании) процесса обучения, а также общих и частных методиках обучения, соответствующих индивидуальным моделям обучаемых.

Модель М2 включает «... совокупность моделей М1, совокупность стратегий (планов) обучения и обучающихся воздействий, функцию выбора и/или генерации стратегий обучения в зависимости от входной модели М1, причем управление обучением осуществляется на основе некоторого плана (стратегии), состоящего из определенной последовательности *обучающих воздействий*...» [1, 2]. В настоящее время наиболее востребованными обучающими воздействиями являются: фрагменты гипертекстовых (ГТ) электронных учебников (в частности, по курсу «Введение в интеллектуальные системы»), а также совокупность учебно-тренировочных задач (УТЗ), созданных на основе [23]. Кроме того, важной особенностью реализации архитектуры ИОС на основе обучающихся ИЭС и веб-ИЭС является применение обучающихся воздействий нового типа — «Тренинг с ЭС» либо «Тренинг с ИЭС», суть которых заключается в использовании некоторой прикладной ЭС или ИЭС в качестве *тренажера* для изучения различных методик решения конкретных НФ-задач в различных ПрО [1]. Разработка подобных обучающихся воздействий, представляющих собой полноценную задачу из области инженерии знаний, осуществляется на основе базовых требований задачно-ориентированной методологии построения прикладных ИЭС и использования средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ,

автоматизирующих все этапы жизненного цикла прототипирования ИЭС (детально рассматриваются в [1, 2]).

Методика индивидуального планирования изучения конкретного курса/дисциплины реализуется за счет генерации для каждого обучаемого определенных стратегий (планов) обучения, характеризующихся «...своим набором и порядком применения обучающих воздействий, содержание которых определяется степенью конкретизации поставленной задачи, зависящей от уровня знаний и умений обучаемого, т.е. от модели М1...» [1, 2].

Генерация индивидуальной стратегии обучения происходит динамически в результате сравнения содержания текущей модели обучаемого М1 с прикладной онтологией курса/дисциплины, построенной на основе модели Ме/Мо, в результате чего из множества обучающих воздействий формируется некоторое подмножество воздействий, применение которых необходимо, в частности, для успешного преодоления проблемных зон в знаниях и умениях обучаемого. Затем для формирования индивидуальной траектории применения конкретных обучающих воздействий производится анализ психологического портрета обучаемого, с целью наиболее эффективного учета индивидуальных личностных особенностей обучаемого на всех этапах обучения.

Таким образом, существенная роль в технологиях построения М1 и М2 (режимы RunTime, DesignTime) в настоящее время принадлежит прикладным онтологиям конкретных курсов/дисциплин, выполняющим важнейшую интеграционную функцию в обучающих ИЭС и веб-ИЭС, обеспечивая эффективность использования накопленного арсенала методических и программных средств.

1.3. Особенности реализации онтологического подхода для организации интеллектуального обучения на основе использования обучающих интегрированных экспертных систем

Важной особенностью нового поколения обучающих ИЭС, разработанных на основе авторской задачно-ориентированной методологии и современных средств интеллектуальной программной среды комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ [1,2], является возможность гибкого перехода к формированию прикладных онтологий курсов/дисциплин на базе использования уже построенных ранее иерархических структур соответствующих курсов/дисциплин, отражающих некоторый эталонный уровень знаний преподавателя (эталонная модель Ме [1]). Как показано в [2], использование терминов «эталонная модель курса/дисциплины» (Ме) и «модель онтологии» (Мо), является синонимичным, поскольку построенная с помощью специальных процедур и инструментальных программных средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ иерархическая структура курса/дисциплины представляет собой достаточно типичную прикладную онтологию, а модель Мо в виде семантической сети эквивалентна базовой модели Ме (поэтому используется общее обозначение Ме/Мо).

Поскольку прикладные онтологии выполняют важную интеграционную роль для организации интеллектуального обучения, то ниже приводится детальное описание модели онтологии курса/дисциплины (Ме / Мо).

1.3.1. Базовая модель онтологии курса/дисциплины

Модель прикладной онтологии курса/дисциплины (Ме/Мо), представляющая собой семантическую сеть, описывается в виде «... $M_e = \langle V_e, U_e, C, K_e, RK, I_e, Se \rangle$, где V_e –

множество элементов курса/дисциплины (разделов, тем, подтем и т.д.), которые представляются как $V_e = \{v_1, \dots, v_n\}$, n – количество элементов курса/дисциплины, причем каждый элемент v_i представляет собой тройку $v_i = \langle T_i, W_i, Q_i \rangle$, $i = 1, \dots, n$, где T_i – название элемента структуры курса/дисциплины, $W_i = [0..10]$ – вес вершины v_i , Q_i – множество вопросов, представимое в виде $Q_i = \{ \langle F_{ij}, S_{ij}, I_{ij} \rangle, j = 1..q$, где F_{ij} – формулировка вопроса, $S_{ij} = \{s_{ij1}, \dots, s_{ijr}\}$ – множество ответов, I_{ij} – идентификатор правильного ответа; $U_e = \{u_j\} = \{ \langle V_{kj}, V_{lj}, R_j \rangle, j = 1, \dots, m$ – множество связей между элементами курса/дисциплины, где V_{kj} – родительская вершина, V_{lj} – дочерняя вершина, R_j – тип связи, причем $R = \{R_z\}$, где $z = 1, \dots, Z$, R_1 – связь типа «часть-целое» (агрегация), означает, что дочерняя вершина является частью родительской вершины; R_2 – связь типа «ассоциация», означает, что для владения понятием родительской вершины необходимо владеть понятием дочерней вершины; R_3 – «слабая» связь, означает, что для владения понятием родительской вершины владение понятием дочерней вершины желательно, но не является необходимым; $C = \{C_i\}$, $i = 1, \dots, a$ – множество иерархических связей между элементами курса/дисциплины, при этом $C_i = \langle V_k, V_l \rangle$, где V_k – родительский элемент, V_l – дочерний элемент в иерархической структуре курса/дисциплины (например, V_k – раздел, а V_l – тема, данного раздела); $K_e = \langle K, CK \rangle$ – модель целевых компетенций, где $K = \{K_i\}$, $i = 1, \dots, b$ – множество целевых компетенций, причем $K_i = \langle NC_i, S_i \rangle$, где NC_i – название, а S_i – код компетенции K_i , а $CK = \{CK_i\}$, $i = 1, \dots, c$ – множество иерархических связей между компетенциями, при этом $CK_i = \langle K_{ki}, K_{li} \rangle$, где K_{ki} – компетенция-родитель из совокупности K , а K_{li} – дочерняя компетенция

ция из совокупности K , $k = 1, \dots, d$, $l = 1, \dots, e$; $RK = \{RK_{ij}\}$, $RK_m = \langle V_{ki}, K_{lj}, W_{cij} \rangle$, $m = 1, \dots, f$ – множество связей элементов курса/дисциплины и компетенций, где V_{ki} – элемент множества V_e , K_{lj} – элемент множества K_e , W_{cij} – весовой коэффициент компетенции K_{lj} соответствующий элементу курса/дисциплины V_{ki} » [2,5].

Особого внимания заслуживают два новых компонента, реализованных в настоящее время – это Ie (совокупность моделей обучающихся воздействий) и Se (совокупность моделей выявления навыков/умений обучающихся).

В качестве комментария следует отметить, что за последние годы удалось создать и экспериментально исследовать несколько оригинальных методов и средств выявления и оценивания *умений* обучающихся решать практические НФ-задачи в рамках конкретных курсов/дисциплин [2]. Поэтому были разработаны специальные алгоритмы и программные средства для интеграции элементов онтологий курсов/дисциплин с множеством *повторно-используемых компонентов (ПИК)* [1, 2], реализующих процессы выявления умений обучающихся решать учебные НФ-задачи. Кроме того, значительное расширение прикладных онтологий было связано с реализацией интеграции элементов онтологий с накопленным арсеналом УТЗ и фрагментами ГТ-учебников (оформленных как операционные и информационные ПИК).

Поэтому в состав компонента Ie опционально входят: модели УТЗ в соответствии с [1,2] (в настоящее время поддерживается 7–10 типов УТЗ); множество связей между элементами прикладной онтологии курса/дисциплины и подмножеством УТЗ; модель ГТ-учебника в соответствии с [1,2] (поддерживается HTML-модель ГТ и XML-модель ГТ); множество связей между элементами онтологии

и подмножеством разделов ГТ-учебника.

Соответственно, в состав компонента Se входят: модель процесса выявления умений обучающихся моделировать стратегии прямого/обратного вывода (используется понятие продукционной системы [2]); модель процесса выявления умений обучающихся моделировать простейшие ситуации Про с помощью фреймов (используется диалект классического языка представления знаний FRL [2]); модель процесса выявления умений обучающихся моделировать ситуации Про с помощью семантических сетей (на основе использования специальных процедур и эталонных фрагментов семантических сетей); множество соответствующих связей между элементами онтологий курсов/дисциплин и компонентами перечисленных моделей.

Технологически все процессы построения онтологий обеспечиваются инструментальными средствами комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, включающими специальные средства построения онтологий курсов/дисциплин, средства построения обобщенной онтологии и компонент визуализации (функциональность данных инструментов рассматривается в [2] и др. работах).

1.3.2. Особенности реализации базовых задач интеллектуального обучения

Поскольку методы и программные средства реализации базовых задач интеллектуального обучения путём использования обучающихся ИЭС и веб-ИЭС в учебном процессе НИЯУ МИФИ, неоднократно описывались в публикациях последних лет, например [2–5] и др., то приведем здесь кратко некоторые обобщенные результаты.

Задача «Индивидуальное планирование методики изучения учебного курса». В контексте онтологического подхода построение индивидуальных моделей обучения (М2) по конкретно-

му курсу/дисциплине для каждого студента (т.е. управление обучением) осуществляется в настоящее время на основе *автоматической генерации* конкретных планов (стратегий), причем каждая стратегия обучения включает определенную последовательность обучающихся воздействий, в качестве которых используются:

- чтение заданных разделов ГТ-учебника (разработанного на основе авторского учебника «Основы построения интеллектуальных систем»)

- решение нескольких типов УТЗ различной сложности, методика реализации которых описана в [23] например, «Ввод численного значения для интервала», «Анализ графического изображения», «Формирование ответа путем выбора его составляющих из предложенного перечня», «Маркировка и корректировка текста», «Заполнение пропусков в тексте», «Расстановка соответствий между блоками», «Ввод ответа на открытый вопрос» и др.);

- выполнение обучающих воздействий «Тренинг с ЭС/ИЭС» на базе использования нескольких демонстративных прототипов ИЭС диагностического типа, разработанных на основе экспертного опыта автора и его учеников (включая объяснение полученных результатов, подсказки, локализацию ошибочных действий, контроль правильности решений и др.)

Здесь важно, что *индивидуальная* стратегия обучения характеризуется конкретным набором и порядком применения учебных воздействий, содержание которых определяется степенью детализации поставленной задачи, зависящей от уровня знаний/умений обучающегося и его психологического портрета.

Задача «Интеллектуальный анализ решений учебных задач». Для выявления навыков/умений обучающихся решать учебные НФ-задачи (на базе прикладных онтологий, пред-

ставленных в обобщенной онтологии «Интеллектуальные системы и технологии»), в настоящее время реализовано моделирование и оценивание рассуждений студентов, решающих следующие типы учебных НФ-задач:

- моделирование стратегий прямого/обратного вывода в ЭС и моделирование простейших ситуаций Про с использованием фреймов и семантических сетей (обучающие веб-ИЭС по курсам «Введение в интеллектуальные системы», «Интеллектуальные информационные системы»);

- построение компонентов лингвистической модели подязыка деловой прозы (обучающая веб-ИЭС по курсу «Интеллектуальные диалоговые системы»).

Детальное описание методов реализации и примеры функционирования специальных программных компонентов выявления умений обучаемых решать вышеперечисленные задачи приводятся в [2] и др. работах (например, опубликованных в журнале «Информационно-измерительные и управляющие системы» (2015–2016 гг.).

Задача «Интеллектуальная поддержка принятия решений». В [2–5] был проанализирован опыт применения технологий ИЭС и традиционных ЭС для целей обучения в виде использования специальных обучающих воздействий типа «Тренинг с ЭС/ИЭС». Показано, что в рамках разработки обучающих воздействий подобного типа для различных курсов/дисциплин, содержащих экспертный опыт решения НФ-задач в виде НФ-методик, наиболее актуальной является задача построения моделей Про (в том числе на основе знаний, содержащих отдельные виды НЕ-факторов знаний [1, 2]), а также эффективная реализация режима консультации с ЭС/ИЭС путем построения сценария диалога с обучаемым, в котором

существенное внимание уделяется объяснениям, подсказкам и/или проверке следующего этапа решения задачи и т.д.

Экспериментальное программное моделирование и исследование методов построения отдельных компонентов обучающих ИЭС на основе описанных выше моделей задачно-ориентированной методологии проводилось в интеллектуальной программной среде комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ в рамках реализации *типовой проектной процедуры* «Построение обучающих ИЭС и веб-ИЭС». Детальному описанию модели интеллектуальной среды и ее компонентов посвящен целый ряд работ, например [1, 2, 6, 19, 20] и др., поэтому ниже приводятся только общие сведения о базовых компонентах интеллектуальной среды.

2. Общая характеристика компонентов модели интеллектуальной программной среды комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ

Основной целью задачно-ориентированной методологии и поддерживающего её инструментария — комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ является полнофункциональная автоматизация достаточно сложных и трудоёмких процессов *прототипирования* прикладных ИЭС различной архитектурной типологии на всех этапах жизненного цикла, начиная от системного анализа конкретной Про до создания серии прототипов ИЭС. Обеспечить достижение этой цели (полное или частичное) возможно только путем существенного снижения рисков ошибочных действий, временных затрат и т.п. для инженеров по знаниям (аналитиков знаний) за счёт архивации и использования экспертного и технологического опыта, накопленного на самых трудоёмких этапах проектирования и разработки статических и динамических ИЭС.

Поэтому *модель интеллектуальной программной среды* и методы её реализации, предложенные автором в конце 1990-х годов и эволюционно развиваемые в соответствии со сменой технологических парадигм различных версий комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, позволяют решать некоторые из вышеперечисленных проблем, в частности, снижение интеллектуальной нагрузки на инженеров по знаниям в процессе прототипирования прикладных ИЭС за счёт интеграции методов инженерии знаний и онтологического инжиниринга с интеллектуальным планированием и традиционным программированием.

Детальное описание основных концепций интеллектуальной технологии построения ИЭС, формальное описание модели интеллектуальной программной среды и опыта реализации её отдельных компонентов приводится в монографиях автора, например [1, 2], а также в ряде работ [6, 19, 20] и др., поэтому рассмотрим кратко только те основные определения и понятия, которые наиболее важны для прототипирования обучающих ИЭС.

Модель интеллектуальной программной среды представляется в виде «... четверки $M_{AT} = \langle KB, K, P, TI \rangle$, где KB — технологическая база знаний (БЗ) о составе проекта и типовых проектных решениях, используемых при разработке ИЭС; K — множество текущих контекстов, состоящих из множества объектов из KB , редактируемых или выполняющихся на текущем шаге управления; P — интеллектуальный планировщик, управляющий процессами разработки и тестирования ИЭС; TI — множество инструментов, применяющихся на различных этапах жизненного цикла разработки ИЭС...» [1]. Опишем кратко наиболее важные с точки зрения данной работы компоненты.

Важной декларативной основой процесса интеллектуальной поддержки разработки ИЭС является компонент *KB*, выступающий в качестве информационного хранилища в данной среде и «...определяемый как $KB = \langle WKB, SKB, PKB \rangle$, где *WKB* – это БЗ, содержащая знания о типовых проектных процедурах (ТПП), описывающих последовательность и способы применения инструментальных средств, а также последовательности этапов создания ИЭС; *SKB* – это БЗ, включающая знания об использовании ТПП и повторно-используемых компонентов (ПИК), включая фрагменты созданных ранее прототипов ИЭС; *PKB* (опционально) – представляет собой БЗ, содержащую специфические знания для решения задач, требующих нестандартного подхода...» [1].

Основной процедурный (операционный) компонент *P* – в общем виде описывается «...как $P = \langle SK, AF, Pa, Pb, I, GP \rangle$, где *SK* – состояние текущего контекста, при котором активизируется интеллектуальный планировщик; *AF* – множество функциональных модулей, входящих в состав планировщика; *Pa* – процедура выбора текущей цели на основании плана разработки; *Pb* – процедура выбора наилучшего функционального модуля-исполнителя из списка возможных кандидатов; *I* – процедуры, обеспечивающие интерфейс с соответствующими компонентами комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ; *GP* – процедуры работы с планами разработки ИЭС...» [1].

Теперь рассмотрим базовые элементы компонента *KB* – ТПП и ПИК. Модель любой ТПП представляется в виде «...тройки $TRP = \langle C, L, T \rangle$, где *C* – множество условий, при выполнении которых возможна реализация ТПП; *L* – сценарий выполнения, описанный на внутреннем языке описания действий ТПП;

T – множество параметров, инициализируемых интеллектуальным планировщиком при включении ТПП в план разработки прототипа ИЭС...» [1]. Каждый ПИК, участвующий в разработке прототипа ИЭС, представляется в виде «... $PIK = \langle N, Arg, F, PINT, FN \rangle$, где *N* – имя компонента, под которым он зарегистрирован в комплексе; $Arg = \{Arg_i\}$, $i = 1..l$ – множество аргументов, содержащих поддеревья базы данных текущего проекта, служащие входными параметрами для выполнения функций из множества $F = \{F_i\}$, $i = 1..s$ – множество методов (интерфейсов ПИК) данного компонента на уровне реализации; *PINT* – множество наименований интерфейсов других ПИК, используемых методами данного ПИК, $FN = \{FN_i\}$, $i = 1..v$ – множество наименований функций, выполняемых данным ПИК...» [1].

Таким образом, основной задачей интеллектуального планировщика является динамическая поддержка действий инженера по знаниям на всех этапах жизненного цикла с помощью генерация *планов* разработки прототипов ИЭС и обеспечение возможностей исполнения конкретных планов (производится как в автоматическом режиме, так и в интерактивном режиме). Общая схема планирования процесса разработки каждого прототипа ИЭС с помощью интеллектуального планировщика представлена на рис. 1 [2,19].

Необходимо отметить, что в целом, построение плана разработки прототипа прикладной ИЭС требует «...привлечения самых разных знаний о моделях и методах решения типовых задач, о технологии проектирования и разработки ИЭС, о способах интеграции с внешними БД и ППП и др., поэтому *проектом* по разработке ИЭС называется хранящаяся в некотором формате на физическом но-

сители совокупность знаний и данных о решаемой задаче, на основе которых под управлением интеллектуального планировщика осуществляется процесс прототипирования ИЭС...» [1, 2].

Основной задачей интеллектуального планировщика является динамическая поддержка действий инженера по знаниям на всех этапах жизненного цикла с помощью генерация *глобального* и *детального* планов построения прототипов ИЭС [2, 19], а также синтез макета архитектуры, осуществляющийся на основе интеграции методов ИЭС с выбранными методами *интеллектуального планирования*. Поэтому общая модель процессов прототипирования ИЭС различной архитектурной типологии (M_{proto}) включает [2]: множество ПрО, для которых создаются прикладные ИЭС; множество стратегий прототипирования (как правило, используются 4 стратегии, описанные в [2]); множество прототипов, созданных и/или создаваемых на основе задачно-ориентированной методологии; некоторую функцию экспертной валидации прототипа ИЭС, определяющую необходимость и/или возможность разработки серии последующих прототипов ИЭС для конкретной ПрО; множество всех возможных действий инженеров по знаниям в процессе прототипирования; функцию планирования действий инженеров по знаниям для получения текущего прототипа ИЭС для конкретной ПрО.

Следует отметить, что основная интеллектуальная нагрузка модели M_{proto} во многом зависит от компонента, обеспечивающего планирование последовательности действий в соответствии с конкретной стратегией, определяющей множество наиболее актуальных задач/подзадач данной ПрО для каждого действия инженера по знаниям.

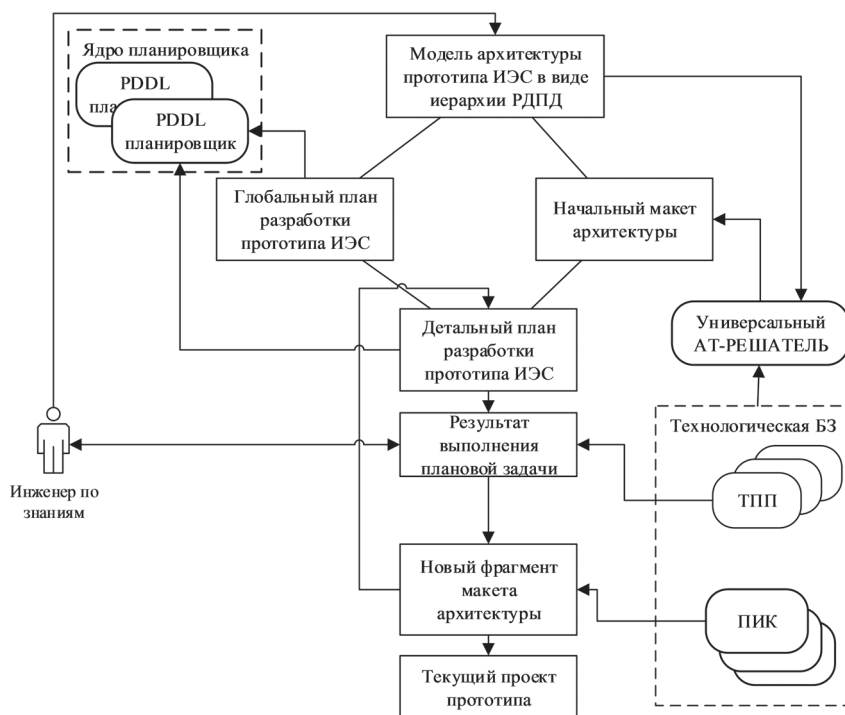


Рис. 1. Схема планирования процессов разработки текущих прототипов ИЭС

Теперь приведём краткую характеристику моделей и подходов, использованных при формализации процессов планирования и управления прототипированием обучающих ИЭС на основе реализации известного метода «поиск в пространстве состояний» [22]. Для этих целей была разработана *модель плана* в виде «... $PL = \langle S, PP, A, R, P, D \rangle$ », где S – множество стадий разработки прототипа ИЭС, под которыми обычно понимаются этапы жизненного цикла создания текущего прототипа ИЭС; PP – множество ТПП, определяющих типологию архитектуры ИЭС; A – множество плановых задач, реализация которых необходима для успешной разработки прототипа ИЭС; R – отношение «входить в состав» между элементами множества A_i из множества A ; P – отношение следования между задачами A_i из множества A ; D – отношение, определяющее выполнимость/невыполнимость задачи A_i из множества A с помощью конкретной ТПП из множества PP ...» [2,19].

Кроме того с целью детализации элементов плана разработана *модель плановой задачи* в виде «... $A_i = \langle K, Inst, Fun \rangle$ », где K – контекст задачи, представляющий собой набор параметров и их значений; $Inst$ – инструментальное средство, с помощью которого возможно решение данной плановой задачи; Fun – функция инструмента $Inst$, позволяющего решать данную задачу с использованием содержимого контекста K ...» [2, 19].

И, наконец, рассмотрим текущую конкретизацию описанной выше модели ТПП. Здесь компонент C определяется как «... $C = \langle Frag_0, ..., Frag_n, RC \rangle$ », где $Frag_0$ – обязательный фрагмент условия; $Frag_1, ..., Frag_n$ – опциональные фрагменты условия, RC – функция, показывающая, попадает ли элемент модели архитектуры в заданный фрагмент условия. Сценарий ТПП детализируется в виде сети задач с опциональными фрагментами $L = \langle AL, F, R \rangle$, где AL – множество общих задач, которые при подстановке параметров T преобразуются в plano-

вые задачи; RL – отношение предшествования между элементами из AL ; F – функция, определяющая, будет ли включена задача A_i в план разработки текущего прототипа ИЭС при включении данной ТПП в план с набором параметров T ...» [2,19].

Что касается выбора наиболее эффективных методов планирования и экспериментального их исследования при реализации нескольких версий интеллектуальных планировщиков, то эти вопросы детально обсуждаются в [1, 2, 6, 19, 20].

Следует добавить, что накопление многолетнего опыта, связанного с разработкой обучающих ИЭС, приводит к усложнению технологической БЗ, в частности, структуры ТПП и росту числа операционных и информационных ПИК, что существенно увеличивает трудоёмкость процессов прототипирования для каждой итерационной процедуры построения отдельных компонентов ИЭС, при этом негативный эффект от неоптимальности плана может быть более значительным. Например, основным значимым алгоритмическим элементом, используемым для построения обучающих ИЭС и веб-ИЭС является ТПП «Построение обучающих ИЭС и веб-ИЭС», технологическая сложность реализации которой связана с необходимостью поддержки двух распределённых режимов функционирования обучающих ИЭС – режима DesignTime, ориентированного на работу преподавателей и/или инженеров по знаниям (построение онтологий курсов/дисциплин, обучающих воздействий различных типов и т.д.), и режима RunTime, предназначенного для работы с обучаемыми (построение текущих компетентностно-ориентированных моделей обучаемых, динамическое формирование индивидуальных стратегий (планов) обучения и т.п.)

3. Особенности использования типовых проектных процедур и повторно-используемых компонентов при построении обучающих ИЭС

3.1. Общая характеристика ТПП «Построение обучающих ИЭС и веб-ИЭС»

Как было отмечено выше, важным алгоритмическим элементом при построении плана прототипирования обучающей ИЭС, является ТПП, под которой «...понимается набор элементарных ходов (инструкций), традиционно совершаемых инженером по знаниям на каждом этапе жизненного цикла разработки при решении каких-либо проектных задач. Интеллектуальный планировщик комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, обладая определенной совокупностью знаний о всех ТПП, формирует набор задач для разработки любого прототипа ИЭС, а затем на основе требований к прототипу ИЭС, сформированных на этапе анализа системных требований, декомпозирует план разработки на более мелкие задачи (подзадачи)...» [1, 2].

Следует отметить, что все ТПП комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ классифицируются следующим образом: «...ТПП, не зависящие от типа задачи (например, приобретение знаний из БД и др.); ТПП, зависящие от типа задачи (например, формирование компонентов обучающих ИЭС и др.); ТПП, связанные с ПИК, т.е. процедуры, содержащие информацию о жизненном цикле ПИК от начала его настройки до включения в макет прототипа ИЭС, а также сведения о решаемых этим ПИК задачах, необходимых настройках и т.д.» [1, 2].

Общая архитектура инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ построена таким образом, что «...вся функциональность является распределенной, т.е. «разно-

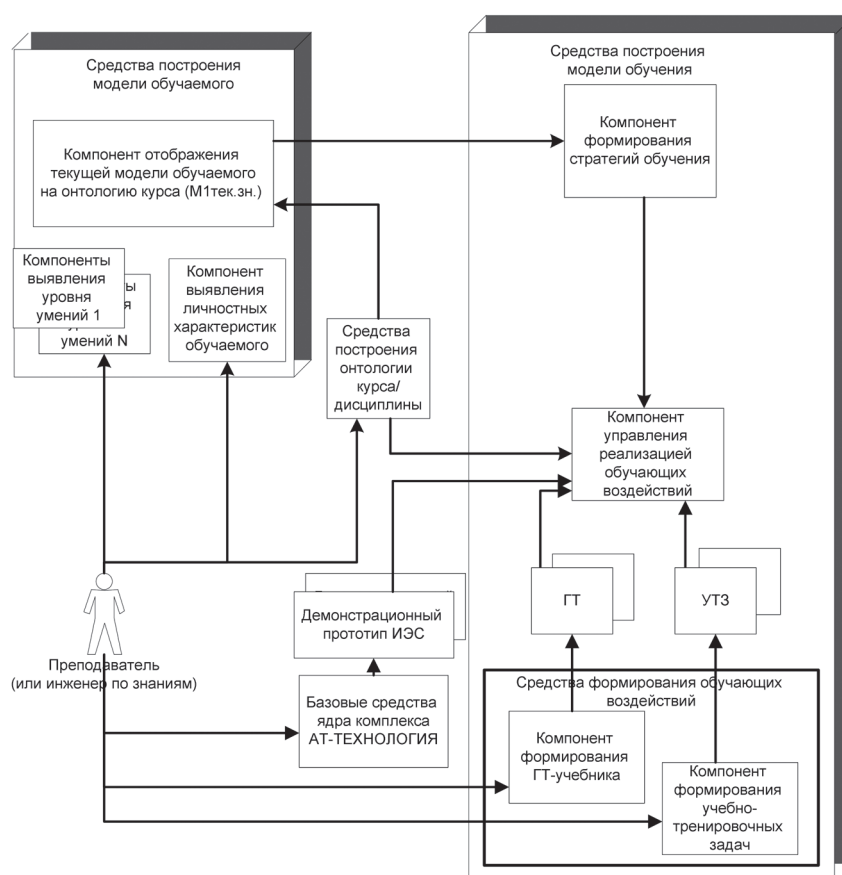


Рис. 2. Схема ТПП «Построение обучающих ИЭС и веб-ИЭС» (режим DesignTime)

сится» на компоненты, зарегистрированные в комплексе и действующие под управлением интеллектуальной программной среды — иными словами, данные компоненты являются ПИК комплекса и реализуются по правилам, определенным для ПИК...» [1]. Для ТПП «Построение обучающих ИЭС и веб-ИЭС» в настоящее время используются две группы ПИК — компоненты, реализующие возможности *процедурного* ПИК, и компоненты, реализующие возможности *информационного* ПИК. На рис. 2 представлена схема ТПП «Построение обучающих ИЭС и веб-ИЭС» в режиме DesignTime, а на рис. 3 — для режима RunTime [1, 2].

Как показано на рис. 2, в данном режиме используются следующие средства комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, оформленные как ПИК: средства формирования обучающих воздействий (ГТ-учебник, со-

вокупность УТЗ); базовые средства ядра комплекса для построения прототипа ИЭС; компонент выявления личностных характеристик обучаемых; средства построения онтологий курсов/дисциплин; компонент формирования стратегий обучения; компонент управления реализацией обучающих воздействий; различные компоненты выявления уровня умений; компонент отображения текущей модели обучаемого на онтологию курса/дисциплины.

На схеме, представленной на рис. 3, показано, что формирование текущей модели обучаемого непосредственно связано как со средствами построения и реализации модели обучения, так и с компонентом отображения текущей модели обучаемого на прикладную онтологию курса/дисциплины, причем компонент отображения также связан с компонентом форми-

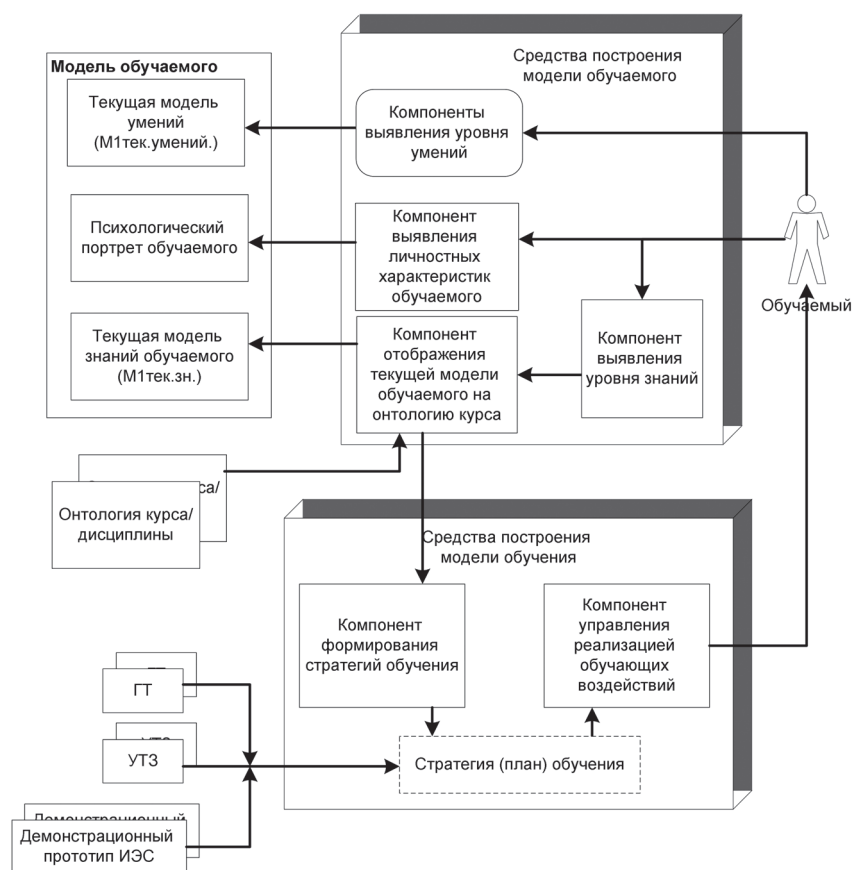


Рис. 3. Схема ТПП «Построение обучающих ИЭС и веб-ИЭС» (режим RunTime)

рования стратегий обучения. Особенностью обучающих ИЭС и веб-ИЭС, реализуемых средствами комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, является наличие компонентов выявления уровня умений обучаемых и средств построения психологического портрета обучающегося (как совокупности личностных характеристик, получаемых в результате психологического тестирования).

Представленная на рис. 2 и рис. 3 ТПП «Построение обучающих ИЭС и веб-ИЭС» достаточно наглядно отражает значительный объем повторяющихся рутинных операций, которые, как правило, должен производить инженер по знаниям на всех этапах процесса проектирования (режим DesignTime) и сопровождения (режим RunTime) обучающих ИЭС и веб-ИЭС по конкретным курсам/дисциплинам.

Например, наибольшую трудоемкость и сложность

представляют собой такие этапы, как построение в режиме «DesignTime» обучающих воздействий типа «Тренинг с ИЭС», что представляет собой полномасштабную проблему разработки прикладной ИЭС для конкретной Про с использованием базовых средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ. Здесь, практически, для всех курсов/дисциплин обобщенной онтологии «Интеллектуальные системы и технологии» необходимо использование методов инженерии знаний в виде НФ-задач и НФ-методик типа [2] «Системный анализ Про на применимость технологии ЭС», «Выбор формализма представления знаний», «Выбор инструментальных средств для ЭС» и др., содержащих экспертные знания. Совокупность перечисленных НФ-задач и их логическая взаимосвязь являются основой для построения модели Про на языке представления зна-

ний, предусмотренном в задачно-ориентированной методологии построения ИЭС [1].

3.2. Конкретизация модели ТПП «Построение обучающих ИЭС и веб-ИЭС»

Рассмотрим пример конкретизации ТПП «Построение обучающих ИЭС и веб-ИЭС», модель которой представляется в виде $TPP_0 = \langle C_0, L_0, T_0 \rangle$, где C_0 – набор условий, при которых инициируется запуск данной ТПП; L_0 – сценарий выполнения ТПП, описанный на внутреннем языке описания сценариев; T_0 – набор параметров, инициализируемых интеллектуальным планировщиком, когда TPP_0 включается в план разработки обучающей ИЭС. С учетом различных режимов функционирования обучаемых ИЭС, данная модель включает модель $TPP_{DT} = \langle C_{DT}, L_{DT}, T_{DT} \rangle$, описывающую режим DesignTime, и модель $TPP_{RT} = \langle C_{RT}, L_{RT}, T_{RT} \rangle$ для режима RunTime.

Набор условий C_0 . Для включения в план разработки TPP_0 должны быть выполнены следующие условия: текущий этап жизненного цикла – анализ системных требований; в составе модели архитектуры обучающей ИЭС (иерархия расширенных диаграмм потоков данных (РДПД) [1]) присутствуют элементы, указывающие на наличие модели обучающегося, модели обучения, модели онтологии курса/дисциплины, модели Про; на иерархии РДПД присутствует хотя бы один элемент, связанный с решением НФ-задачи.

Сценарий L_0 . Ниже указаны основные этапы сценария TPP_0 :

1. *Стадия анализа системных требований.* Выполняется автоматизированное приобретение знаний на основе комбинированного метода приобретения знаний [1], осуществляющего процессы прямого приобретения знаний, построения и верификации

поля знаний [1,2] (для построения обучающего воздействия «Тренинг с ЭС/ИЭС»).

2. *Стадия проектирования.* На данном этапе выполняются такие действия, как:

- построение модели обучаемого (при помощи компонентов выявления уровня знаний и умений обучаемых, компонента выявления личностных характеристик для построения психологического портрета, генератора психологических тестов и др.);

- построение онтологии курса/дисциплины (формирование списка тем, вопросов и компетенций, реализация адаптивного метода репертуарных решеток и др.);

- построение модели обучения (формирование ГТ-учебника, формирование УТЗ, формирование стратегий обучения и др.);

- разработка модели расширенных объяснений;

- формирование средств вывода (в настоящее время поддерживается связка универсального АТ-РЕШАТЕЛЯ и темпорального решателя [1, 2]);

- конвертация полученных фрагментов поля знаний в БЗ на языке представления знаний, предусмотренном задачно-ориентированной методологией [1];

- построение модели диалога для обучающей ИЭС с использованием языка ЯОСД [1];

- конфигурирование компонентов обучающей ИЭС.

3. *Стадия реализации.* На финальном этапе создания прототипа обучающей ИЭС выполняются следующие действия: создание пользовательского интерфейса; интеграция с внешними системами (БД,

ППП и др.); общая интеграция компонентов обучающей ИЭС.

Набор параметров T_o . Включение в план разработки $ТРР_o$ инициализирует как параметр планировщика, в котором хранится информация о выполняемой в данный момент ТПП, так и параметр, в котором хранится текущий шаг сценария ТПП.

Выполнение данной ТПП обеспечивается с помощью совокупности ПИК, реализующих объявленную функциональность на каждой стадии прототипирования ИЭС. В базовой версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ используются процедурные и информационные ПИК [1]: процедурные компоненты предоставляют возможности по выполнению некоторых действий, направленных на получение нетиповых результатов (т.е. действий, которые ранее не были накоплены в репозитории или действий, требующих интерактивной работы с инженером по знаниям); информационные компоненты обеспечивают возможности по выполнению действий, целью которых является получение ранее накопленной в репозитории информации (знаний, данных, схем, структур и т.д.) с копированием ее в текущий проект и/или с дальнейшей обработкой (например, использование ранее созданной ER-диаграммы или анализ типовой диаграммы) и т.д.

В целом относительно роли ПИК следует отметить, что в настоящее время при прототипировании обучающих ИЭС используются около 20 операционных и 50 информационных ПИК, отражающих основные процессы, связанные

с реализацией базовых задач интеллектуального обучения, а также обеспечивающие построение как обобщенной онтологии «Интеллектуальные системы и технологии», насчитывающей уже порядка 900 вершин, так и 6-ти онтологий курсов/дисциплин. Например, наиболее полная онтология «Введение в интеллектуальные системы» имеет около 200 вершин, между которыми построено 20100 связей трёх типов (сильная, средняя, слабая), а также обеспечено взаимодействие с 80 УТЗ 5-ти типов и 20 фрагментами ГТ-учебника.

Заключение

Объем данной работы и ограничения на список авторских публикаций не позволяют дать полноценное, эволюционно развивающееся и логически замкнутое описание многолетнего опыта разработки и внедрения в учебный процесс НИЯУ МИФИ нескольких обучающих ИЭС и веб-ИЭС, функционирующих на основе обобщенной онтологии «Интеллектуальные системы и технологии». Тот, кто захочет более детально познакомиться с отдельными вопросами теории и интеллектуальной технологии построения обучающих ИЭС и веб-ИЭС на основе использования задачно-ориентированной методологии и инструментального комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, может обратиться к другим публикациям автора и его учеников, указанным в тексте, а также непосредственно в лабораторию «Интеллектуальные системы и технологии» кафедры «Кибернетика» НИЯУ МИФИ.

Литература

1. Рыбина Г.В. Теория и технология построения интегрированных экспертных систем. Монография. М.: Научтехлитиздат, 2008. 482 с.
2. Рыбина Г.В. Интеллектуальные системы: от А до Я. Серия монографий в 3 кн.: Кн. 1. Системы основанные на знаниях. Интегриро-

References

1. Rybina G.V. Teoriya i tekhnologiya postroeniya integrirovannykh ekspertnykh sistem. Monografiya. Moscow: Nauchtekhlitizdat, 2008. 482 p.
2. Rybina G.V. Intellectualnye sistemy: ot A do Ya. Seriya monografiy v 3 knigakh. Book 1. Sistemy osnovannye na znaniyakh. Integrirovannye

ванные экспертные системы. М.: Научтехлитиздат, 2014. 224 с.

3. Рыбина Г.В. Обучающие интегрированные экспертные системы: некоторые итоги и перспективы // Искусственный интеллект и принятие решений. 2008. № 1. С. 22–46.

4. Рыбина Г.В. Современные подходы к реализации интеллектуального компьютерного обучения на основе разработки и использования обучающих интегрированных экспертных систем // Приборы и системы. Управление, Контроль, Диагностика. 2010. № 5. С. 10–15.

5. Рыбина Г.В. Интеллектуальные обучающие системы на основе интегрированных экспертных систем: опыт разработки и использования // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2011. № 10. С. 4–16.

6. Рыбина Г.В. Модели и методы реализации интеллектуальной технологии построения интегрированных экспертных систем // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2011. №10. С. 27–37.

7. Nye B.D. Intelligent tutoring systems by and for the developing world: A review of trends and approaches for educational technology in a global context // International Journal of Artificial Intelligence in Education. 2015. № 25. P. 177–203.

8. Bonner D., Walton J., Dorneich M.C., Gilbert S.B., Winer E., Sottolare R.A. The development of a testbed to assess an intelligent tutoring system for teams // Workshops at the 17th International Conference on Artificial Intelligence in Education, AIED-WS 2015; CEUR Workshop Proceedings. 2015.

9. Rahman A.A., Abdullah M., Alias S.H. The architecture of agent-based intelligent tutoring system for the learning of software engineering function point metrics // 2nd International Symposium on Agent, Multi-Agent Systems and Robotics, ISAMSR 2016. 2016. P. 139–144.

10. Sosnovsky S., Mitrovic A., Lee D., Brusilovsky P., Yudelzon M. Ontology-based integration of adaptive educational systems. In: 16th International Conference on Computers in Education (ICCE 2008). 2008. P. 11–18.

11. Грибова В.В., Клещев А.С., Крылов Д.А., Москаленко Ф.М. и др. Проект IACPaaS. Комплекс для интеллектуальных систем на основе облачных вычислений // Искусственный интеллект и принятие решений. 2011. №1. С. 27–35.

12. Грибова В.В., Клещев А.С., Крылов Д.А., Москаленко Ф.М. и др. Базовая технология разработки интеллектуальных сервисов на облачной платформе IACPaaS. Часть 1. Разработка базы знаний и решателя задач // Программная инженерия. 2015. № 12. С. 3–11.

13. Грибова В.В., Островский Г.Е. Интеллектуальная обучающая среда для диагностики острых хронических заболеваний // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016. Труды конференции. Т. 3. Смоленск: Универсум, 2016. С. 171–179.

14. Голенков В.В., Гулякина Н.А. Семантичес-

экспертные системы. Moscow: Nauchtekhlitizdat, 2014. 224 p.

3. Rybina G.V. Obuchayushchiye integrirovannyye ekspertnyye sistemy: osobennosti i perspektivy. Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy. 2008. No.1. P. 22–46.

4. Rybina G.V. Sovremennyye podkhody k realizatsii intellektual'nogo komp'yuternogo obucheniya na osnove razrabotki i ispol'zovaniya obuchayushchikh integrirovannykh ekspertnykh sistem. Pribory i sistemy. Upravleniye, Kontrol', Diagnostika. 2010. No. 5. P. 10–15.

5. Rybina G.V. Intellektual'nyye obuchayemyye sistemy na osnove integrirovannykh ekspertnykh sistem: opyt razrabotki i ispol'zovaniya. Informatsionno-izmeritel'nyye i upravlyayushchiye sistemy. 2011. No.10. P. 4–16.

6. Rybina G.V. Modeli i metody realizatsii intellektual'noy tekhnologii postroyeniya integrirovannykh ekspertnykh sistem. Pribory i sistemy. Upravleniye, kontrol', diagnostika. 2011. No. 10. P. 27–37.

7. Nye B.D. Intelligent tutoring systems by and for the developing world: A review of trends and approaches for educational technology in a global context. International Journal of Artificial Intelligence in Education. 2015. No.25. P. 177–203.

8. Bonner D., Walton J., Dorneich M.C., Gilbert S.B., Winer E., Sottolare R.A. The development of a testbed to assess an intelligent tutoring system for teams. Workshops at the 17th International Conference on Artificial Intelligence in Education, AIED-WS 2015; CEUR Workshop Proceedings. 2015.

9. Rahman A.A., Abdullah M., Alias S.H. The architecture of agent-based intelligent tutoring system for the learning of software engineering function point metrics. 2nd International Symposium on Agent, Multi-Agent Systems and Robotics, ISAMSR 2016. 2016. P. 139–144.

10. Sosnovsky S., Mitrovic A., Lee D., Brusilovsky P., Yudelzon M. Ontology-based integration of adaptive educational systems. In: 16th International Conference on Computers in Education (ICCE 2008). 2008. P. 11–18.

11. Gribova V.V., Kleshchev A.S., Krylov D.A., Moskalenko F.M. i dr. Proekt IACPaaS. Kompleks dlya intellektualnykh system na osnove oblachnykh vychisleniy. Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy. 2011. No.1. P. 27–35.

12. Gribova V.V., Kleshchev A.S., Krylov D.A., Moskalenko F.M. i dr. Bazovaya tekhnologiya razrabotki intellektualnykh servisov na oblachnoy platforme IACPaaS. Chast 1. Razrabotka bazy znaniy i reshatela zadach. Programmaya inzheneriya. 2015. No. 12. P. 3–11.

13. Gribova V.V., Ostrovskiy G.Ye. Intellektual'naya obuchayushchaya sreda dlya diagnostiki ostrykh i khronicheskikh zabolevaniy. Pyatnadsataya natsionalnaya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhduna-rodnyim uchastiem KII-2016. Trudy konferentsii. V 3-kh tomakh. Smolensk: Universum. 2016. Vol. 3. P. 171–179.

14. Golenkov V.V., Gulyakina N.A. Seman-

кие технологии компонентного проектирования систем, управляемых знаниями // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных технологий проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2015): материалы V Международной научно-технической конф. Мн.: БГУИР. 2015 С. 57–78.

15. *Burita L.* Intelligent software ATOM for knowledge systems development // Proceedings of the IADIS International Conference Intelligent Systems and Agents 2013, ISA 2013, Proceedings of the IADIS European Conference on Data Mining 2013, ECDM 2013. 2013 P. 102–106.

16. *Gharaibeh N., Soud S.A.* Software development methodology for building intelligent decision support systems // Doctoral Consortium on Software and Data Technologies – Proc. of the Doctoral Consortium on Software and Data Technologies, DCSOFT 2008; In Conjunction with ICSOFT 2008–2008 P. 3–14.

17. *Тельнов Ю.Ф., Казаков В.А.* Онтологическое моделирование сетевых взаимодействий организаций в информационно-образовательном пространстве // Пятнадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016. Труды конференции. Т1. Смоленск: Универсум, 2016. С.106–114.

18. *Трембач В.М.* Системы управления базами эволюционирующих знаний для решения задач непрерывного образования. М.: МЭСИ, 2013. 255 с.

19. *Рыбина Г.В., Блохин Ю.М.* Методы и средства интеллектуального планирования: применение для управления процессами построения интегрированных экспертных систем // Искусственный интеллект и принятие решений. 2015. №1. С. 75–93.

20. *Rybina G.V., Blokhin Yu.M., Rybin V.M., Sergienko E.S.* Intelligent technology for integrated expert system construction // Advances in Intelligent Systems and Computing. Volume 451. Berlin: Springer, 2016. P. 187–197.

21. *Гаврилова Т.А.* Инженерия знаний. Модели и методы: Учебник. СПб.: Издательство «Лань», 2016. 324 с.

22. *Рассел С., Нордвиг П.* Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1408 с.

23. *Башмаков А.И., Башмаков И.А.* Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. М.: Информационно-издательский дом «Филин», 2003. 616 с.

licheskie tekhnologii komponentnogo proektirovaniya sistem, upravlyaemykh znaniyami. Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektualnykh tekhnologiy proektirovaniya intellektualnykh sistem (OSTIS-2015): materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konf. Mn.: BGUIR. 2015 P. 57–78.

15. *Burita L.* Intelligent software ATOM for knowledge systems development. Proceedings of the IADIS International Conference Intelligent Systems and Agents 2013, ISA 2013, Proceedings of the IADIS European Conference on Data Mining 2013, ECDM 2013. – 2013 P. 102–106.

16. *Gharaibeh N., Soud S.A.* Software development methodology for building intelligent decision support systems. Doctoral Consortium on Software and Data Technologies – Proc. of the Doctoral Consortium on Software and Data Technologies, DCSOFT 2008; In Conjunction with ICSOFT 2008–2008 P. 3–14.

17. *Tel'nov Y.F., Kazakov V.A.* Ontologicheskoye modelirovaniye setevykh vzaimodeystviy v informatsionno-obrazovatel'nom prostranstve. Pyatnadsataya natsional'naya konferentsiya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiyem KII-2016. Trudy konferentsii. T1. Smolensk: Universum, 2016. P.106–114.

18. *Trembach V.M.* Sistemy upravleniya bazami evolyutsioniruyushchikh znaniy dlya resheniya zadach nepreryvnogo obrazovaniya. Moscow: MESI, 2013. 255 p.

19. *Rybina G.V., Blokhin Yu.M.* Metody i sredstva intellektualnogo planirovaniya: primenenie dlya upravleniya protsessami postroeniya integrirovannykh ekspertnykh sistem. Iskusstvennyy intellekt i prinyatie resheniy. 2015. No.1. P. 75–93.

20. *Rybina G.V., Blokhin Yu.M., Rybin V.M., Sergienko E.S.* Intelligent technology for integrated expert system construction. Advances in Intelligent Systems and Computing. Volume 451. Berlin: Springer, 2016. P. 187–197.

21. *Gavrilova T.A.* Inzheneriya znaniy. Modeli i metody: Uchebnik. Saint Petersburg: Izdatel'stvo «Lan'», 2016. 324 p.

22. *Rassel S., Nordvig P.* Iskusstvennyy intellekt: sovremennyy podkhod, 2 ed.: tran. from Eng. Moscow: Izdatel'skiy dom «Vil'yams», 2006. 1408 p.

23. *Bashmakov A.I., Bashmakov I.A.* Razrabotka komp'yuternykh uchebnikov i obuchayushchikh sistem. Moscow: Informatsionno-izdatel'skiy dom «Filin», 2003. 616 p.

Сведения об авторе

Галина Валентиновна Рыбина

Д.т.н., профессор,
профессор кафедры «Кибернетика»
Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ»,
Москва, Россия
Эл. почта: galina@ailab.mephi.ru
Тел.: 8(499)324-28-85

Information about the author

Galina V. Rybina

Dr. Sci. (Eng.), Professor,
Professor of the Cybernetics department
National Research Nuclear University "MEPhI"
Moscow, Russia
E-mail: galina@ailab.mephi.ru
Tel.: 8(499)324-28-85

Геоинформационный мониторинг образовательного риска в учебных заведениях высшего образования

Эффект, полученный человеком и обществом от освоения основных профессиональных образовательных программ, проблематично оценить количественно, что приводит к появлению риска, который характеризует качество процедур принятия управленческих решений по реализации образовательного процесса в учреждениях высшего образования с точки зрения уровня достижения поставленной критериев и показателей. Целью работы является разработка технологии мониторинга образовательного риска на основе геоинформационного подхода и методов интеллектуального анализа данных. Оценка образовательного риска предлагается реализовать через мониторинг качества реализации основных профессиональных образовательных программ учреждения. Под мониторингом образовательного риска при реализации образовательного процесса в учреждениях высшего образования понимается сбор, каталогизацию, предварительную обработку, анализ и визуализацию данных, нацеленные на повышение эффективности и качества предоставления образовательных услуг. Для выполнения поставленной цели применяются следующие методы и подходы: геоинформационный подход, кластерный анализ, теория вероятностей, методы классификации данных, методы прогнозирования, прогнозирование, технологии визуализации данных. Рассмотрены научно-методические аспекты развития методического, информационного и инструментального обеспечения системы управления образовательным риском в учебных заведениях высшего образования. По результатам выполнения работы выявлено, что использование геоинформационных технологий повышает эффективность управления за счет автоматизации сбора, обработки и анализа данных о реализации образовательных программ. Современные геоинформационные технологии предоставляют возможность создания и интеграции системы, имеющей инновационный аналитический функционал, и реализующей новые эффективные технологии, методы и алгоритмы в задачах мониторинга образовательных программ. Использование геоинформационных

технологий обеспечит комплексирование атрибутивных и пространственно-временных данных с учетом географической привязки к картографической основе от подразделений образовательных учреждений, позволит оперативно моделировать процессы и производить оценку реализации ОП. Разработаны математическая модель, метод и алгоритм оценки эффективности реализации образовательных программ в образовательных учреждениях. Оценка характеристик направлений подготовки осуществляется за счет применения метода классификации, используется алгоритм дерева принятия решений, которое позволяет упорядочивать множество специальностей и направлений подготовки в иерархическую, последовательную структуру по установленным правилам. Предлагаемая модель оценки образовательного риска в учебных заведениях позволит всесторонне подойти к оценке процессов, происходящих в подразделениях, поскольку учитывает педагогические, экономические и социальные аспекты. Проведен анализ компонентов и функций образовательного риска. Выполнена программная реализация предлагаемых подходов в системе управления базой данных. Для реализации приложения используются следующие средства разработки: система управления базами данных PostgreSQL; интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio Community 2015; технология создания веб-приложений ASP.NET 5; языки программирования SQL, C#, JavaScript. Приведены результаты апробации предложенной технологии на основе данных приемной комиссии учебного заведения. В заключении можно отметить, что научный подход к оценке образовательного риска приводит к существенным обобщениям в области результата реализации образовательных программ в высших учебных заведениях.

Ключевые слова: мониторинг, образовательный риск, управление, качество, образовательная программа, геоинформационные системы, учебное учреждение, вуз.

Aleksandr N. Kolesenkov, Dmitry S. Zhuravlyov

Ryazan state radio engineering University, Ryazan, Russia

Geoinformation monitoring of the educational risk in educational institutions of higher education

The effect, received by a person and society from mastering the basic professional educational programs is problematic to quantify, which leads to the emergence of a risk that characterizes the quality of management decision-making procedures for implementing the educational process in higher education institutions in terms of the level of achievement of the set criteria and indicators. The aim of the work is the development of technology for monitoring of the educational risk based on the geoinformation approach and methods of data mining. Assessment of the educational risk can be implemented through monitoring the quality of the implementation of the main professional educational programs of the institution. Monitoring of the educational risk in the implementation of the educational process in institutions of higher education means the

collection, cataloging, pre-processing, analysis and visualization of the data, aimed at improving the efficiency and quality of providing educational services. To accomplish this goal, the following methods and approaches are used: geoinformation approach, cluster analysis, probability theory, data classification methods, forecasting methods, forecasting, and data visualization technologies.

The scientific and methodological aspects of the development of the methodical, informational and instrumental support of the educational risk management system in educational institutions of higher education are examined. According to the results of the work, it is revealed that the use of geoinformation technologies increases the efficiency of management by the collection automation, processing and analysis of data on the implementation of educational programs.

Modern geoinformation technologies provide the opportunity to create and integrate a system that has innovative analytical functionality, and implements new effective technologies, methods and algorithms in the tasks of monitoring the educational programs. The use of geoinformation technologies will ensure the integration of attributive and space-time data, taking into account geographical reference to the cartographic basis from the divisions of educational institutions, will allow quickly modeling the processes and evaluating the implementation of the educational programs.

A mathematical model, a method and an algorithm for assessing the effectiveness of the implementation of educational programs in educational institutions have been developed. Evaluation of the characteristics of training directions is carried out through the application of the classification method, the decision tree is used, which allows to order many specialties and training directions in a hierarchical, consistent structure according to the established rules. The proposed model for assessing the educational risk in educational institutions will make a comprehensive evaluation of the processes, taking place in the divisions, since it takes into account pedagogical, economic and social aspects.

The analysis of the components and functions of the educational risk was carried out. The program implementation of the proposed approaches in the database management system has been implemented. To implement the application, the following development tools are used: PostgreSQL database management system; integrated development environment Microsoft Visual Studio Community 2015; technology for creating ASP.NET 5 web applications; programming languages SQL, C #, JavaScript. The results of approbation of the proposed technology on the basis of the data of the admission committee of the educational institution are presented.

In conclusion, we can note that the scientific approach to the assessment of educational risk leads to significant generalizations in the field of the outcome of the implementation of educational programs in higher education institutions.

Keywords: monitoring, educational risk, management, quality, educational program, geoinformation systems, educational institution, university.

Введение

Деятельность образовательных учреждений высшего образования в условиях роста конкуренции на рынке образовательных услуг, преобразования экономических, природных, техногенных и других факторов связана с высоким уровнем неопределенности [1–3]. Большинство исследователей [4] называют главной особенностью образовательных услуг факт, что эффект, который получает человек и общество, трудно оценить количественно, что приводит к появлению риска, поэтому разработка технологии менеджмента образовательного риска на основе современных подходов и систем является актуальной задачей. Как показывает опыт [3, 5–8] образовательный риск характеризует качество информационной поддержки процедур принятия управленческих решений по реализации образовательного процесса в учреждениях высшего образования с точки зрения уровня достижения поставленной критериев и показателей.

Важной составной частью научной идентификации понятия «образовательный риск» является разработка связанной с ним системы, включающей в себя факторы риска, функции риска, методы предупреждения риска и методы снижения

риска. Образовательный риск характеризует ситуацию с позиций различных субъектов рынка образовательных услуг [3].

В работе [3] образовательный риск можно разбить на компоненты:

- фактор образовательного риска;
- уровень образовательного риска;
- показатель образовательного риска;
- анализ образовательного риска;
- управление образовательным риском.

Наиболее важными для образовательных рисков являются следующие функции [1]:

- аналитическая;
- инновационная;
- регулятивная;
- защитная.

Для потребителя образовательных услуг можно выделить основные образовательные риски [2]:

- риск востребованности специальности;
- риск качества образовательной услуги;
- риск получения образовательной услуги в полном объеме.

Для образовательных учреждений можно также выделить основные образовательные риски [1]:

- сложность набора студентов;
- освоение новых направлений подготовки;

- освоение новых форм проведения занятий;
- освоение новых технологий преподавания дисциплин;
- возрастающая конкуренция на рынке образовательных услуг;
- низкая платежеспособность населения.

Постановка задачи

В целях мониторинга и оценки образовательного риска в учебных заведениях предлагается построить систему мониторинга, реализующую специфические функции управления и органично вписывающуюся в общую систему образования. Такая система необходима на всех уровнях управления образованием для информационной поддержки процедур принятия управленческих решений по организации, оптимизации, модернизации и повышению качества реализации образовательных программ в образовательных учреждениях [2].

Выделим специфические функции предлагаемой системы [9]:

- прогнозирование динамики качества реализации образовательных программ;
- организация процесса управления качеством образования, распределение, закрепление и реализация функций;
- контроль качества реализации образовательных про-

грамм по характеристикам его потенциала, текущего состояния и результата;

- регулирование качества реализации образовательных программ, обеспечение заданных соотношений индикаторов;

- оценка качества реализации образовательных программ и возможности его повышения;

- исследование качества реализации образовательных программ в области исторических аспектов его формирования, ограничений, приоритетов, негативных влияний и критических факторов;

- мотивация к действиям, направленным на повышение качества образования.

Технология мониторинга образовательного риска

Оценку образовательного риска предлагается реализовать через мониторинг качества реализации образовательных программ образовательного учреждения [2]. Под мониторингом образовательной программы (ОП) будем понимать сбор, обработку и представление данных относительно заданных критериев и показателей, нацеленные на обеспечение эффективности и повышение качества образовательного процесса. Учет своевременной обратной связи на основе промежуточных результатов для соответствующих критериев позволит оперативно вносить изменения в образовательные программы [2, 10].

Все критерии оценки качества реализации ОП можно разделить на 2 группы [13, 14]:

- критерии $\{Z_i, i = \overline{1, N}\}$, для которых лучшее значение минимально;

- критерии $\{R_j, j = \overline{1, M}\}$, для которых лучшее значение максимально.

Модель процесса мониторинга образовательных программ предлагается представ-

вить следующим образом:

$$f_m = f(K, T), \quad (1)$$

где K – множество постоянных и изменяющихся критериев образовательных программ, которые изменяют свои значения во времени t и под воздействием различных факторов; T – периодичность фиксации изменения состояний объектов;

$$K = \{Q, R\} \quad (2)$$

Состояние объекта подразумевает набор R состоящий из множества атрибутов $Q = \{Q_i, i = \overline{1, N}\}$ и $R = \{R_j, j = \overline{1, M}\}$.

Для оценки ОП предлагается использовать следующую функцию эффективности:

$$\xi = \frac{M}{N} \cdot \sum_{i=1}^N Q_i \setminus \sum_{j=1}^M R_j, \quad (3)$$

где Q_i – нормализованное значение каждого из i – го критерия затрат; R_j – значение каждого из i -го критерия результатов.

Построение функции ξ по годам обучения позволит выявить динамику качества реализации образовательных программ, а также провести рейтинговую оценку ответственных за реализацию образовательных программ подразделений.

Для осуществления постоянного мониторинга ОП в образовательных учреждениях предлагается следующий алгоритм.

1. Выбор критериев и методов получения их нормализованных значений.

2. Вычисление статистических показателей.

3. Разработка и инициализация специализированного набора слоев и объектов.

4. Интеграция атрибутивной информации.

5. Получение данных от подразделений образовательных учреждений, реализующих ОП.

6. Расчет функции эффективности ОП по формуле (3).

7. Прогнозирование динамики заданных критериев.

8. ГИС-моделирование процессов образовательных учреждений, реализующих ОП.

9. Построение средствами ГИС рейтингов оценки подразделений по значениям статистических характеристик.

Современные ГИС-технологии предоставляют возможность создания и интеграции системы, имеющей инновационный аналитический функционал, и реализующей новые эффективные технологии, методы и алгоритмы в задачах мониторинга ОП. Использование ГИС-технологий обеспечит комплексирование атрибутивных и пространственно-временных данных с учетом географической привязки к картографической основе от подразделений образовательных учреждений, позволит оперативно моделировать процессы и производить оценку реализации ОП [10–12].

На основе ГИС-технологий предлагается осуществлять [13]:

- анализ текущего состояния ОП;

- прогнозирование динамики состояния ОП;

- прогнозирование динамики множества критериев;

- анализ востребованности выпускников, успешно освоивших ОП;

- оценку эффективности распределения учебных заведений, реализующих ОП;

- оценку мобильности выпускников, успешно освоивших ОП;

- оценку научного потенциала выпускников, успешно освоивших ОП;

- моделирование различных процессов в образовательных учреждениях, реализующих ОП.

Структура ГИС представляет собой многоуровневую реляционную модель, содержащую набор слоев и объектов, включая географические данные, их связи и атрибутив-

ную информацию [14]. Каждый слой включает таблицу, содержащую информацией об элементах картографической основы. При этом ГИС платформа позволяет в оперативном режиме извлекать интересующую пользователя информацию из базы данных в требуемом формате, а также визуализировать её на карте.

Практическая реализация

Задачу хранения данных в ГИС предлагается решить, поставив в соответствие каждому графическому объекту (точке, линии, полигону) дополнительную информацию, хранящуюся в таблицах интегрированной или внешней базы данных. Обращение к данным из базы данных предлагается реализовать при помощи SQL-запросов, характер и сложность которых будет определяться типом информации, содержащейся в таблицах. Применение такого способа позволит осуществлять фильтрацию данных по заданным параметрам, объединять таблицы, сортировать и обобщать данные [2, 15, 16].

Для реализации приложения (рис. 1) выбраны следующие средства разработки:

- система управления базами данных PostgreSQL;

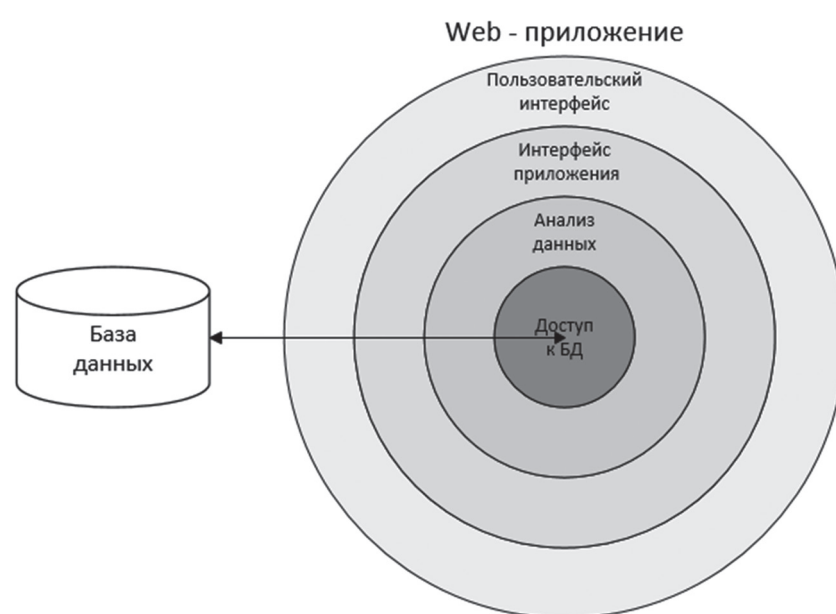


Рис. 1. Структурная схема приложения

- интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio Community 2015;
- технология создания веб-приложений ASP.NET 5;
- языки программирования — SQL, C#, JavaScript.

Важнейшим элементом системы является хранилище данных, которое описывает предметную область и хранит данные для дальнейшего анализа и обработки [17]. В результате реализации проекта была разработана база данных (рис. 2) с помощью системы управления базами данных PostgreSQL.

База данных состоит из 7 таблиц следующего содержания: «Аналитика», «Учебное заведение», «Кафедра или подразделение», «Специальность и направления подготовки», «Текущие данные», «Результаты прогноза».

Основными методами интеллектуального анализа данных является классификация, кластеризация, прогнозирование, ассоциация, визуализация. Оценка характеристик направлений подготовки осуществляется за счет применения метода классификации, используется алгоритм дерева принятия ре-

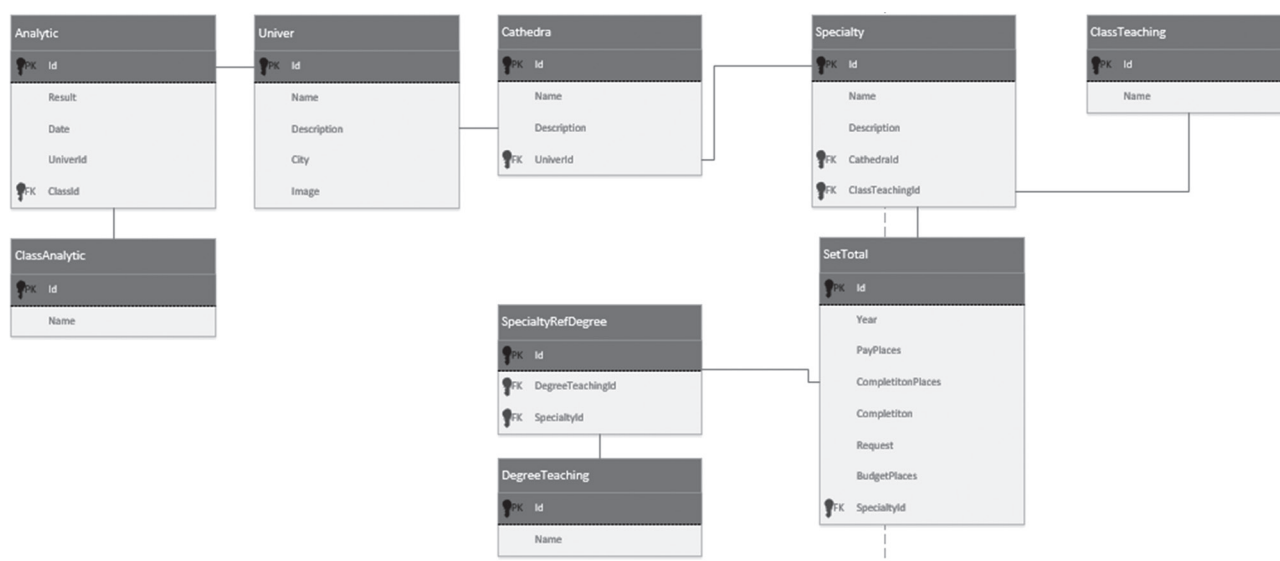


Рис. 2. Схема базы данных

Данные факультета автоматики

Направление подготовки	Проходной балл	Количество мест	Количество заявлений	Конкурс
Управление в технических системах	186,96	32	175	5,47
Информационные системы и технологии	198,8	20	113	5,65
Стандартизация и метрология	202,5	10	38	3,8
Автоматизация технологических процессов и производств	202,56	32	186	5,81
Биотехнические системы и технологии	181	10	70	5,81
Приборостроение	188,75	15	65	4,33
Мехатроника и робототехника	187,71	14	102	7,29

Таблица 2

Описание атрибутов

Атрибут	Прирост информации	Условие классификации
Проходной балл	0,49	(181 – 191,7) и (191,7 – 202,5)
Количество мест	0,49	(10 – 21) и (21 – 32)
Количество заявлений на поступление	0,46	(38 – 112) и (112 – 186)

шений С4.5. Данное решение упорядочивает множество специальностей в иерархическую, последовательную структуру, по установленным правилам. Алгоритм С4.5 предоставляет возможность строить дерево из неполной обучающей выборки, работать с числовыми атрибутами и отсекал ветви дерева [18].

Алгоритм для оценки характеристик направлений подготовки (рис. 3) включает следующие шаги:

1. Определить атрибуты для реализации классификации, которые являются узлами дерева;
2. Реализовать выборку данных из хранилища данных;
3. Построить модель классификации, определить условия для каждого узла;
4. Определяется порядок построения узлов в дереве, путем вычисления прироста информации для каждого из атрибутов;
5. Установить оценки для листов дерева решений.

Полученные результаты

Работы алгоритма апробирована на открытых данных Рязанского государственного радиотехнического университета за 2016 год, которые представлены в табл. 1. Для рассматриваемых направлений подготовки выделены проходной балл,

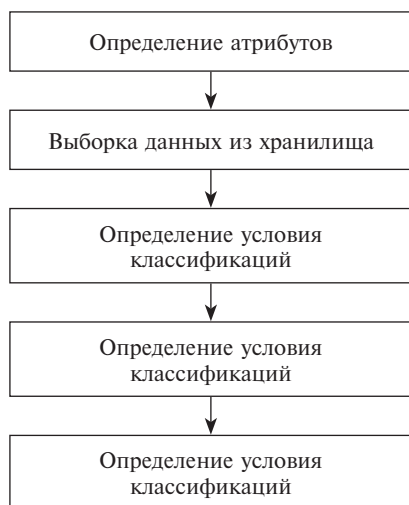


Рис. 3. Алгоритм классификации данных

количество бюджетных мест, количество поданных заявлений, конкурс. Минимальный проходной баллы – на направление подготовки «Биотехнические системы и технологии», максимальный – на «Автоматизация технологических процессов и производств». При этом наименьший конкурс на направление «Стандартизация и метрология», наибольший – на направление «Мехатроника и робототехника». Это обусловлено различным количеством бюджетных мест на каждое направление и различным количеством поданных абитуриентами заявлений.

В данном случае атрибутами являются проходной балл, количество мест, количество заявлений на поступление (табл. 2).

Прирост информации каждого атрибута рассчитываем по формуле [19, 20]:

$$Gain(S) = Info(T) - Info_s(T), \quad (4)$$

где $Info(T)$ – энтропия множества T до разбиения; $Info_s(T)$ – энтропия после разбиения S .

Вычисление прироста информации атрибута проходной балл производится следующим образом:

$$\begin{aligned}
 Info(T) &= \\
 &= \left(-\frac{4}{7} \log_2 \left(\frac{4}{7} \right) \right) + \left(-\frac{3}{7} \log_2 \left(\frac{3}{7} \right) \right); \\
 Info_s(T) &= \\
 &= \frac{4}{7} \left(-\frac{4}{7} \log_2 \left(\frac{4}{7} \right) \right) + \\
 &\quad + \frac{3}{7} \left(-\frac{3}{7} \log_2 \left(\frac{3}{7} \right) \right); \\
 Gain(S) &= 0,985 - 0,488 = 0,49 \text{ бит.}
 \end{aligned}$$

Результат классификации направлений факультета автоматики и информационных технологий в управлении представлен на рис. 4.

Заключение

Программная реализация оценки характеристик направлений высших учебных заведений осуществлена на языке программирования C# как отдельная библиотека и может

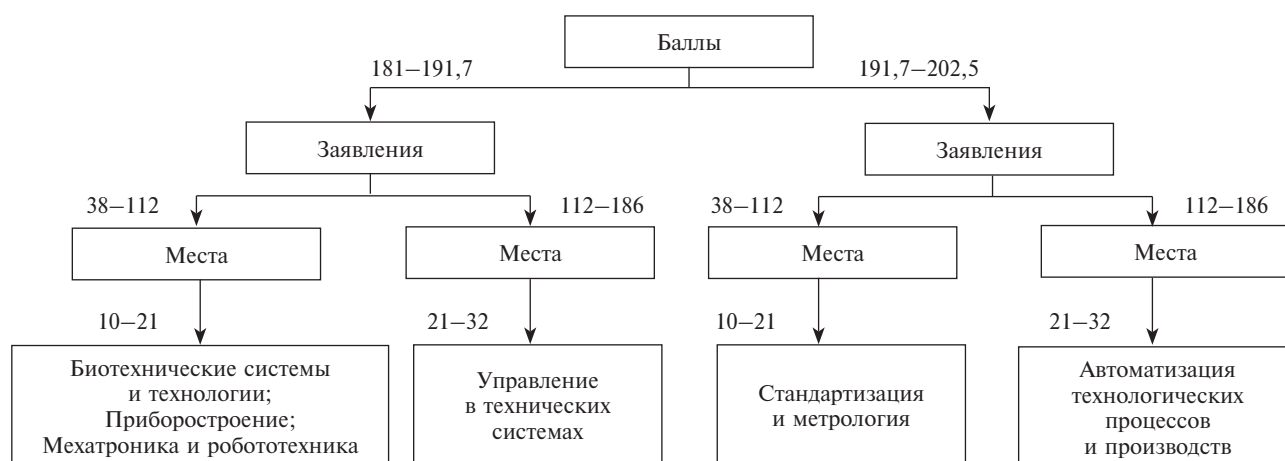


Рис. 4. Дерево решений

быть интегрирована в любую автоматизированную систему, где применяются аналогичные технологии. В настоящее время библиотека содержит метод классификации, который на вход принимает атрибуты аналитики (проходные баллы, списки зачисленных абитуриентов, количество бюджетных мест и коммерческих мест, перечень профессий), а на выходе выдает листья дерева.

Полученные в результате проведения экспериментальных исследований данные по-

казывают, что предложенный подход к мониторингу образовательного риска является эффективным и может применяться для информационной поддержки процедур принятия управленческих решений в области менеджмента высшего образования.

Научный подход к оценке образовательного риска приводит к существенным обобщениям в области результата реализации образовательных программ в высших учебных заведениях. В рамках работы предложена

устойчивая в долгосрочной перспективе концепция компетентности, включающая не только мониторинг качества образования, но и оценку возможности рисков реализации этого качества в профессиональной деятельности. На макро-уровне предлагаемыми средствами можно проводить оценку работы образовательных учреждений в рамках регионов по различным индикаторам с дальнейшей визуализацией результатов на интуитивно понятных картах-диаграммах.

Литература

1. Глебова Л.Н., Кузнецова М.Д. Мониторинг качества высшего педагогического образования. М.: Логос, 2012. 368 с.
2. Чубарова О.И. Образовательный риск как экономическая категория, его сущность // Ползуновский вестник. 2005. № 1. С. 199–208.
3. XIN Tao, LI Feng & LI Ling-yan An International Comparison of Elementary Education Quality Assessment // Journal of Beijing Normal University (Social Science Edition). 2007. P. 5–10.
4. Brown G. The Quality of Learning of Learning and How to Assess it // Lifelong Learning in Europe. 1999. Vol. 4. Issue 1. P. 47–54.
5. Dohmen G. Lifelong Learning for All – innovative perspectives of continuing education // Lifelong Learning in Europe. 1999. Vol. IV. Issue 3. P. 154–158.
6. Dinham S. The quality teaching movement in Australia encounters difficult terrain: a personal perspective // Australian Journal of Education. 2013. № 57. P. 91–106. DOI: 10.1177/0004944113485840.
7. Гуров В.С., Корячко В.П., Таганов А.И., Моисеенко В.П., Таганов Р.А. Опыт создания и применения ресурсов электронной информации-

References

1. Glebova L.N., Kuznetsova M.D. Monitoring kachestva vysshego pedagogicheskogo obrazovaniya. Moscow: Logos, 2012. 368 p. (In Russ.)
2. Chubarova O.I. Obrazovatel'nyy risk kak ekonomicheskaya kategoriya, ego sushchnost'. Polzunovskiy vestnik. 2005. No. 1. P. 199–208. (In Russ.)
3. XIN Tao, LI Feng & LI Ling-yan An International Comparison of Elementary Education Quality Assessment. Journal of Beijing Normal University (Social Science Edition). 2007. P. 5–10.
4. Brown G. The Quality of Learning of Learning and How to Assess it. Lifelong Learning in Europe. 1999. Vol. 4. Issue 1. P. 47–54.
5. Dohmen G. Lifelong Learning for All – innovative perspectives of continuing education. Lifelong Learning in Europe. 1999. Vol. IV. Issue 3. P. 154–158.
6. Dinham S. The quality teaching movement in Australia encounters difficult terrain: a personal perspective. Australian Journal of Education. 2013. No. 57. P. 91–106. DOI: 10.1177/0004944113485840.
7. Gurov V.S., Koryachko V.P., Taganov A.I., Moiseenko V.P., Taganov R.A. Opyt sozdaniya i primeneniya resursov elektronnoy informatsionno-

онно-образовательной среды по направлению ИПИ (CALS) и CASE (САПР) – технологий // Труды VII Всероссийской научно-методической конференции «Телематика-2010». 2010. Том 1. С. 166–167.

8. *Heyneman S.P., Lee B.* The impact of international studies of academic achievement on policy and research // Handbook of international large-scale assessment: Background, technical issues and methods of data analysis. 2014. P. 37–72.

9. *Kamens D.H., McNeely C.L.* Globalization and the growth of international educational testing and national assessment. Comparative Education Review. 2009. № 54. P. 5–25. DOI: 10.1086/648471.

10. *Таганов А.И., Таганов Р.А.* Методические основы создания информационных систем сферы образования. Рязань: РГРТУ, 2006. 342 с.

11. *Attfield I., Vu B.T.* A rising tide of primary school standards: The role of data systems in improving equitable access for all to quality education in Vietnam // International Journal of Educational Development. 2013. № 33. P. 74–87. DOI: 10.1016/j.ijedudev.2012.02.003.

12. *Колесников А.Н., Таганов А.И.* Концепция геоинформационной технологии мониторинга образовательных программ онлайн-обучения // Открытое и дистанционное образование. 2015. Вып. № 60. С. 69–73.

13. *Колесников А.Н.* Информационная поддержка принятия решений при организации и построении систем дистанционного обучения // Дистанционное и виртуальное обучение. 2016. № 5 (107). С. 62–68.

14. *Колесников А.Н., Таганов А.И.* Применение геоинформационных технологий в задачах управления образовательным процессом вуза // Управление качеством инженерного образования. Возможности ВУЗов и потребности промышленности: Тезисы докладов второй международной научно-практической конференции. 2016. С. 121.

15. *Костров Б.В., Баранчиков А.И.* Теория и методы исследования моделей и алгоритмов представления данных для предметных областей с ранжируемыми атрибутами // Вестник РГРТУ. 2013. № 5. выпуск 47. С. 59–64.

16. *Барсегян А., Куприянов М., Холод И., Тесс М., Елизаров С.* Анализ данных и процессов. СПб: БХВ-Петербург, 2009, 544 с.

17. *Балабанов И.Т.* Риск-менеджмент. М.: ФиС, 1996, 192 с.

18. *Чернова Г.В., Кудрявцева А.А.* Управление рисками. М.: Из-во Проспект, 2003. 160 с.

19. *Вяткин В.Н., Вяткин И.В., Галуза В.А.* Риск менеджмент. М.: Дашков и К, 2003, 512 с.

20. *Саркисян С.А.* Теория прогнозирования и принятия решений. М: Высшая школа, 1977, 351 с.

obrazovatel'noy sredy po napravleniyu IPI (CALS) i CASE (SAPR) – tekhnologiy. Trudy VII Vse-rossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii «Telematika-2010». 2010. Vol 1. P. 166–167. (In Russ.)

8. *Heyneman S.P., Lee B.* The impact of international studies of academic achievement on policy and research. Handbook of international large-scale assessment: Background, technical issues and methods of data analysis. 2014. P. 37–72.

9. *Kamens D.H., McNeely C.L.* Globalization and the growth of international educational testing and national assessment. Comparative Education Review. 2009. No. 54. P. 5–25. DOI: 10.1086/648471.

10. *Taganov A.I., Taganov R.A.* Metodicheskie osnovy sozdaniya informatsionnykh sistem sfery obrazovaniya. Ryazan: RGRTU, 2006. 342 p. (In Russ.)

11. *Attfield I., Vu B.T.* A rising tide of primary school standards: The role of data systems in improving equitable access for all to quality education in Vietnam. International Journal of Educational Development. 2013. No. 33. P. 74–87. DOI: 10.1016/j.ijedudev.2012.02.003.

12. *Kolesenkov A.N., Taganov A.I.* Kontseptsiya geoinformatsionnoy tekhnologii monitoringa obrazovatel'nykh programm onlayn-obucheniya. Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie. 2015. Iss. No. 60. P. 69–73. (In Russ.)

13. *Kolesenkov A.N.* Informatsionnaya podderzhka prinyatiya resheniy pri organizatsii i postroenii sistem distantsionnogo obucheniya. Distant-sionnoe i virtual'noe obuchenie. 2016. No. 5 (107). P. 62–68. (In Russ.)

14. *Kolesenkov A.N., Taganov A.I.* Primenenie geoinformatsionnykh tekhnologiy v zadachakh upravleniya obrazovatel'nyim protsessom vuza. Upravlenie kachestvom inzhenernogo obrazovaniya. Vozmozhnosti VUZov i potrebnosti promyshlennosti: Tezisy dokladov vtoroy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2016. P. 121. (In Russ.)

15. *Kostrov B.V., Baranchikov A.I.* Teoriya i metody issledovaniya modeley i algoritmov predstavleniya dannykh dlya predmetnykh oblastey s ranzhiruemyimi atributami. Vestnik RGRTU. 2013. No. 5. Iss. 47. P. 59–64. (In Russ.)

16. *Barsegyan A., Kupriyanov M., Kholod I., Tess M., Elizarov S.* Analiz dannykh i protsessov. Saint Petersburg: BKhV-Peterburg, 2009, 544 p. (In Russ.)

17. *Balabanov I.T.* Risk-menedzhment. Moscow: FiS, 1996, 192 p. (In Russ.)

18. *Chernova G.V., Kudryavtseva A.A.* Upravlenie riskami. Moscow: Iz-vo Prospekt, 2003. 160 p. (In Russ.)

19. *Vyatkin V.N., Vyatkin I.V., Galuza V.A.* Risk menedzhment. Moscow: Dashkov i K, 2003, 512 p. (In Russ.)

20. *Sarkisyan S.A.* Teoriya prognozirovaniya i prinyatiya resheniy. Moscow: Vysshaya shkola, 1977, 351 p.

Сведения об авторах**Александр Николаевич Колесенков**

К.т.н., доцент кафедры космических технологий
Рязанский государственный радиотехнический
университет,
Рязань, Россия

Эл. почта: sk62@mail.ru

Тел.: +7 (952) 120-02-55

Дмитрий Сергеевич Журавлев

Студент

Рязанский государственный радиотехнический
университет, Рязань, Россия

Эл. почта: dmitro.zhuravlev@yandex.ru

Тел.: +7 (910) 611-78-89

Information about the authors**Aleksandr N. Kolesenkov**

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor
of the Department of space technology
Ryazan state radioengineering university,
Ryazan, Russia

E-mail: sk62@mail.ru

Tel.: +7 (952) 120-02-55

Dmitry S. Zhuravlyov

Student

Ryazan state radioengineering university,
Ryazan, Russia

E-mail: dmitro.zhuravlev@yandex.ru

Tel.: +7 (910) 611-78-89

Некоторые замечания об оценке знаний студентов университетов

Данная работа посвящена исследованию и моделированию процесса приобретения знаний студентами университетов. Основной же задачей работы является построение процесса приобретения знаний студентом, а также его анализ, с целью определения индивидуального подхода к обучающемуся. В работе рассматривается простейший случай построения процесса приобретения знаний у студентов, который приводит к грубому (первоначальному) описанию процесса приобретения знаний. Рассматривается описание процесса приобретения знаний и схема контроля его переменных.

Исходными данными для поставленной задачи являлись опросы студентов, проводимые на протяжении семестра в некоторых группах. Первый опрос состоял из вопросов по школьной программе, и далее были вопросы по дисциплине по мере изучения материала. В результате таких опросов для каждого студента была получена обучающая выборка, представляющая собой количество баллов, полученных за ответы на вопросы. Эта выборка в дальнейшем была использована для построения модели получения знаний студентом. С математической точки зрения подобная задача близка к задаче восстановления функции по наблюдениям. Существует два подхода для решения данной задачи: параметрический и непараметрический. Параметрический подход состоит в выборе вида функции с точностью до вектора параметров и последующей оценки этих коэффициентов по обучающей выборке. Таким образом, каждому студенту группы будут соответствовать свое уравнение с отличающимися от других своими коэффициентами. Непараметрический подход не предполагает этапа предварительной параметризации модели, а необходимы лишь некоторые качественные свойства последней. Это следует из

того факта, что непараметрические аппроксимации относятся к классу локальных.

В итоге каждый студент по окончании эксперимента будет иметь свою кривую процесса приобретения знаний, и соответственно свое собственное уравнение образовательного процесса (своеобразная «визитная карточка» в данный момент), со своими коэффициентами. Конечно, процесс накопления знаний для каждого студента будет различным, несмотря на то, что изучение новой дисциплины начинается одновременно. Так, более старательные и заинтересованные в обучении студенты начинают сразу изучение материала, по мере его поступления, в то время как другие, растягивают этот процесс до конца семестра. Также в работе приводится сравнение и анализ процесса приобретения знаний для студентов разного уровня (успешный, средний и неуспешный уровень знаний студентов). Таким образом, в процессе анализа «визитной карточки» студента можно увидеть, как приобретаются знания студентами. В настоящей статье моделирование процесса приобретения знаний у студентов в университете рассматривается с достаточной общей точки зрения. Безусловно, важным является формирование показателей образования, их анализ и оценивание. Имея данные наборы показателей можно увидеть, как учатся студенты в университетах, и, возможно, обнаружить слабые места, провалы в знаниях, которые надо исправлять. Также анализируя подобную «визитную карточку» студента преподаватель может скорректировать свой индивидуальный подход к его обучению.

Ключевые слова: знания, процесс приобретения знаний студентами, математическое моделирование.

Darya I. Yareschenko

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

Some comments on the assessment of students' knowledge at the University

This article is devoted to the study and modeling of the process of acquiring knowledge by students at the University. The main task of the work is the construction process of acquiring knowledge by a student and its analysis to determine an individual approach to the student. This paper considers the simplest case of the construction of the process of knowledge acquisition by students, which leads to the initial description of the process of knowledge acquisition. The description of the process of acquiring knowledge and the control scheme of its variables are considered.

The initial data for the task will be the results of student surveys, conducted throughout the semester in some groups. The training sample was obtained as a result of such surveys for each student. This sample was used to construct a model for obtaining knowledge by the student. From a mathematical point of view, such a problem is close to the task of reconstructing a function from observations. Two approaches exist for solving this problem: parametric and nonparametric. The parametric approach consists in choosing the form of the function up to a vector of parameters and the subsequent evaluation of these coefficients by a training sample. Thus, a certain equation will correspond to each student of the group and equation will differ from others by its coefficients. A nonparametric approach does not require preliminary parametrization of the model, and needs only some qualitative properties of the latter. This follows from the

fact that nonparametric approximations belong to the class of local. Therefore, each student at the end of the experiment will have his curve of the process of acquiring knowledge, and accordingly his own equation of the educational process (a kind of a "visiting card" at the moment). Of course, the learning process for each student will be different, despite the fact that studying a new discipline starts at the same time. So, more diligent and interested in teaching students start studying the material as it is received, while others stretch the process until the end of the semester. The paper compares and analyzes of the process of acquiring knowledge for students of different levels (successful, intermediate and unsuccessful level of students' knowledge). Thus, in the analysis process of the student "visiting card" we can see as students acquire the knowledge. In this article the modeling of the process of knowledge acquisition among students at the University is considered from a general point of view. Of course, it is important to develop education indicators, their analysis and evaluation. These sets of indicators help us to see how students study at Universities, and possibly find weaknesses, gaps in knowledge that need to be corrected. Also analyzing the similar "visiting card" of a student, the lecturer can correct your individual approach to his learning.

Keywords: knowledge, the process of acquiring knowledge by students, mathematical modeling.

Знание — это то, что наиболее существенным образом возвышает одного человека над другим

Д.>Addисон

Введение

За последние годы многочисленные попытки улучшить качество образования в России не привели к желаемым результатам. В итоге на сегодняшний день образовательный уровень обучающихся намного ниже, чем в предшествующие десятилетия [1]. Но, не смотря на все изменения, происходящие в образовании, все еще остаются студенты, имеющие желание учиться и получать новые знания. Такие студенты в итоге достигают высоких результатов [2].

Отметим некоторые суждения об образовательном процессе нынешнего времени: художественный руководитель МХАТ Ю.М. Соломин: «Недавно мы с коллегами обсуждали выпуск последних четырёх лет... Уровень нашей образовательной школы вопиюще низкий!» [3]. Кинорежиссер Н.С. Михалков: «... у нас просто беда с образованием. Беда-а-а! То, что делает Министерство образования — катастрофа!» [4].

Также необходимо отметить негативное влияние ЕГЭ для абитуриентов, поступающих в университеты. Приведем некоторые высказывания по поводу единого экзамена. Одним из противников ЕГЭ является Председатель Политической партии «Справедливая Россия» С.М. Миронов: «... Все-таки с самого начала хотел бы заявить однозначную свою позицию: я категорический противник единого государственного экзамена в любой форме. Я считаю, что это очень большая ошибка, сделанная руководством Министерства образования и науки РФ, и нисколько не сомневаюсь, что мы вынуждены будем вносить коррективы ...» [5].

Исходя из всех высказываний, можно сделать вывод, что образовательный процесс требует к себе повышенного внимания и является одной из актуальнейших проблем в России [6, 7]. Таким образом, в качестве моделирования реального процесса был выбран образовательный процесс в университете, а именно исследование процесса приобретения знаний студентами университета [8].

Существует множество подходов по оценке знаний обучающихся. Так, например, в учебно-методическом издании Гладкой И.В., [9] приводятся возможные способы оценивания учебных успехов школьников.

В работе [10] описываются методологические основы оценки знаний. Введены необходимые условия для повышения качества образования. Также предлагается ввести 100-бальную систему оценивания в вузе и 10-бальную шкалу для средних школ.

В работе [11] автор обращает внимание на американский опыт оценивания знаний, где нужно оценивать не итоговый ответ на экзамене, а всю проделываемую работу по усвоению материала конкретной дисциплины, так называемую накопительную систему оценок.

В приведенных источниках предлагаются разные пути решения тех проблем, которые имеют своей целью совершенствование процесса обучения, оценку качества образования и знаний.

В настоящей статье моделируется и исследуется процесс приобретения знаний студентами (соответствующая «визитная карточка»), который в дальнейшем поможет найти индивидуальный подход к обучающемуся, определить слабые места, помочь студенту обратить внимание на расстановку приоритетов при обучении в университете.

1. Моделирование процесса приобретения знаний

Поступая в университет, студенты начинают приобретать новые знания, навыки, по разным дисциплинам. Для того чтобы определить предрасположенность обучающихся к той или иной специальности, они сдают экзамены по соответствующим дисциплинам в среднем образовательном учреждении. Известно, что знания приобретаются со временем [8, с. 7–10]. Начиная изучать новую дисциплину в университете, студенты должны обладать первоначальными знаниями, которые необходимы для данной дисциплины. Поэтому для моделирования процесса приобретения знаний в университете была предложена следующая схема. Студентам на первом опросе необходимо было ответить на пять вопросов по школьной программе и далее в течение семестра раз в две недели проводились опросы уже по изучаемой дисциплине. В результате проведенного эксперимента для каждого студента была получена обучающая выборка. Эта выборка в дальнейшем была использована для построения модели получения знаний студентом. С математической точки зрения подобная задача близка к задаче восстановления функции по наблюдениям. Традиционный путь решения этой задачи состоит в выборе (определении) вида функции с точностью до вектора параметров и последующей оценки этих коэффициентов по обучающей выборке [12, 13]. Таким образом, каждому студенту группы будут соответствовать свои уравнение с отличающимися от других своими коэффициентами. Другим вариантом является использование непараметрического алгоритма, который не предполагает знание параметров модели объекта с точностью до коэффициентов [14, 15].

Итак, что же такое «знание»? В некоторых источниках существуют следующие определения. «Знание — это проверенный практикой результат познания действительности, верное ее отражение в сознании человека» [16].

«Знание — обладание какими-либо сведениями, осведомленность в какой-либо области» [17].

«Знание — субъективный образ объективной реальности, т.е. адекватное отражение внешнего и внутреннего мира в сознании человека в форме представлений, понятий, суждений, теорий» [18].

Рассматривая процесс приобретения знаний можно увидеть его аналогию с анализом движения изучаемое в механике, где пройденный путь является произведением постоянной скорости на время. Пройденный путь будет являться путем от начала поступления в университет и до его окончания. Если в процессе движения скорость не постоянна, то должна быть добавлена компонента, учитывающая ускорение (замедление). Так и процесс приобретения знаний может быть также непостоянным, это может зависеть от самых разных факторов. Мы можем постоянно и непрерывно приобретать знания или же наоборот, какое то время мы можем не усваивать новую информацию. Если рассматривать процесс приобретения знаний с разной скоростью, то здесь также будет иметь место ускорение и замедление процесса получения знаний.

Для моделирования процесса приобретения знаний студентами предлагается использовать общеизвестную схему идентификации [19] с той лишь разницей, что роль измерительных устройств будут играть эксперты (рис. 1).

На процесс приобретения знаний студентами (рис. 1) действуют следующие факторы: вектор входных управляемых воздействий: $\bar{u}(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t))$, вектор входных неуправляемых воздействий: $\bar{\mu}(t) = (\mu_1(t), \mu_2(t), \dots, \mu_n(t))$, и внешние воздействия $\xi(t)$, которые имеют самый разный характер. Входные переменные процесса $u(t)$ и $\mu(t)$ также могут быть различными. В качестве примера можно привести

управляемые переменные $\bar{u}(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_m(t))$, — учебные материалы, доступность связи с преподавателем, а в качестве неуправляемых переменных $\bar{\mu}(t) = (\mu_1(t), \mu_2(t), \dots, \mu_n(t))$ — баллы аттестата, желание учиться, бытовые условия и т.д. В дальнейшем эта модель будет расширяться добавляться новые переменные. Вектор выходных переменных $\bar{x}(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_k(t))$ — знания, приобретенные в процессе обучения.

Необходимо отметить, что многие технические, технологические процессы, а также отдельные фрагменты организационных процессов описываются с помощью дифференциальных уравнений. Следуя известным аналогиям физических процессов можно отметить, что обучаемые в начальный момент времени обладают некоторым набором знаний, далее в процессе обучения они могут приобретать знания с постоянной скоростью, а также в последующем приобретение знаний может осуществляться с изменяющейся скоростью. Таким образом, процесс накопления знаний, зависящий от тех или иных переменных, влияющих на образование, может быть описан дифференциальным уравнением следующего типа:

$$u(t) = \alpha x_0 + \beta \frac{dx(t)}{dt} + \gamma \frac{d^2x(t)}{dt^2}; \quad (1)$$

где $u(t)$ — входные переменные процесса, которые влияют на приобретения знаний; x_0 — переменная, определяющая уровень знаний, уже имеющихся у абитуриентов при поступлении в университет; $\frac{dx(t)}{dt}$ — скорость приобретения (усвоения) знаний; $\frac{d^2x(t)}{dt^2}$ — некоторая характеристика, которая показывает, что знания приобретаются с изменяющейся скоростью; α , β и γ — некоторые коэффициенты, подлежащие определению. В настоящей статье, из соображения простоты, входная неуправляемая переменная $\mu(t)$ опускается.

Приведем уравнение (1) к дискретной форме:

$$x_t = au_t + bx_{t-1} - cx_{t-2} - dx_0, \quad (2)$$

где коэффициенты $a = \frac{\Delta t^2}{\beta \Delta t + \gamma}$, $b = \frac{\beta \Delta t + 2\gamma}{\beta \Delta t + \gamma}$, $c = \frac{\gamma}{\beta \Delta t + \gamma}$, $d = \frac{\alpha \Delta t^2}{\beta \Delta t + \gamma}$ могут быть найдены, например, при помощи метода наименьших квадратов (МНК) [20]. Сформируем критерий:

$$F(a, b, c, d) =$$

$$= \sum_{i=1}^s (x_i - (au_i + bx_{i-1} - cx_{i-2} - dx_0))^2 \rightarrow \min_{a, b, c, d} \quad (3)$$

Находим частные производные критерия (3) по переменным a , b , c и d , и, приравни-

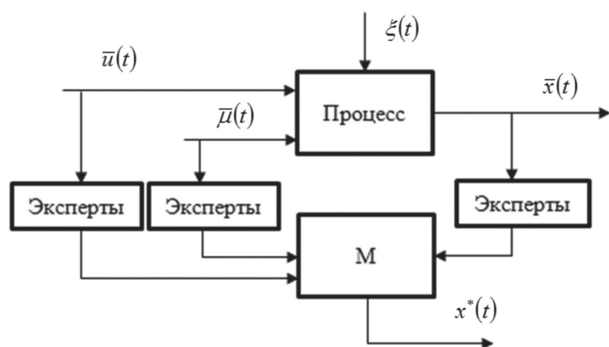


Рис. 1. Схема моделирования процесса приобретения знаний обучающимися

вая их к нулю $\frac{\partial F(a,b,c,d)}{\partial a} = 0$, $\frac{\partial F(a,b,c,d)}{\partial b} = 0$,
 $\frac{\partial F(a,b,c,d)}{\partial c} = 0$ и $\frac{\partial F(a,b,c,d)}{\partial d} = 0$, приходим к
 следующей системе:

$$\begin{cases} a \sum_{i=1}^s u_i^2 + b \sum_{i=1}^s u_i x_{i-1} - c \sum_{i=1}^s u_i x_{i-2} - d x_0 \sum_{i=1}^s u_i = \sum_{i=1}^s x_i u_i, \\ a \sum_{i=1}^s u_i x_{i-1} + b \sum_{i=1}^s x_{i-1}^2 - c \sum_{i=1}^s x_{i-2} x_{i-1} - d x_0 \sum_{i=1}^s x_{i-1} = \sum_{i=1}^s x_i x_{i-1}, \\ a \sum_{i=1}^s u_i x_{i-2} + b \sum_{i=1}^s x_{i-1} x_{i-2} - c \sum_{i=1}^s x_{i-2}^2 - d x_0 \sum_{i=1}^s x_{i-2} = \sum_{i=1}^s x_i x_{i-2}, \\ a x_0 \sum_{i=1}^s u_i + b x_0 \sum_{i=1}^s x_{i-1} - c x_0 \sum_{i=1}^s x_{i-2} - d x_0^2 = x_0 \sum_{i=1}^s x_i. \end{cases} \quad (4)$$

Решаем полученную систему уравнений (4) методом Крамера и получаем формулы для нахождения коэффициентов a , b , c и d . Далее найденные коэффициенты будут использоваться в уравнении (2). Таким образом, каждому обучающемуся будет поставлено в соответствие уравнение с определенными коэффициентами (своеобразная карточка студента).

2. Идентификация в узком и широком смысле

В случае идентификации в узком смысле [12] предполагается выбор уравнения описывающего исследуемый процесс с точностью до вектора параметров. Следующий основной этап состоит в оценке этих параметров по наблюдениям входных и выходных переменных: $x(t)$, $u(t)$, $\mu(t)$. При идентификации в широком смысле этап выбора модели с точностью до параметров отсутствует, т.е. параметрическая модель не известна. Поэтому поведом приведем известное высказывание профессора Н.С. Райбмана из книги П. Эйкхоффа [12]: «Априорная информация об объекте при идентификации в широком смысле отсутствует или очень бедная, поэтому приходится предварительно решать большое число дополнительных задач. К этим задачам относятся: выбор структуры системы и задание класса моделей, оценивание степени стационарности и линейности объекта и действующих переменных, оценивание степени и формы влияния входных переменных на выходные, выбор информативных переменных и др. К настоящему времени накоплен большой опыт решения задач идентификации в узком смысле. Методы же решения задач идентификации в широком смысле начали разрабатываться только в последние годы, и здесь результаты значительно скромнее, что в первую очередь можно объяснить чрезвычайной трудностью задачи». При идентификации в широком смысле, естественно воспользоваться непараметрическим алгоритмом, который не предполагает знание параметров модели объекта с точностью до коэффициентов.

Пусть дана двумерная случайная величина (z, y) с неизвестными плотностями распределения $p(z, y)$, $p(z) > 0$ для любых $z \in R^1$, и выборка статистически независимых наблюдений $(z_i, y_i, i = \overline{1, s})$.

Известно [19], что непараметрическая оценка функции регрессии имеет следующий вид:

$$y_s(z) = \frac{\sum_{i=1}^s y_i \Phi\left(\frac{z - z_i}{C_s}\right)}{\sum_{i=1}^s \Phi\left(\frac{z - z_i}{C_s}\right)}, \quad (5)$$

где колоколообразные функции $\Phi\left(\frac{z - z_i}{C_s}\right)$ и параметр размытости C_s удовлетворяют некоторым условиям сходимости. В случае если $z(t)$ вектор размерности n , то формула (5) примет вид:

$$y_s(z) = \frac{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^n y_i \Phi\left(\frac{z_j - z_i}{C_s}\right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^n \Phi\left(\frac{z_j - z_i}{C_s}\right)}. \quad (6)$$

Для моделирования образовательного процесса уравнение (6) несколько изменится:

$$x_t = \frac{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^n y_i \Phi\left(\frac{x_{t-1}^j - x_{i-1}^j}{C_s}\right) \prod_{j=1}^n \Phi\left(\frac{u_t^j - u_i^j}{C_s}\right) \prod_{j=1}^n \Phi\left(\frac{\mu_t^j - \mu_i^j}{C_s}\right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^n \Phi\left(\frac{x_{t-1}^j - x_{i-1}^j}{C_s}\right) \prod_{j=1}^n \Phi\left(\frac{u_t^j - u_i^j}{C_s}\right) \prod_{j=1}^n \Phi\left(\frac{\mu_t^j - \mu_i^j}{C_s}\right)}, \quad (7)$$

где x_t , как и ранее в формулах (1) и (2), являются знаниями, накопленными за время t .

3. Построение процесса приобретения знаний студентами

Эксперимент по оцениванию уровня знаний студентов происходил на протяжении семестра. За первоначальный уровень брался процент знаний, полученный за ответы на вопросы по школьной программе. Далее проводились опросы один раз в две недели по дисциплине по мере изучения материала. В результате была получена обучающая выборка $\{x_i, u_i, i = \overline{1, s}\}$ где s — число опросов. Для анализа и сравнения уровня знаний были получены графики процесса приобретения знаний самого успешного студента (отличник), среднего студента (ударник) и неуспешного студента (троечник).

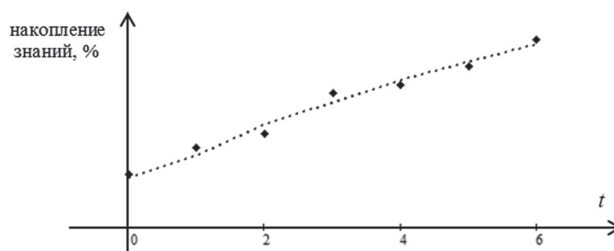


Рис. 2. Процесс приобретения знаний успешного студента с использованием МНК

Рассмотрим процесс приобретения знаний для успешного студента. Уравнение (2) для успешного студента примет следующий вид:

$$x_t = 1,839u_t + 0,464x_{t-1} + 0,386x_{t-2}. \quad (8)$$

В случае непараметрической оценки в качестве $\Phi\left(\frac{x - x_i}{C_s}\right)$ используем треугольное ядро

$$\Phi\left(\frac{x - x_i}{C_s}\right) = \begin{cases} 1 - \frac{|x - x_i|}{C_s}, & \left|\frac{x - x_i}{C_s}\right| < 1, \\ 0, & \left|\frac{x - x_i}{C_s}\right| \geq 1. \end{cases}, \text{ таким обра-}$$

зом, получаем следующую аппроксимацию:

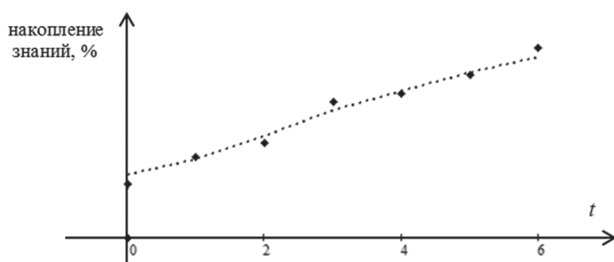


Рис. 3. Процесс приобретения знаний успешного студента с использованием непараметрической оценки регрессии

Приведенные рисунки соответствуют процессу приобретения знаний успешным студентом. На графике показан уровень знаний студента, приобретаемый по мере изучения дисциплины. Из рисунков видно, что было проведено 7 опросов, из которых первый опрос проходил по школьной программе. Успешный студент регулярно учится и только увеличивает свой объем знаний, поэтому кривая процесса возрастает. Также из рисунков видно, что непараметрическая оценка регрессии предпочтительнее описывает процесс приобретения знаний студентом.

Можно утверждать, что такие кривые на определенном этапе приобретения знаний являются своеобразной «визитной карточкой» студента. Иными словами подобные эксперименты, проводимые со студентами, могут быть для нас в достаточной степени объективны в оценке приобретения знаний с течением времени.

Для среднего студента уравнение имеет следующий вид:

$$x_t = 2,875u_t + 0,35x_{t-1} + 0,125x_{t-2}. \quad (9)$$

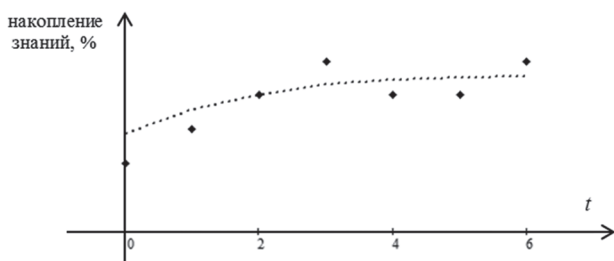


Рис. 4. Процесс приобретения знаний среднего студента с использованием МНК

В случае непараметрической оценки:

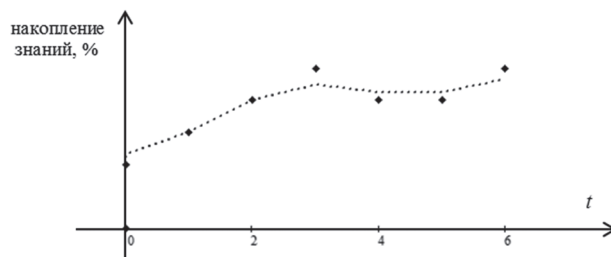


Рис. 5. Процесс приобретения знаний среднего студента с использованием непараметрической оценки регрессии

Приведенные рисунки соответствуют процессу приобретения знаний средним студентом. Из рисунков видно, что средний студент не регулярно повышает свой уровень знаний в отличие от успешного студента, поэтому здесь можно говорить о различной скорости приобретения знаний.

Для неуспешного студента уравнение имеет следующий вид:

$$x_t = 2,178u_t + 0,278x_{t-1} + 0,055x_{t-2}. \quad (10)$$

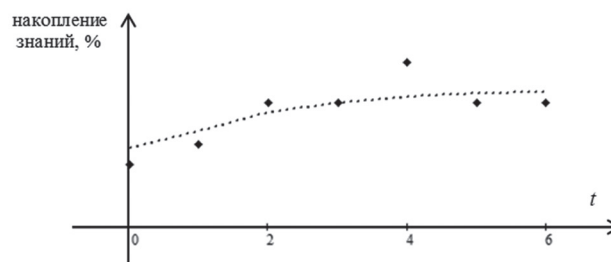


Рис. 6. Процесс приобретения знаний неуспешного студента с использованием МНК

В случае непараметрической оценки:

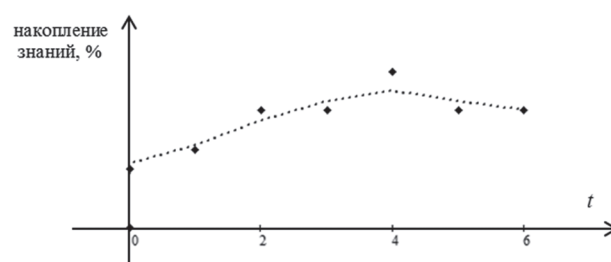


Рис. 7. Процесс приобретения знаний неуспешного студента с использованием непараметрической оценки регрессии

Приведенные рисунки соответствуют процессу приобретения знаний неуспешным студентом. Здесь также можно наблюдать замедление процесса приобретения знаний, их утрата с течением времени.

Таким образом, построенные кривые показывают изменения процесса приобретения знаний студентами. Как видно из вышеприведенных рисунков непараметрическая оценка функции регрессии дает наиболее правдоподоб-

ные результаты, чем аппроксимация процесса приобретения знаний дифференциальным уравнением с использованием МНК.

Вывод

Приведенная выше методика моделирования процесса приобретения знаний студентами, а также вычислительные эксперименты с использованием реальных данных опросов студентов привели к следующим выводам. В частности каждый студент по окончании семестра будет иметь свою кривую процесса приобретения знаний, и соответственно свое собственное уравнение образовательного процесса (своеобразный аналог «визитной карточки» в данный момент). Это позволяет скорректировать подход преподавателя к обучению с каждым студентом, что

сродни индивидуальному обучению, которое может привести к изменению учебного плана.

В дальнейшем при моделировании образовательного процесса необходимо будет учитывать по возможности все факторы, влияющие на приобретение знаний студентами. В некоторых случаях они будут носить эмоциональный характер, психологический, а также иметь и переменные, характеризующие социальную сторону. По-видимому, будет необходимо вводить новые переменные $u(t)$ и $\mu(t)$. В этом случае уравнение описывающее процесс приобретения знаний может иметь вид $x_t = F(x_{t-1}, x_{t-2}, \mu_t, \mu_{t-1}, \mu_{t-2}, u_t, u_{t-1}, u_{t-2}, v_t, v_{t-1}, v_{t-2})$, где $v(t)$ — некоторые новые дополнительные факторы, влияющие на образовательный процесс [21]. Разработка и исследование этого уравнения предполагают дальнейшие исследования.

Литература

1. Дискуссия об образовании // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2010. Вып. 5. С. 197–206.
2. Осенняя. Жаркая. Наша. Пять высших наград завоевала Российская сборная на олимпиаде по робототехнике // Поиск: еженедельная газета научного сообщества. 2014. № 49. URL: www.poisknews.ru (дата обращения: 12.05.2015).
3. Соломин Ю.М. «Раньше на экране показывали душу, а сегодня — злато» // Еженедельник «Аргументы и факты». 2013. № 40. URL: www.aif.ru (дата обращения: 14.03.2016).
4. Михалков Н.С. «У меня нет врагов. И Ксюша мне не враг!» // Еженедельник «Аргументы и факты». 2014. №41. URL: www.aif.ru (дата обращения: 05.02.2016).
5. Миронов С.М. «Я категорический противник ЕГЭ в любой форме» // Палата депутатов партии Справедливая Россия. URL: www.srduma.ru (дата обращения: 29.11.2015).
6. Медведев А.В. Некоторые замечания об образовательном процессе // Т. 8: Проблемы управления в социальных системах / Гл. ред. Ф.П. Тарасенко. Томск: изд. Томского университета, 2015. Вып. 12. С. 151–171.
7. Медведев А.В., Ярлыкова Л.К. О компьютерном «портрете» образовательного процесса // Труды IX Всероссийской научно-практической конференции «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве (AS'2013)». Новокузнецк, 2013. С. 12–19.
8. Медведев А.В., Ярещенко Д.И. О моделировании процесса приобретения знаний студентами в университете // Журнал «Высшее образование сегодня». 2017. Вып. 1. С. 7–10.
9. Гладкая И.В. Оценка образовательных результатов школьников. СПб.: КАРО, 2008. 142 с.

References

1. Diskussiya ob obrazovanii. Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta imeni akademika M.F. Reshetneva. 2010. Iss. 5. P. 197–206. (In Russ.)
2. Osenniyaya. Zharkaya. Nasha. Pyat' vysshikh nagrad zavoevala Rossiyskaya sbornaya na olimpiade po robototekhnike. Poisk: ezhenedel'naya gazeta nauchnogo soobshchestva. 2014. No. 49. URL: www.poisknews.ru (accessed: 12.05.2015). (In Russ.)
3. Solomin Yu.M. «Ran'she na ekrane pokazivali dushu, a segodnya — zlato». Ezhenedel'nik «Argumenty i fakty». 2013. No. 40. URL: www.aif.ru (accessed: 14.03.2016).
4. Mikhalkov N.S. «U menya net vragov. I Ksyusha mne ne vrag!». Ezhenedel'nik «Argumenty i fakty». 2014. No. 41. URL: www.aif.ru (accessed: 05.02.2016). (In Russ.)
5. Mironov S.M. «Ya kategoricheskiy protivnik EGE v lyuboy forme». Palata deputatov partii Spravedlivaya Rossiya. URL: www.srduma.ru (accessed: 29.11.2015). (In Russ.)
6. Medvedev A.V. Nekotorye zamechaniya ob obrazovatel'nom protsesse. T. 8: Problemy upravleniya v sotsial'nykh sistemakh / Ed. F.P. Tarasenko. Tomsk: izd. Tomskogo universiteta, 2015. Iss. 12. P. 151–171. (In Russ.)
7. Medvedev A.V., Yarlykova L.K. O komp'yuternom «portrete» obrazovatel'nogo protsessa. Trudy IX Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sistemy avtomatizatsii v obrazovanii, nauke i proizvodstve (AS'2013)». Novokuznetsk, 2013. P. 12–19. (In Russ.)
8. Medvedev A.V., Yareshchenko D.I. O modelirovani protsessa priobreteniya znaniy studentami v universitete. Zhurnal «Vysshee obrazovanie segodnya». 2017. Iss. 1. P. 7–10. (In Russ.)
9. Gladkaya I.V. Otsenka obrazovatel'nykh rezul'tatov shkol'nikov. Saint Petersburg: KARO, 2008. 142 p. (In Russ.)

10. Аскеров Ш.Г. Методологические основы оценки знаний // Вестник РУДН. 2005. № 1 (17). 154 с.

11. Дианова В.М. О внедрении новых методик оценивания знаний студентов // Развитие научно-образовательного сотрудничества вузов России и США в области гуманитарных наук: сборник материалов Международного научно-практического семинара / сост. канд. пед. наук Тепоян Т.А. Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. С. 78–93.

12. Эйкхофф П. Основы идентификации систем управления // перевод с англ. В.А. Лотоцкого, А.С. Манделя. М.: Изд-во «Мир», 1975. 7 с.

13. Цыпкин Я.З. Основы информационной теории идентификации. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. 320 с.

14. Надарая Э.А. Непараметрическое оценивание плотности вероятностей и кривой регрессии. Тбилиси: Изд-во Тбилисского ун-та, 1983. 194 с.

15. Васильев В.А., Добровидов А.В., Кошкин Г.М. Непараметрическое оценивание функционалов от распределений стационарных последовательностей / отв. ред. Н.А. Кузнецов. М.: Наука, 2004. 508 с.

16. Большая советская энциклопедия // гл. ред. А.М. Прохоров. М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1972.

17. Популярный толково-энциклопедический словарь русского языка. URL: <https://slovar.cc/rus/tolk.html> (дата обращения: 28.09.2016).

18. Академик URL: dic.academic.ru (дата обращения: 28.08.2016).

19. Медведев А.В. Основы теории адаптивных систем: монография. Красноярск: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т., 2015. 526 с.

20. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений. М.: ФИЗМАТЛИТ, 1958. 336 с.

21. Медведев А.В. N-модели для организационных процессов // Т. 8: Проблемы управления в социальных системах / Гл. ред. Ф.П. Тарасенко. Томск: изд. Томского университета, 2015. Вып. 12. С. 11–25.

10. Askerov Sh.G. Metodologicheskie osnovy otsenki znaniy. Vestnik RUDN. 2005. No. 1 (17). 154 p. (In Russ.)

11. Dianova V.M. O vnedrenii novykh metodik otsenivaniya znaniy studentov. Razvitie nauchno-obrazovatel'nogo sotrudnichestva vuzov Rossii i SShA v oblasti gumanitarnykh nauk: sbornik materialov Mezhdunarodnogo nauchno-prakticheskogo seminar / ed. kand. ped. nauk Tepoyan T.A. Rostov-on-Don: Izd-vo YuFU, 2008. P. 78–93. (In Russ.)

12. Eykhhoff P. Osnovy identifikatsii sistem upravleniya. tran. from Eng. V.A. Lototskogo, A.S. Mandelya. Moscow: Izd-vo «Mir», 1975. 7 p. (In Russ.)

13. Tsyppkin Ya.Z. Osnovy informatsionnoy teorii identifikatsii. Moscow: Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1984. 320 p. (In Russ.)

14. Nadaraya E.A. Neparametricheskoe otsenivanie plotnosti veroyatnostey i krivoy regressii. Tbilisi: Izd-vo Tbilisskogo un-ta, 1983. 194 p. (In Russ.)

15. Vasil'ev V.A., Dobrovidov A.V., Koshkin G.M. Neparametricheskoe otsenivanie funktsionalov ot raspredeleniy statsionarnykh posledovatel'nostey / Ed. N.A. Kuznetsov. M.: Nauka, 2004. 508 p. (In Russ.)

16. Bol'shaya sovetskaya entsiklopediya. Ed. A.M. Prokhorov. Moscow: Izd-vo «Sovetskaya entsiklopediya», 1972. (In Russ.)

17. Populyarnyy tolkovo-entsiklopedicheskiy slovar' russkogo yazyka. URL: <https://slovar.cc/rus/tolk.html> (accessed: 28.09.2016). (In Russ.)

18. Akademik URL: dic.academic.ru (accessed: 28.08.2016). (In Russ.)

19. Medvedev A.V. Osnovy teorii adaptivnykh sistem: monografiya. Krasnoyarsk: Sib. gos. aerokosmich. un-t., 2015. 526 p. (In Russ.)

20. Linnik Yu.V. Metod naimen'shikh kvadratov i osnovy teorii obrabotki nablyudeniy. Moscow: FIZMATLIT, 1958. 336 p. (In Russ.)

21. Medvedev A.V. N-modeli dlya organizatsionnykh protsessov. Vol. 8: Problemy upravleniya v sotsial'nykh sistemakh / Ed. F.P. Tarasenko. Tomsk: izd. Tomskogo universiteta, 2015. Iss. 12. P. 11–25. (In Russ.)

Сведения об авторе

Дарья Игоревна Ярещенко

Аспирант, ассистент НУЛ «Системный анализ и управление» кафедры информатики Института космических и информационных технологий Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
Эл. почта: YareshchenkoDI@yandex.ru
Тел.: 8-950-402-05-26

Information about the author

Darya I. Yareshchenko

Postgraduate student, assistant of scientific and educational laboratory «System Analysis and Management» of Computer Sciences Department of the Institute of Space and Information Technologies Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: YareshchenkoDI@yandex.ru
Tel.: 8-950-402-05-26

Натурные средства обучения информатике в условиях реализации телесно-ментального подхода

Современные процессы глобализации и информатизации человеческой деятельности вызывают необходимость смены образовательной парадигмы в области информационной подготовки личности, ориентированной на формирование прочных фундаментальных знаний и способностей, необходимых для информационной деятельности личности и самообразования в течение всей жизни. В связи с данными требованиями необходимо обратить внимание на новые подходы в обучении, основанные на достижениях когнитивной науки и современной педагогики. Одним из таких подходов является телесно-ментальный. Таким образом, работа посвящена описанию способа реализации телесно-ментального подхода в обучении информатике через применение натурных средств, обеспечивающих наиболее полное и глубокое понимание учебного материала, а также развитие когнитивных способностей учащихся.

В работе проводится теоретический анализ психолого-педагогической и методической литературы по теме исследования, обобщаются результаты, моделируются натурные средства обучения и описываются результаты их частичной апробации. Достижение необходимого качества образования предлагается за счет использования современных методик, ориентированных на развитие когнитивных способностей и совершенствования качества знаний. В условиях информационной подготовки комбинация телесного и ментального подходов позволит погрузить учащихся в суть изучаемого предмета за счет активизации моторной области памяти, а также кинестетических и визуальных каналов восприятия. Инструментом реализации данной идеи предлагается использовать натурные средства обучения информатике, что актуализировано возрастными особенностями когнитивных способностей учащихся, а также индивидуальными потребностями к способам восприятия и усвоения материала, подобранного в соответствии с уровнем их знаний.

В качестве результатов исследования описываются модели натурных средств, разработанные студентами и преподавателями базовой кафедры информатики и информационных технологий в образовании Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. Частичная апробация натурных средств обучения информатике показала повышение интереса респондентов к изучаемым темам, активизацию мыслительных процессов, уменьшение времени на освоение изучаемых методов информатики.

В условиях реализации телесно-ментального подхода натурные средства обучения помогут большей частью исправить наличие критичного дефицита в механизме обучения информатики, ликвидировав саму причину появления этого дефицита, упорядочив получаемую систему знаний и восстановив дидактически верную структуру перехода от сенсорного оперирования к абстрактному. Выполнение определенных методов с использованием данных средств позволит развить мышление учащихся, тем самым обеспечить осознанное понимание учебного материала. Создаваемая система вовлечения студентов к проектированию и разработке натурно-дидактических инструментов на основе новейших технологий, а также их апробация и создание инновационных методик обучения с их использованием существенно обогатит теорию и практику подготовки будущих учителей информатики в области инженерно-технического образования.

В заключении работы приводятся дальнейшие планы развития проекта, а также возможные сферы использования полученных результатов.

Ключевые слова: телесный подход, ментальный подход, информационная подготовка, натурные средства обучения.

Daria A. Barkhatova, Elmira A. Nigmatulina, Tatyana A. Stepanova

Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk, Russia

Natural training tools of informatics in conditions of embodied and mental approach realization

Modern processes of globalization and informatization of human activity cause the necessity of change of the educational paradigm in the field of information training of a person, focused on the formation of the strong fundamental knowledge and abilities, which are necessary for person's information activities and self-education during all life. In connection with these requirements, it is necessary to pay attention to new approaches in education, based on achievements of cognitive science and modern pedagogic. One of such approaches is embodied and mental approach. The paper is devoted to the description of a way of realization of embodied and mental approach in training of informatics through application of the natural tools, providing the

fullest and deep understanding of the educational material, and development of cognitive abilities of students.

In the paper the theoretical analysis of psychology-pedagogical and methodical literature on a research subject is carried out, results are generalized, natural tools are modeled and results of their partial approbation are described. Achievement of necessary quality of education is offered due to the use of modern techniques, focused on the development of cognitive abilities and improvement of quality of the knowledge. In the conditions of information education, the combination of embodied and mental approaches will allow to acquaint students with the essence of the studied subject due to activation of

¹ Исследование выполнено при поддержке краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» в рамках реализации проекта №2017031301651 «Комплект натурно-дидактических средств обучения информатике и методика их применения».

motor area of the memory and the kinesthetic and visual perception channels. The instrument of realization of this idea is offered to use natural tools in informatics, what is actualized by age features of cognitive abilities of students and individual requirements to ways of perception and mastering of the material, matched according to the level of their knowledge.

The research results describe the models of natural tools, developed by students and lecturers of the basic Department of Informatics and Information Technologies in Education of Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. Astafyev. Partial approbation of natural tools has shown the increase of respondents' interest in the studied subjects, activation of mental actions, and time reduction for the development of the studied informatics methods.

In the conditions of realization of embodied and mental approach, natural tools will help to correct the critical deficiency in the mechanism of training of informatics, having eliminated the reason of emer-

gence of this deficiency, ordered the received system of knowledge and restored didactically true structure of transition from touch operating to abstract. Performance of certain methods with use of these tools will allow developing students' thinking, thereby having provided conscious understanding of a training material.

The created system of students involvement to design and development of natural and didactic tools on the basis of the latest technologies and also their approbation and creation of innovative techniques of training with their use will significantly enrich the theory and practice of training of future lecturers to informatics in the field of technical education.

Further work in the project and possible spheres of use of the received results are provided in the paper conclusion.

Keywords: embodied approach, mental approach, information training, and natural training tools.

Введение

Процессы глобализации экономики и становления информационного общества выдвигают новые требования к современному человеку, выраженные в готовности адаптироваться к быстро меняющимся условиям труда, способности ориентироваться в лавинообразно нарастающих потоках информации, а также находить и применять новые технологии для их обработки. Подобные компетенции формируются уже в школе. Значительную роль в их формировании играют уроки информатики, где происходит знакомство учащихся с единой информационной картиной мира, основами информационного поведения человека в современном обществе, методами обработки информации, а также формируется алгоритмическое и логическое мышление. Однако, анализируя систему подготовки учащихся в данной области знаний, можно констатировать их низкую мотивацию к освоению основ информатики, что в первую очередь связано с необходимостью оперировать абстрактными понятиями и явлениями. Сложность аппарата данной дисциплины приводит к понижению фундаментальной базы информационной подготовки: освоение практическими навыками, как правило, проходит без глубокой осознанности сути и механизмов предмета изучения, явля-

ясь причиной выполнения ряда заданий на механическом уровне — без полного и глубокого понимания. Также высокий уровень абстракции основных понятий и методов информатики ограничивает педагога в выборе практических заданий для школьников в силу их возрастных особенностей и неготовности понимать сложные методы данной области наук.

Для школьников предпочтительней являются наглядно-действенные методы обучения, поэтому перед учителем всегда стоит проблема перехода от объяснительно-иллюстративного к наглядно-образному представлению информации, позволяющего активизировать самостоятельную деятельность учащихся, что особенно затруднено в условиях дисциплины, где главный предмет изучения «информация» абстрактно и имеет множество толкований.

Таким образом, возникает проблема, как усилить наглядно-образное представление информации, направленное на активизацию прикладной деятельности школьников на уровне полного и глубокого понимания сути изучаемого предмета информатики.

В условиях современных разработок здесь важен комплексный подход, в котором учитываются психолого-педагогические, дидактические, методические составляющие процесса подготовки в области информатики, обеспечиваю-

щие синтез объяснительно-иллюстративных и наглядно-образных методов обучения с позиции метального и телесного подходов. Такими средствами могут стать натурные средства обучения, которые позволят раскрыть изучаемые понятия или методы на тактильном уровне, погрузить учащегося в процесс выполнения алгоритма или рассмотреть изучаемый объект с разных позиций.

Цель работы заключается в описании способа реализации телесно-ментального подхода в обучении информатике через применение натурных средств, обеспечивающих наиболее полное и глубокое понимание учебного материала, а также развитие когнитивных способностей учащихся.

В настоящее время существует различные подходы к обучению школьному курсу информатики и ИКТ с применением натурных средств обучения. Однако такие средства, как правило, применяются в разделе моделирования и формализации и рассматриваются с целью организации натурального эксперимента, демонстрации физического поведения объекта в тех или иных условиях, проведения числовых расчетов и т.п. [1]. Также натурные средства обучения широко используются в разделе «Устройство компьютера», как наглядные средства (материнская плата, процессор, различные накопители и носители

информации, модули памяти и т.д.), но они не демонстрируют функциональные возможности данных устройств. Безусловно, традиционные наглядные средства необходимы в процессе обучения информатике, что определено их специфическими функциями, которые передать компьютеру либо невозможно, либо нецелесообразно с психолого-педагогической или содержательной точек зрения. Однако кроме демонстрационных материалов на уроке информатики необходимо использовать такие средства обучения, которые позволили бы погрузить учащегося в изучаемые методы или явления.

Сегодня ведутся исследования роли натуральных средств обучения в развитии алгоритмического мышления [2], использования робототехники [3] и электронных конструкторов на уроках информатики [4]. Основой данных исследований является телесный [5, 6, 7, 8] и ментальный подходы в образовании [9, 10, 11]. В решении поставленной проблемы интерес вызывает синтез достоинств данных подходов в обучении информатике, обеспечивающих учет психологических, физиологических и когнитивных особенностей учащихся, где основой является познание через деятельность, а именно деятельность с использованием натуральных средств обучения. В процессе манипулирования отдельными компонентами данных средств, имитируя выполнения метода или алгоритма, учащиеся погружаются в суть изучаемого материала сначала на визуальном, «телесном» уровне, а уже потом переходят к абстрактным понятиям и методам.

1. Телесный и ментальный подход в обучении информатике

Телесный подход – это радикально новый подход теории телесного познания, где мозг является не единственным

познавательным ресурсом, который решает наши проблемы. Наши тела и их перцептивно управляемые движения делают большую часть работы, необходимой для достижения поставленных целей [12].

Сегодня многие исследователи и ученые в телесном походе стремятся подчеркнуть сложное взаимодействие между телом и умом, между человеком и миром, частью которого он является, вместо того, чтобы сводить тело к устройству ввода-вывода и объяснять познание с точки зрения манипуляции с ментальными символами [13].

Основное предположение состоит в том, что познание – это сложный многогранный процесс, который может выходить далеко за рамки ума, где использование специальных инструментов, в том числе и тела, позволяет решить ряд проблем и задач, стоящие перед человеком. Большинство исследователей в области телесного познания, как правило, обсуждают вопросы познания и деятельности в общих чертах с философской точки зрения, но данные результаты представляют особый интерес для педагогов и педагогических исследований [13].

Включение тела в процесс изучения любого предмета позволяет активизировать когнитивные процессы учащихся, углубить познание, изучить процессы и явления на уровне глубокого и полного понимания за счет манипулирования объектами «вживую» [14, 2,

15]. Однако для обеспечения полного цикла усвоения знаний недостаточно включения только телесных методов познания, необходимо закрепить полученную информацию в памяти человека, обеспечив переход от конкретного к абстрактного. Такой процесс обучения можно построить на основе ментального подхода.

Ментальный подход позволяет рассматривать обучение как процесс формирования и развития ментальных схем человека при его информационном воздействии с окружающей средой [10].

Ментальная схема – это набор понятий и зависимостей между ними, которые люди выполняют для решения проблемы интерпретации явлений, без какой-либо ссылки на научные знания и дисциплинарные парадигмы [9].

И.В. Баженова, Н. Бабич и Н.И. Пак определяют ментальную схему, как модель отражения реального мира в памяти в виде пространственно-временной динамической диаграммы. Со временем модельные представления претерпевают изменения в сторону обобщения и абстрагирования, формируют язык. Сформированные ментальные схемы определяют знание индивида и позволяют ему осуществлять мышление [11]. Совокупность ментальных схем образует структуру тезауруса человека. Простейшая ментальная схема как целостная структура состоит из элементарных образов объектов и событий.



Рис. 1. Изучение предметной области с позиции ментального подхода

Характеристика познавательных способностей учащихся

Возрастные группы	Особенности познавательных способностей
Младший школьный возраст (от 6–7 до 9–11 лет)	Недостаточно развита произвольность познавательной деятельности, трудность сохранения внимания долгое время, заучивать значительный по объему материал, основное место в обучении занимает игра и продуктивные виды деятельности, стремление к самостоятельному решению задачи, проведению некоторого эксперимента, повышенное требование к готовым средствам наглядности (в т.ч. и как к средству активизации внимания)
Средний школьный возраст (от 11–12 до 15 лет)	Интерес к самостоятельной деятельности, где учитель – помощник, интеллектуализация процессов восприятия, необходимость выделять главное и второстепенное, требование к структурированию информации, наибольшую эффективность воспроизведения обеспечивает анализ содержания материала, логики его построения, выделение существенного, необходимость самостоятельного изготовления средств наглядности, у части подростков остается повышенное требование к готовым средствам наглядности.
Старший школьный возраст (15–18 лет)	Укрепление и совершенствование всех психических процессов; их произвольность достигает высокого уровня. Бурно развиваются рефлексивность мышления, самосознание, возможно и необходимо использовать достаточно сложные средства наглядности, включая по возможности самих учащихся в процесс их конструирования и построения.

Данные основания ментального подхода определяют правила изучения любой предметной области: сначала необходимо обеспечить формирование чувственных ментальных схем предметной области с помощью их ментальных моделей, а затем систематизировать все образы, модели и понятия средствами языка. На рис. 1 представлена модель изучения предметной области с позиции ментального подхода [15].

В условиях изучения информатики телесные методы познания позволяют сформировать ментальные схемы в чувственной зоне, методы же ментальной дидактики – обеспечить перевод от конкретного к абстрактному, от действия к понятию [11].

Таким образом, с позиции телесного и ментального подходов, учитывая психолого-педагогические, дидактические, методические составляющие процесса подготовки в области информатики, обеспечить синтез объяснительно-иллюстративных и наглядно-образных методов можно с использованием натуральных средств обучения. Такие средства исключают изучение нового материала с позиции пассивного наблюдателя, только созерцая те или иные процессы и явления и анализируя информацию, главной целью использования натуральных средств – активное включение учащихся в познавательный процесс.

2. Психолого-педагогические основания применения натуральных средств в обучении информатике

Необходимость построения процесса обучения информатике в школе с позиции ментального и телесного подходов диктуется возрастными особенностями когнитивных способностей учащихся, а также индивидуальными потребностями к способам восприятия и усвоения материала, подоб-

ранного в соответствии с уровнем их знаний.

Анализируя возрастные особенности познавательных способностей школьников на разных образованных ступенях, приведенных в таблице, можно констатировать, что у всех школьников различных возрастов повышенное требование к средствам наглядности [16, 17]. Однако если в начальных классах необходимо использовать главным образом готовые наглядные пособия, то в средних классах предпочтение следует отдавать пособиям, которые конструируются и изготавливаются самими учащимися. Л. Фридман пишет, что необходимо учить школьников анализу используемых наглядных пособий, выявлению в них существенных свойств и особенностей, с тем, чтобы преодолеть имеющуюся у многих подростков пассивность и поверхностность восприятия. На этапе старшего школьного возраста можно и нуж-

но использовать достаточно сложные средства наглядности, включая по возможности самих учащихся в процесс их конструирования и построения [16].

Также важной особенностью является потребность учащихся в активной самостоятельной деятельности, позволяющие максимально активизировать мыслительные процессы. В любом возрасте ученики стремятся принимать активное участие в процессе познания, что демонстрирует личные достижения через получение сторонней оценки одноклассников и преподавателей.

Натурные средства обучения позволяют в полной мере реализовать принципы наглядности, сознательности и активности в обучении. Более того, они могут выступать не только как готовые формы манипулирования объектами в реальности с целью изучения сути методов и явлений информатики,

но и как образовательный результат, материализующий полученные знания. Учащиеся могут сами создавать свои натурные средства после изучения материала, что позволит систематизировать знания и конкретизировать абстрактные понятия.

В начальной школе для изучения основ информационных процессов в природе, обществе и технике можно использовать готовые натурные средства, а в средней и старшей школе необходимо вводить практику разработки собственных средств самими учащимися, лучшие из которых также могут быть использованы, как готовые формы для обучения следующих классов. Безусловно, для учащихся среднего и старшего звена учитель должен предлагать готовые натурные средства, т.к. и в этом возрасте сохраняется необходимость в визуализации и приближения обучения к реальности.

Следующим важным моментом в реализации телесного и ментального подходов в обучении информатике является учет каналов восприятия информации.

Проблема восприятия потока информации разными каналами волнует большое число психологов, педагогов, методистов, учителей. Одними из первых, кто заговорил о взаимосвязи типа восприятия и успешности обучения — психологи, основоположники нейролингвистического программирования Р.Бэндлер, Д.Гриндер [18] и М. Гриндер [19]. Каждый индивид, по их мнению, обладая всеми тремя модальностями восприятия, на самом деле использует с максимальной нагрузкой лишь одну — ведущую, но это не значит, что он не может пользоваться другими каналами восприятия. В этом случае ему потребуется приложить дополнительные усилия, которые замедляют процесс усвоения учебной информации. В про-

цессе обучения это может привести к пробелам в знаниях и умениях, что еще раз подчеркивает важность и значимость соответствия модальности восприятия при обучении различным школьным дисциплинам [20].

Существует ряд отличий между кинестетиками, визуалами и аудиалами. Они касаются очень многих вещей, например, организации мышления, памяти, способов обучения, что, несомненно, должно найти свое отражение в выборе метода преподавания того или иного раздела информатики.

Анализ литературы, опыта работы педагогов и исследователей по проблемам обучения курсу информатики [21, 22, 10] показал, что в качестве средств и приемов, позволяющих повысить эффективность обучения курсу информатики и облегчить восприятие абстрактной учебной информации, преподаватели используют практико-ориентированные задачи, написание программного кода в сопровождении с подробными комментариями, компьютерные презентации, схемы и ментальные карты, обеспечивающие различную степень визуализации учебного материала, и т.п.

Но все эти средства обучения нацелены на учащихся с визуальным и аудиальным восприятием, поскольку обращаются именно к этим каналам. Однако, согласно статистике [23, 24], примерно у 30–40% людей ведущими являются именно кинестетические каналы восприятия. Эти люди чувствуют окружающий мир и воспринимают большую часть информации чувственно, через осязание, обоняние, ассоциации, выполняемые действия. Кинестетику, чтобы понять окончательно, необходима деятельность, нужно поделаться чем-нибудь самому, руками, ощутить на ощупь [2]. Однако современная система обра-

зования ориентирована преимущественно на аудиальную, визуальную и логическую стороны мышления, то есть подразумевает передачу информации через аудиальные (лекция, устное объяснение), визуальные (презентации, наглядные пособия, фильмы), дигитальные (схемы, символы, цифры) каналы. При этом органы чувств, связанные с кинестетическими каналами восприятия (осязание, обоняние, ассоциации, выполняемые действия) практически не используются. Поэтому необходимы принципиально новые средства обучения, которые были бы нацелены на кинестетические каналы восприятия и активизацию моторной области памяти.

Представляется, что, если строить систему обучения, используя натурные средства обучения, которые нацелены на активизацию кроме визуальной, аудиальной и абстрактной еще и моторной зоны памяти, процесс обучения курсу информатики будет проходить более эффективно.

Исследования в области восприятия и усвоения информации показывают, что для каждого ученика следует строить свою траекторию обучения в зависимости от особенностей восприятия и обработки информации. Такая организация обучения возможна с привлечением всего арсенала средств обучения: устного объяснения преподавателя, компьютерного сопровождения лекционных занятий, наглядных средств (моделей, макетов, плакатов), использование кинестетических тренажеров, что дает возможность активизации всех каналов восприятия информации: аудиального, визуального, дигитального и кинестетического.

Таким образом, натурные средства обучения информатике будут являться важным дополнением к образовательному процессу, ориентированного на осознанное понимание

воспринимаемой информации, формирование прочных знаний, всестороннее развитие мышления учащихся. Такие средства позволят раскрыть суть изучаемых понятий и явлений, разобрать алгоритмы на тактильном уровне, рассмотреть изучаемый объект с разных позиций и т.п. Иначе говоря, используя данные средства обучения, учащийся может сначала «вручную» разобрать смысл изучаемого процесса или понятия, а затем на основе выявленных действий построить алгоритм, создать информационную модель или выполнить другое абстрактное действие.

3. Модели натуральных средств обучения информатике

Исследования в области применения натуральных средств обучения информатике проводятся на базе базовой кафедры информатики и информационных технологий в образовании Института математики физики и информатики Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. Работа ведется в нескольких направлениях:

- разработка натуральных средств обучения школьному курсу информатики и методика их применения;
- подготовка будущих учителей информатики в области реализации телесного и ментального подходов на уроках информатики;
- решение проблем дистанционного образования за счет применения натуральных средств обучения.

Сегодня в области информационной подготовки школьников разработан ряд натуральных средств:

1) «Теоретические основы информатики»:

- Счеты для работы в различных системах счисления;
- Визуальные множества, демонстрирующие отбор элементов с помощью различных операций над множествами.

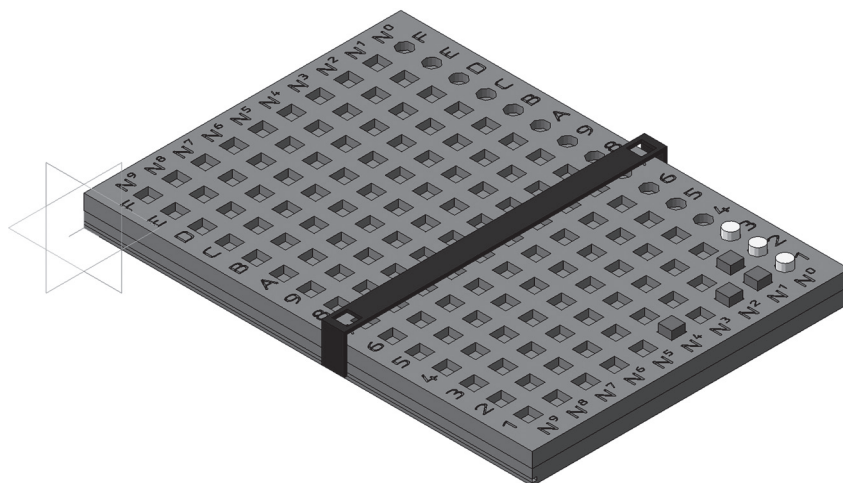


Рис. 2. Счеты в различных системах счисления

2) «Основы программирования»:

- Тренажеры реализации алгоритмов с использованием простых типов данных;
- Тренажеры реализации алгоритмов с использованием массивов и строк.

Данные средства активизируют понимание не на уровне воображения, а на тактильном уровне, позволяя оперировать реальными объектами в реальном пространстве. Процесс обучения строится от простого к сложному, от единичных операций к множественным, от реальных объектов к абстрактным.

Так, например, при изучении темы «Системы счисления» можно использовать счета, представленные на рис. 2, с помощью которых сначала разбираются базовые понятия счета и количества, визуализируются процессы позиционирования цифр числа, «вручную» разбирается алгоритм перехода из одной системы счисления в другую, а уже затем осуществляется переход к символической записи.

Счеты представляют собой доску с ячейками, в которые поочередно раскладываются костяшки, начиная с нижней правой ячейки и вверх. Для указания системы счисления, в которой работает обучаемый, используется ползунок. В случае заполнения столбца раз-

ряда, все костяшки из столбца забираются и заменяются одной костяшкой, которая кладется в старший разряд. Так продолжается до тех пор, пока не закончится предложенное количество костяшек. Данный процесс позволяет продемонстрировать алгоритм перехода в следующий разряд числа и объясняет, что в каждой единице старшего разряда n -костяшек предыдущего (n — основание системы счисления).

Также можно проделать обратный процесс, когда в ячейках уже разложены костяшки, и необходимо восстановить то количество костяшек, из которого это число было создано.

Для изучения темы «Классы и признаки объектов» был разработан комплект, состоящий из объектов с разными признаками (кубики и шары желтого и зеленого цвета), а также три формы для разделения объектов по классам. На первом этапе предлагается разделить все предметы по формам на кубики и шары, затем — на кубики и желтые предметы и т.д. Такой процесс разделения позволяет продемонстрировать, что один и тот же предмет может находиться в нескольких множествах одновременно. Далее можно приступать к изучению операций над множествами.

Кроме этого, были разработаны тренажеры, позволяющих наглядно разобрать работу ал-

горитмов с простыми и составными типами данных.

Основной идеей создания тренажера для работы с простыми типами данных была демонстрация необходимости описания переменных и их типов, а также способов их записи в памяти компьютера во время выполнения программы. Тренажер представляет собой доску с ячейками различной величины, но одинаковой для одного и того же типа. Например, ячейки для хранения вещественного типа превосходят целочисленные в два раза и имеют разделитель для хранения целой и дробной частей (пока на первом этапе знакомства с программированием реальные способы хранения чисел в памяти компьютера игнорируются). Таким образом, доска является памятью компьютера. Конкретные величины, которыми оперирует алгоритм, записываются на специальных формах, размер которых совпадает с ячейками памяти нужной величины.

В процессе разбора алгоритма учащиеся перекладывают формы с данными из одной ячейки в другую в соответствии с программным кодом. При этом, например, форму с целочисленными данными положить в вещественную ячейку можно, а наоборот — нельзя.

В процессе изучения сложных типов данных у учащихся часто возникают такие проблемы как потеря различий между индексом и самим значением элемента, выход за пределы цепочки данных, неумение упорядоченного чтения элементов и т.д. Для решения всех этих проблем представляется эффективным применять в процессе обучения кинестетические тренажеры, которые позволят «вручную» поэлементно записать массив, отсортировать его методом пузырька, найти нужный элемент — минимальный или максимальный, по условию или без и т.п.

Натурное средство для изу-

чения статистического одномерного массива на рис. 3, представляет собой доску с ячейками и ползунком, который ограничивает размерность массива.

Перед началом работы ученику нужно определиться с размерностью массива, т.е. задать количество элементов массива N с использованием ползунка. Далее нужно определиться с типом данных, ведь массив это набор однотипных компонентов. Данные — это цифры на круглых фишках, символы на квадратных и т.д. Чтобы подчеркнуть однотипность данных, данные одного типа нанесены на фишки одной формы

Созданный массив нужно заполнить элементами, заполнение осуществляется с помощью цикла, поэтому предлагаем по порядку с 1 до N класть в ячейку данные. Здесь важно сделать акцент на том, каким образом, будет заполняться массив: с клавиатуры либо с помощью генератора случайных чисел. Если с клавиатуры, то ученик берет нужное число, если с помощью генератора, то он берет число наугад. При этом параллельно демонстрируется работа генератора случайных чисел. Действия будут повторяться и здесь усвоится смысл и необходимость применения цикла для заполнения массива.

Определенные сложности возникают при изучении алгоритмов сортировки массива и поиска элемента.

Например, натурное средство для изучения алгоритмов сортировки на рис. 4 может выглядеть как набор шаров, уложенных в ячейки.

На каждой ячейке подписан номер — индекс элемента массива. Шары разного размера, что демонстрирует их различные значения.

Имитация выполнения сортировки массива методом пузырька заключается в следующем: поскольку в соответс-

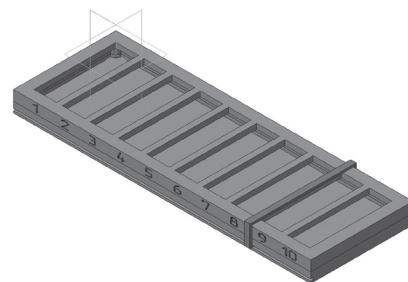


Рис. 3. Тренажер манипулирования одномерными массивами

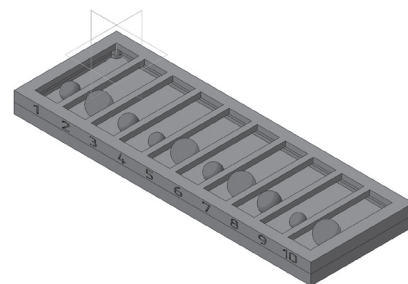


Рис. 4. Изучение алгоритмов обработки одномерных массивов

твии с алгоритмом мы можем сравнивать только два соседних элемента массива, ученику предлагается посмотреть на два рядом лежащих шара, определить какой из них больше. Брать в руки шары нельзя, считается, что они могут «потеряться» из памяти компьютера. Если второй шар оказался больше, необходимо поменять их местами. Здесь возникает проблема, как поменять местами шары, не потеряв данные, если компьютер умеет записывать только одно значение. Решение такой проблемы позволяет продемонстрировать необходимость использования дополнительной переменной. Далее разбирается необходимое количество шагов для выполнения полной сортировки и т.д.

Практика использования этой модели показывает, что после выполнения алгоритма вручную, текст программы, реализующей этот алгоритм, становится понятен абсолютно всем обучающимся.

Подобный тренажер можно использовать и для наглядной иллюстрации более сложных алгоритмов сортировки — сор-

тировки Хоара, битовой или разрядной сортировки, которые зачастую остаются непонятыми после первого, словесного объяснения, даже сильным ученикам.

Следующий пример, задача поиска минимального/максимального значения элементов последовательности.

На рис. 4 представлена задача определения размера самого маленького шара из лежащих в ячейках. С использованием гибкой ленты снимается размер перового шара, который считается эталоном самого маленького, далее эталон сравнивается со следующими шарами. Берем шар и пытаемся пронести его через ленту, сомкнутую в кольцо. Если он не проходит (больше эталона), то возвращаем шар на место. Если же окажется, что очередной шар меньше эталона, то это уже претендент на наименьшее. Изменим эталон до размера этого шара, затянув ленту.

Аналогично можно найти наибольший шар и шар, заданной величины.

Частичная апробация натуральных средств обучения информатике (на малой группе учащихся 9–11 классов, 19 человек) показала повышение интереса респондентов к изучаемым темам, активизацию мыслительных процессов, уменьшение времени на освоение изучаемых методов информатики.

Все описанные средства реализованы с помощью технологии 3D-прототипирования с использованием 3D-принтера. В подготовке и печати объектов принимали участие студенты и преподаватели кафедры информатики и информационных технологий в образовании КГПУ им. В.П. Астафьева, что позволило не только обучить их методике разработки натуральных средств обучения для уроков информатики, но и познакомить с новыми технологиями ИТ-индустрии.

4. Открытые вопросы и будущая работа

Дальнейшая работа в рамках данного проекта заключается в проведении эксперимента по апробации полученных результатов исследования на уроках информатики на учащихся 3–4, 8–9 и 10–11 классов в школах г. Красноярск. Полученные данные позволят доработать полный комплект натурно-дидактических средств информационной подготовки учащихся для каждой ступени образования, в том числе для базового и профильного уровней.

Данный комплект может быть тиражирован и распространен в системе инженерно-технической подготовки учащихся, организованный в рамках проекта базовой кафедры информатики и информационных технологий в образовании — «Мега-класс».

«Мега-класс» — это методическая система учебно-воспитательной деятельности различных школ в информационной и образовательной среде облачных служб на основе интеграции научных, учебных и образовательных процессов педагогического университета, учебных заведений, муниципальных образований с применением электронных средств обучения и дистанционных технологий.

Здесь особый интерес вызывают возможности натуральных средств в дистанционной подготовке учащихся, заключающиеся в преодолении одного из недостатков электронного обучения — отсутствие возможности вовлечения кинестетической сенсорной системы человека. В данных условиях, где менее всего задействован тактильный уровень познания, натурные средства позволяют комбинировать электронное обучение с деятельностью в реальном пространстве с реальными объектами, что особенно важно для кинестетиков, кото-

рым чтобы понять окончательно, необходима деятельность, нужно поделаться что-нибудь самому руками, ощутить на ощупь.

Создаваемая система вовлечения студентов к проектированию и разработке натурно-дидактических инструментов на основе новейших технологий, а также их апробация и создание инновационных методик обучения с их использованием существенно обогатит теорию и практику подготовки будущих учителей информатике в области инженерно-технического образования.

Заключение

Натурные средства обучения информатике являются важным дополнением к образовательному процессу, ориентированного на осознанное понимание воспринимаемой информации, формирование прочных знаний, всестороннее развитие мышления учащихся. Применение таких средств с позиции ментального и телесного подходов позволит сначала «вручную» разобрать смысл изучаемого процесса или понятия, а затем на основе полученного опыта через зрительный и кинестетический каналы восприятия, построить их ментальный образ. И наоборот, на основе сформированных знаний и умений учащиеся сами могут создавать свои натурные объекты, визуализирующие их ментальные схемы. Таким образом, данный инструментальный может выступать и как средство обучения, и как результат — продукт творческой деятельности учащихся.

Натурные средства обучения, обеспечивающие телесно-ментальную деятельность ученика, имеют большие преимущества в формировании его абстрактного и логического мышления, а также прочной базы знаний, основанной на полном и глубоком ее понимании.

Необходимость построения процесса обучения информатике в школе с позиции ментального и телесного подходов диктуется возрастными особенностями когнитивных способностей учащихся, а также индивидуальными потребностями к способам восприятия и усвоения материала,

подобранного в соответствии с уровнем их знаний.

Натурные средства обучения помогут большей частью исправить наличие критичного дефицита в механизме обучения информатики, ликвидировав саму причину появления этого дефицита, упорядочив полу-

чаемую систему знаний и восстановив дидактически верную структуру перехода от сенсорного оперирования к абстрактному. Разработка таких средств силами студентов университета усилит их профессиональную подготовку в области преподавания информатики.

Литература

1. Andujar C., Schiaffonati V., Schreiber F.A., Tanca L., Tedrek M., van Hee K. & van Leeuwen J. The Role and Relevance of Experimentation in Informatics. 8th European Computer Science Summit of Informatics Europe, 2013. URL: http://www.informatics-europe.org/images/documents/informatics-experimentation_2013.pdf.
2. Степанова Т.А. Теория алгоритмического мышления: учебное пособие для магистрантов, учителей общеобразовательных учреждений, преподавателей вузов. Красноярск: Краснояр. гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева, 2014. 72 с.
3. Barkhatova D.A. The use of devices with remote control at megalessons of informatics. // Молодежь. Общество. Современная наука, техника и инновации. 2015. № 14. С. 277–278.
4. Romero P., Boulay B. D., Robertson J., Good J., & Howland K. Is Embodied Interaction Beneficial When Learning Programming? In: Shumaker R. (eds.) Virtual and Mixed Reality. VMR 2009. Lecture Notes in Computer Science. 2009. Vol. 5622. Springer. Berlin. Heidelberg. P. 97–105. doi:10.1007/978-3-642-02771-0_11.
5. Shapiro L. Embodied Cognition. New York: Routledge Press, 2011.
6. Wilson M. Six views of embodied cognition // Psychonomic Bulletin & Review. 2002. 9(4). P. 625–636. doi: 10.3758/BF03196322.
7. Varela F.J., Thompson E., Rosch E. The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience. Cambridge: Massachusets; London: England. The MIT Press, 1991 (7Gth printing 1999). P. 177.
8. Алюшин А.Л., Князева Е.Н. Телесный подход в когнитивной науке // Философские науки. 2009. № 2. С. 106–125.
9. Cartelli A. Between Tradition and Innovation in ICT and Teaching. Encyclopedia of Distance Learning. Second Edition. 2009. P. 187–193. doi: 10.4018/978-1-60566-198-8.ch026.
10. Лебедева Т.П., Пак Н.И., Рукосуева Н.В. О сущности обучения с позиции информационно-ментального подхода. // Информатика и образование: границы коммуникации. 2015. № 7(15). С. 31–33.
11. Баженова И.В., Бабич Н., Пак Н.И. От проективно-рекурсивной технологии обучения к ментальной дидактике: монография. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. 160 с.

References

1. Andujar C., Schiaffonati V., Schreiber F.A., Tanca L., Tedrek M., van Hee K. & van Leeuwen J. The Role and Relevance of Experimentation in Informatics. 8th European Computer Science Summit of Informatics Europe, 2013. URL: http://www.informatics-europe.org/images/documents/informatics-experimentation_2013.pdf.
2. Stepanova T.A. Teoriya algoritmicheskogo myshleniya: uchebnoe posobie dlya magistrantov, uchiteley obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdeniy, prepodavateley vuzov. Krasnoyarsk: Krasnoyar. gos. ped. un-t im. V.P. Astaf'eva, 2014. 72 p. (In Russ.)
3. Barkhatova D.A. The use of devices with remote control at megalessons of informatics. Molodezh'. Obshchestvo. Sovremennaya nauka, tekhnika i innovatsii. 2015. No. 14. P. 277–278.
4. Romero P., Boulay B. D., Robertson J., Good J., & Howland K. Is Embodied Interaction Beneficial When Learning Programming? In: Shumaker R. (eds.) Virtual and Mixed Reality. VMR 2009. Lecture Notes in Computer Science. 2009. Vol. 5622. Springer. Berlin. Heidelberg. P. 97–105. doi:10.1007/978-3-642-02771-0_11.
5. Shapiro L. Embodied Cognition. New York: Routledge Press, 2011.
6. Wilson M. Six views of embodied cognition. Psychonomic Bulletin & Review. 2002. 9(4). P. 625–636. doi: 10.3758/BF03196322.
7. Varela F.J., Thompson E., Rosch E. The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience. Cambridge: Massachusets; London: England. The MIT Press, 1991 (7Gth printing 1999). P. 177.
8. Alyushin A.L., Knyazeva E.N. Telesnyy podkhod v kognitivnoy nauke. Filosofskie nauki. 2009. No. 2. P. 106–125. (In Russ.)
9. Cartelli A. Between Tradition and Innovation in ICT and Teaching. Encyclopedia of Distance Learning. Second Edition. 2009. P. 187–193. doi: 10.4018/978-1-60566-198-8.ch026.
10. Lebedeva T.P., Pak N.I., Rukosueva N.V. O sushchnosti obucheniya s pozitsii informatsionno-mental'nogo podkhoda. Informatsiya i obrazovanie: granitsy kommunikatsii. 2015. No. 7(15). P. 31–33. (In Russ.)
11. Bazhenova I.V., Babich N., Pak N.I. Ot proektivno-rekursivnoy tekhnologii obucheniya k mental'noy didaktike: monografiya. Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t, 2016. 160 p. (In Russ.)

12. *Wilson A.D. & Golonka S.* Embodied cognition is not what you think it is. *Frontiers in Psychology*. 2013. 4:58. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00058.
13. *Rambusch Jana, & Ziemke Tom.* The Role of Embodiment in Situated Learning. In Bruno Bara, Lawrence Barsalou, and Monica Bucciarelli (eds.), *Proceeding of the 27th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. 2005. 1803–1808. URL: <http://csjarchive.cogsci.rpi.edu/proceedings/2005/docs/p1803.pdf>.
14. *Кухтина Е.С., Сорокин А.В., Бархатова Д.А.* Развитие мышления учащихся с использованием натуральных дидактических средств на уроках информатики // *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*. 2015. Т.2. № 11. С. 957–959.
15. *Нигматулина Э.А., Пак Н.И.* Студент-центрированное обучение программированию в педагогическом вузе // *Информатика и образование*. 2017. № 2 (281) . С. 8–14.
16. *Фридман Л.М.* Наглядность и моделирование в обучении. М.: Знание, 1984. 80 с.
17. *Мухина В.С.* Возрастная психология. Феноменология развития. М.: Академия, 2006. 608 с.
18. *Bandler Richard & John Grinder.* The Structure of Magic II: A Book About Communication and Change. Palo Alto, CA: Science & Behavior Books. 1975. ISBN 0-8314-0049-8.
19. *Grinder M.* Righting the Educational Conveyor Belt. Portland, OR: Metamorphous Press. 1991. ISBN 1555520367, 9781555520366.
20. *Любимов А.С.* Мастерство коммуникации. М.: Просвещение, 2008. 64 с.
21. *Лапчик М.П., Семакин И.Г., Хеннер Е.К., Рагулина М.И.* и др. Теория и методика обучения информатике: учебник под ред. М.П. Лапчика. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 592 с.
22. *Vitkute-Adzgauskiene D., Vidziunas A.* Problems in Choosing Tools and Methods for Teaching Programming Informatics in Education. *Informatics in education*. 2012. Vol. 11. No. 2. P. 271–282.
23. *Вопнерук Е.А., Зайкова А.С., Ильичева А.С.* Взаимосвязь обучаемости с ведущей репрезентативной системой. // *Психологический вестник Уральского государственного университета*. Вып. 5. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. С. 47–60. URL: <http://elar.urfu.ru/handle/10995/4005>
24. *Плигин А., Герасимов А.* Исследование закономерностей развития репрезентативных систем школьников. // *Центр НЛП в образовании*. 1996. № 1. URL: <https://www.nlpcenter.ru/index.php?sid=224&did=1059>
12. *Wilson A.D. & Golonka S.* Embodied cognition is not what you think it is. *Frontiers in Psychology*. 2013. 4:58. doi: 10.3389/fpsyg.2013.00058.
13. *Rambusch Jana, & Ziemke Tom.* The Role of Embodiment in Situated Learning. In Bruno Bara, Lawrence Barsalou, and Monica Bucciarelli (eds.), *Proceeding of the 27th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum. 2005. 1803–1808. URL: <http://csjarchive.cogsci.rpi.edu/proceedings/2005/docs/p1803.pdf>.
14. *Kukhtina E.S., Sorokin A.V., Barkhatova D.A.* Razvitie myshleniya uchashchikhsya s ispol'zovaniem naturnykh didakticheskikh sredstv na urokakh informatiki. *Aktual'nye problemy aviatsii i kosmonavтики*. 2015. Vol. 2. No. 11. P. 957–959. (In Russ.)
15. *Nigmatulina E.A., Pak N.I.* Student-tsentrirovannoe obuchenie programmirovaniyu v pedagogicheskom vuze. *Informatika i obrazovanie*. 2017. No. 2 (281). P. 8–14. (In Russ.)
16. *Fridman L.M.* Naglyadnost' i modelirovanie v obuchenii. Moscow: Znanie, 1984. 80 p.
17. *Mukhina V.S.* Vozrastnaya psikhologiya. *Fenomenologiya razvitiya*. Moscow: Akademiya, 2006. 608 p. (In Russ.)
18. *Bandler Richard & John Grinder.* The Structure of Magic II: A Book About Communication and Change. Palo Alto, CA: Science & Behavior Books. 1975. ISBN 0-8314-0049-8.
19. *Grinder M.* Righting the Educational Conveyor Belt. Portland, OR: Metamorphous Press. 1991. ISBN 1555520367, 9781555520366.
20. *Lyubimov A.S.* Masterstvo kommunikatsii. Moscow: Prosveshchenie, 2008. 64 p. (In Russ.)
21. *Lapchik M.P., Semakin I.G., Khenner E.K., Ragulina M.I.* and others. Teoriya i metodika obucheniya informatike: uchebnik ed. M.P. Lapchika. Moscow: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2008. 592 p. (In Russ.)
22. *Vitkute-Adzgauskiene D., Vidziunas A.* Problems in Choosing Tools and Methods for Teaching Programming Informatics in Education. *Informatics in education*. 2012. Vol. 11. No. 2. P. 271–282.
23. *Vopneruk E.A., Zaykova A.S., Il'icheva A.S.* Vzaimosvyaz' obuchaemosti s vedushchey reprezentativnoy sistemoy. *Psikhologicheskiy vestnik Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta*. Iss. 5. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2005. P. 47–60. URL: <http://elar.urfu.ru/handle/10995/4005> (In Russ.)
24. *Pligin A., Gerasimov A.* Issledovanie zakonornostey razvitiya reprezentativnykh sistem shkol'nikov. *Tsentr NLP v obrazovanii*. 1996. No. 1. URL: <https://www.nlpcenter.ru/index.php?sid=224&did=1059> (In Russ.)

Сведения об авторах***Дарья Александровна Бархатова***

*К.п.н., доцент базовой кафедры информатики и информационных технологий в образовании
Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева,
Красноярск, Россия
Эл. почта: darry@mail.ru*

Эльмира Альфредовна Нигматулина

*Аспирант
Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева,
Красноярск, Россия
Эл. почта: nigmira@yandex.ru
Тел.: 89509884864*

Татьяна Анатольевна Степанова

*К.п.н., доцент, доцент базовой кафедры информатики и информационных технологий в образовании
Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева,
Красноярск, Россия
Эл. почта: step1350@mail.ru*

Information about the authors***Daria A. Barkhatova***

*Cand. Sci. (Ped.), Associate professor of basic department of informatics and information technologies in education
Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: darry@mail.ru*

Elmira A. Nigmatulina

*Graduate student
Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev,
Krasnoyarsk, Russia
E-mail: nigmira@yandex.ru
Tel.: 89509884864*

Tatyana A. Stepanova

*Cand. Sci. (Ped.), Associate professor of basic department of informatics and information technologies in education
Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev,
Krasnoyarsk, Russia
E-mail: step1350@mail.ru*

Разработка учебной методологии управления архитектурой предприятия¹

Архитектура предприятия обозначает как некоторый объект управления, обеспечивающий в бизнесе общий взгляд на предприятие и взаимную увязку частей этого предприятия в единое целое, так и дисциплину, возникшую на основе этого объекта. Архитектурный подход к моделированию и проектированию предприятия первоначально возник в области информационных технологий и использовался для проектирования информационных систем и технической инфраструктуры, а также формализации бизнес-требований. С начала 2000-х гг. архитектура предприятия все активнее используется в проектах по организационному развитию и трансформации бизнеса, особенно, если затрагиваются информационные технологии. Архитектура предприятия позволяет описывать, анализировать и проектировать компанию с точки зрения её устройства (структуры), функционирования и целеполагания. В рамках такого подхода предприятие рассматривается как система сервисов, процессов, целей и показателей деятельности, организационных единиц, информационных систем, данных, технических средств и др. Архитектура предприятия реализует идею системного подхода к управлению и изменению организаций в условиях цифровой экономики и сильной зависимости бизнеса от информационных технологий. Это повышает актуальность данного подхода в настоящее время, когда компаниям необходимо создавать и успешно реализовывать цифровую бизнес-стратегию.

Преподавание архитектуры предприятия в вузах является сложной задачей в силу междисциплинарности данного предмета, его обобщенного характера и тесной связи с опытом практической деятельности. Кроме того, современные методологии управления архитектурой предприятия сложны для студентов и

содержат много деталей, актуальных для отдельных ситуаций. В работе предлагается упрощенная методология управления архитектурой предприятия, которая с одной стороны, будет доступна для восприятия студентами, а с другой — позволит учащимся понять и применить на практике основные методы и технологии архитектуры предприятия. Для методологии определены требования, которые учитывались при её разработке, а при использовании методологии позволят понять цели, которые можно достичь с её помощью, принятые допущения и имеющиеся ограничения. Предложенная методология задает слои, аспекты и объекты архитектуры предприятия, описывает задачи управления архитектурой предприятия и создаваемые артефакты (списки, матрицы, диаграммы).

Предложенная методология может использоваться для выполнения учебных проектов, в рамках которых методы и инструменты управления архитектурой предприятия применяются для оптимизации работы компании на основе возможностей информационных технологий. Такие проекты помогут не только развить навыки студентов, но и наладить диалог вузов с промышленностью — поставщиком задач для решения в студенческих проектах.

Предложенная упрощенная методология управления архитектурой предприятия апробирована и используется авторами при проведении курсов в ведущих вузах РФ: в ВШМ СПбГУ, в СПбПУ, в Финансовом университете при Правительстве Российской Федерации, в ВШБИ НИУ ВШЭ и в СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича.

Ключевые слова: архитектура предприятия, обучение, управление трансформацией предприятия.

Dmitry V. Kudryavtsev¹, Evgeny Zaramenskikh², Maxim Arzumanyan¹

¹St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

²Financial university under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

Development of enterprise architecture management methodology for teaching purposes

Enterprise architecture is considered as a certain object of management, providing in business a general view of the enterprise and the mutual alignment of parts of this enterprise into a single whole, and as the discipline that arose based on this object. The architectural approach to the modeling and design of the enterprise originally arose in the field of information technology and was used to design information systems and technical infrastructure, as well as formalize business requirements. Since the early 2000's enterprise architecture is increasingly used in organizational development and business transformation projects, especially if information technologies are involved. Enterprise architecture allows describing, analyzing and designing the company from the point of view of its structure, functioning and goal setting (motiva-

tion). In the context of this approach, the enterprise is viewed as a system of services, processes, goals and performance indicators, organizational units, information systems, data, technical facilities, etc. Enterprise architecture implements the idea of a systematic approach to managing and changing organizations in the digital economy where business is strongly dependent on information technologies. This increases the relevance of the suggested approach at the present time, when companies need to create and successfully implement a digital business strategy.

Teaching enterprise architecture in higher educational institutions is a difficult task due to the interdisciplinary of this subject, its generalized nature and close connection with practical experience. In addition, modern enterprise architecture management methodologies

¹Работа выполнена при поддержке гранта РНФ, проект 15-18-30048.

are complex for students and contain many details that are relevant for individual situations.

The paper proposes a simplified methodology for enterprise architecture management, which on the one hand will be comprehensible to students, and on the other hand, it will allow students to apply the main methods and technologies of the enterprise architecture in practice. The requirements for the simplified methodology were defined. These requirements were taken into account during methodology development and can be used when applying the methodology — it will be possible to understand the goals that can be achieved with its help, the assumptions made and the existing limitations. The proposed methodology defines the layers, aspects and objects of the enterprise architecture, describes the tasks of managing enterprise architecture and the artifacts created (lists, matrices, diagrams).

The proposed methodology can be used to conduct training projects in

which methods and tools of enterprise architecture management are used to optimize the company's work based on the capabilities of information technology. Such projects will help not only to develop students' skills, but also to establish a dialogue between universities and industry — the provider of problems and tasks for solving within students' projects.

The proposed simplified methodology for managing the architecture of the enterprise is tested and used by the authors when conducting courses in the leading universities of the Russian Federation: Graduate School of Management (St. Petersburg State University), St. Petersburg State University, Finance University under the Government of the Russian Federation, Higher School of Economics and Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications.

Keywords: enterprise architecture, teaching, enterprise transformation management.

Введение

Архитектура предприятия (enterprise architecture) является относительно молодой дисциплиной. Возникновение дисциплины часто ассоциируют с первыми публикациями Джона Захмана в 1987 году, но широкомасштабное применение и обсуждение в научных кругах архитектура предприятия получила относительно недавно. Изначально данный инструмент использовался в комплексных ИТ-проектах для прояснения бизнес-требований и проектирования информационных систем и технической инфраструктуры. Однако с начала 2000-х гг. архитектура предприятия все активнее используется для поддержки организационных преобразований и позволяет менеджерам увязать между собой различные инициативы по развитию, перевести стратегию в действия и обеспечить согласованность различных элементов предприятия. Методы и технологии архитектуры предприятия (АП) позволяют работать со знаниями об устройстве компании и используется в задачах трансформации бизнеса, повышения операционной эффективности, согласования бизнеса и ИТ на стратегическом уровне и др. [1, 2, 3, 4] В соответствии с TOGAF, архитектура предприятия (АП) — это фундаментальная организация предприятия и руководящие принципы его проектирования и развития [5]. Проектирование и преобразование АП рассмат-

ривается в рамках инжиниринга предприятий или бизнес-инжиниринга [6, 7].

Актуальность и востребованность АП возрастает как в России, так и в мире, что подтверждается ростом количества публикаций, конференций, проектов, появлением международных стандартов и активностью ведущих мировых консалтинговых компаний (IBM Global Business Services, CapGemini, Accenture и др.). Во многих странах необходимость применения АП признана на уровне государственных директив и фиксируется на уровне стандартов: в США — FEA (с 1994 года) [8], Великобритании — MODAF [9] и др. АП также воспринимается как единое средство выравнивания бизнеса и ИТ (alignment). Изначально зародившаяся в области информационных технологий с идеей Джона Захмана [10], АП все больше становится инструментом трансформации бизнеса [2, 11, 12].

По направлению АП пока нет профессиональных стандартов и общепризнанных учебных материалов. Наряду с динамичностью, новизной и междисциплинарностью АП принадлежит к числу практически-направленных дисциплин, что создает дополнительные ограничения для ее освоения в традиционной вузовской среде [14]. По опросам компании Gartner в 2013 году, АП стала профессией с самым низким уровнем подготовки специалистов [15].

В настоящей статье обобщен опыт академического сообщества, обсуждаемый несколько лет на площадке межвузовского центра компетенций по архитектуре предприятия EA Lab (<http://ealab.org/>). В частности, предложена упрощенная методология управления АП, которая с одной стороны, будет доступна для восприятия студентами, а с другой — позволит им понять и применить на практике основные методы и технологии АП.

Идея создания упрощенной методологии управления АП заимствована у бельгийских исследователей — авторов методологии CHOOSE для малого и среднего бизнеса [16, 17]. Однако методология CHOOSE, в первую очередь, сфокусирована на структуре модели предприятия (составе объектов и их взаимосвязях), и слабо прорабатывает создаваемые артефакты (представления, ориентированные на определенные заинтересованные стороны и их интересы), также не описывает процесса работы с моделями — процесса трансформации предприятия на основе моделирования. Кроме того, структура модели предприятия в CHOOSE ориентирована на моделирование бизнес-архитектуры и её ещё необходимо интегрировать с языками моделирования ИТ-архитектуры.

Также в качестве упрощенной методологии управления АП можно рассматривать методологию моделирования

бизнеса, заложенную в систему Business Studio (http://www.businessstudio.ru/products/business_studio/intro/). Данная методология содержит следующие элементы и их связи: цели бизнеса; бизнес-процессы; организационную структуру; информационные системы; ресурсы и данные. Однако эта методология имеет, на взгляд авторов, ограниченные возможности в части описания деятельности компании (акцент на процессном описании), а также недостаточную проработку ИТ-архитектуры.

1. Методология исследования и структура работы

Данная работа выполнена в парадигме «проектирующего исследования» (design science research), в соответствии с которой исследователь решает актуальные проблемы путем создания инновационных артефактов, пригодных для повторного использования и вносящих вклад в научное знание [18].

«Проектирующее исследование» в соответствии с [19] должно следовать 4-м основным принципам:

1. Обобщенность — создаваемый артефакт применим к классу проблем;

2. Оригинальность — создаваемый артефакт должен расширять существующие знания и предмете;

3. Обоснованность — создаваемый артефакт должен быть подкреплен понятными аргументами и предоставлять возможность валидации;

4. Полезность — создаваемый артефакт должен приносить пользу — либо в ближайшее время, либо в будущем — для соответствующих заинтересованных сторон.

В соответствии с [20] «проектирующее исследование» включает 6 шагов, которые и представлены в работе:

1. Идентификация и обоснование проблемы (актуаль-

ность): выполнено во введении;

2. Идентификация целей, требований и ограничений — см. раздел 3;

3. Проектирование и разработка артефакта — методологии управления АП для задач обучения — см. раздел 4;

4. Демонстрация использования (апробация) созданного артефакта — см. раздел 5;

5. Оценка созданного артефакта с точки зрения его результативности, эффективности и т.п. — хотя качественные оценки результата находят своё отражения в отзывах с обратной связью слушателей, более фундаментальная оценка полученного результата является темой перспективных исследований;

6. Обнародование полученных результатов — предмет данной статьи.

2. Базовые понятия в области архитектуры предприятия

Для дальнейшего описания упрощенной методологии управления АП необходимо определить некоторые базовые понятия.

Элементами АП могут быть бизнес-процессы и функции предприятия, используемые данные, применяемое программное обеспечение и др. Такие элементы архитектуры предприятия называются **объектами**. Во время описания АП такие объекты отражаются при помощи различных представлений: в виде линейных или иерархических списков (реестров), матриц (таблиц соответствия) или диаграмм (рис. 2), предназначенных для различных заинтересованных сторон (stakeholders) в соответствии с их интересами (concerns) и ракурсами/точками зрения (viewpoints). Эти представления принято называть **артефактами**. И артефакты, и объекты являются элементами АП. Так, бизнес-архитектура может включать

объект Процесс и артефакт Карта процессов, созданный на основе описания реально существующих процессов организации. Также ИТ-архитектура может включать объект Приложение и артефакт Ландшафт приложений, в котором отражены существующее программное обеспечение, взаимосвязи различных компонентов и т.п.

АП содержит большое количество объектов и артефактов и их принято группировать. Для этого используются слои и аспекты, выбор и описание которых для упрощенной методологии управления АП представлены ниже.

3. Требования к упрощенной методологии управления архитектурой предприятия

Для методологии определены требования, которые учитывались при её разработке, а при использовании методологии позволят понять цели, которые можно достичь с её помощью, принятые допущения и имеющиеся ограничения. Ниже перечислены эти требования:

- Иллюстрация идеи многослойности АП: взаимосвязь организационно-управленческих объектов с объектами, описываемыми информационные системы и технологическую инфраструктуру компании (предприятие как экономическая, социальная и техническая система);

- Рассмотрение организации с разных аспектов и ответы на комплекс общесистемных вопросов: Почему? Что? Где? Как? Кто? Когда? [10];

- Использование объектов и артефактов, которые необходимы в сценарии использования АП «трансформация бизнеса на основе возможностей ИТ» (баланс бизнеса и ИТ, стратегии и тактики) (подробнее про сценарии см. [2, с. 202–203]);

- Спецификация создаваемых артефактов и прозрачность их взаимосвязи с ин-

тересами заинтересованных сторон;

- Привязка моделей и методов АП к этапам типовых проектов по трансформации предприятия или ИТ-проектов (возможность использования проектного подхода в обучении, формирование компетенций через практическую деятельность);

- Согласованность с имеющимися стандартами, популярными методологиями управления АП, языком описания АП (TOGAF [5], ArchiMate [4, 21]);

- Наличие базовой части (необходимый минимум для знакомства с дисциплиной) и дополнительных расширений для адаптации под конкретные образовательные программы — «плагиновая архитектура» (Plugin Architecture);

- Иллюстрация интеграции с помощью АП различных управленческих дисциплин, таких как управление бизнес-процессами, проектирование информационных систем, управление проектами, стратегическое управление [2, с. 204–208];

- Единая модель предприятия, которая формируется через систему частных представлений (артефактов) на основе общего согласованного языка моделирования; объекты в модели не дублируются, а, возникая в одном частном представлении (артефакте), используются в других;

- Отражение роли АП в проектировании целевого состояния предприятия (не только описание/моделирование).

4. Методология управления архитектурой предприятия для задач обучения

4.1. Слои, аспекты и объекты архитектуры предприятия

Для структурирования АП предлагается выделять следующие слои и аспекты.

Элементы архитектуры предприятия могут быть сгруппированы на основании того,

какую архитектурную область они описывают. В этом случае принято говорить о **слоях архитектуры предприятия**, каждый из которых содержит элементы, относящиеся к одной области. Выделяют следующие слои архитектуры предприятия:

- Бизнес-слой, описывающий деятельность предприятия и его развитие.

- Слой информационных систем, описывающий приложения, данные и их взаимосвязи.

- Технологический слой, описывающий аппаратные средства и системное программное обеспечение.

Такой состав слоёв согласуется с TOGAF [5] и ядром ArchiMate [4, 21] (Рис. 1).

Аспекты:

- Аспект «Цели/Смысл» охватывает элементы, при помощи которых описываются мотивы принятия решений в организации. Цели, показатели, движущие силы и др. относятся к этому аспекту.

- Аспект «Структура (Актеры)» включает объекты, которые в рамках архитектуры предприятия могут выполнять различные действия, и соответствующие артефакты. Та-

кими элементами могут быть сотрудники организации, организационные подразделения, схема организационной структуры и пр.

- Аспект «Деятельность (Функция)» включает объекты, при помощи которых могут быть описаны какие-то виды деятельности или действия без привязки к конкретному исполнителю, а также соответствующие артефакты. К этому аспекту можно отнести процессы и карту процессов и др.

- Аспект «Объект деятельности» включает те объекты, которые используются или создаются в организации, а также соответствующие артефакты. Продукты и услуги, ресурсы, файлы — все это и многое другое может быть отнесено к данному аспекту.

Аспекты архитектуры предприятия условно можно назвать «сквозными». Они проходят через все области архитектуры предприятия. Тем не менее, об аспекте Цели/Смысл традиционно говорят на уровне бизнес-архитектуры. Разумеется, цели, показатели, требования и иные объекты присутствуют в каждой архитектурной области. По своему

Методология управления АП для задач обучения: объекты, состав



Методология управления архитектурой предприятия для задач обучения в университетах, 2017

Рис. 1. Слои, аспекты и объекты архитектуры предприятия



Рис. 2. Взаимосвязь объектов бизнес-слоя

смыслу они являются производными от бизнес-целей.

Такой состав аспектов согласуется со структурой ArchiMate [4, 21], ракурсами методологии CHOOSE для малого и среднего бизнеса [16, 17], и расширяет триаду системного подхода [22; 23] (Рис. 1).

Выделенные аспекты проходят через все слои АП. В связи с этим, элементы архитектуры предприятия могут быть условно разделены **и по аспектам, и по слоям**. Соответственно, объект или артефакт архитектуры предприятия может одновременно относиться, например, к слою информационных систем и аспекту Структура (Актеры).

Помимо слоев и аспектов в предлагаемой методологии заложена метамодель, то есть, определены моделируемые объекты (Рис. 1, 2) и определены взаимосвязи между ними (Рис. 2).

Состав объектов и их взаимосвязи во многом заимствованы из языка ArchiMate [4, 21], но в сокращенном виде с учетом требований п. 3.

4.2. Деятельность по созданию и использованию моделей АП

В реальных проектах деятельность по созданию и использованию моделей АП будет варьироваться в зависимости от сценариев использования АП (организационное разви-

тие, цифровая трансформация и др.) [2, с. 202–203] и прочих ограничений (временных, ресурсных и т.п.). В учебных проектах состав работ и создаваемых моделей также будет варьироваться в зависимости от образовательной программы (её уровня, направления подготовки, ...) [24]. Однако авторы постарались выделить базовую часть, которая подойдет для сценария использования АП «трансформация бизнеса на основе возможностей ИТ» и может быть использована в большинстве образовательных программы, и расширения, которые позволят учесть специфику конкретной программы.

Предлагаемый состав задач управления АП легко представляется в виде проекта преобразования АП (рис. 3). Необходимость следовать жизненному циклу информационных систем при разработке ИТ-решений [25] также укладывается в предложенный метод управления АП.

4.2.1. Базовая часть

Привязка артефактов (моделей) к задачам управления АП и соответствующим этапам проекта преобразования АП позволяет применить проектно-ориентированный подход к обучению студентов, которые индивидуально или в группах для выбранных компаний проходят представленные в табл. 1 этапы и создают соответствующие артефакты. Большая часть указанных артефактов и предложенных в п. 4.1 объектов подробно рассмотрена в главе 2 [6].

Предложенная структура и состав задач управления АП согласуются с методом разработки АП в методологии TOGAF [5], при этом детализирована работа с элементами бизнес-архитектуры. Авторы рассматривают возможность изменения состава работ при анализе текущего состояния АП, проектировании целевого состояния и построении перехода от анализа и проекти-



Рис. 3. Методология управления АП для задач обучения: схема проекта

Таблица 1

Задачи управления АП и создаваемые артефакты, базовая часть

Задачи управления АП	Создаваемые артефакты
1. Начальный этап	
Заинтересованные стороны и их интересы	Реестр заинтересованных сторон
Цели и задачи проекта	Модель мотивации
2. Этап анализа существующей архитектуры предприятия	Модели текущего состояния («как есть»)
Общий взгляд на предприятие	Бизнес-модель «текущая»
Идентификация ценностного предложения (ЦП)	Дерево продуктов/услуг, Профиль ЦП
Выявление конфигурации создания ценности «как есть»	Модель создания ценности
Выявление архитектуры деятельности «как есть»	Функциональная модель, Карта процессов, Модель процесса (при необходимости)
Выявление целей компании и показателей для их измерения	Дерево целей и/или карта стратегий, Таблица показателей
Организационная структура и матрица ответственности «как есть»	Органиграмма, Матрица ответственности
Анализ обработки и использования объектов деятельности «как есть»	Модель объектов деятельности (концептуальная модель бизнес слоя)
ИТ-архитектура «как есть» (существующие ИС и технологическая инфраструктура)	Модель использования ИС, Описание ландшафта приложений, Модель использования инфраструктуры
Общее представление об АП «как есть»	Верхнеуровневая (обзорная) модель АП
3. Этап проектирования целевой архитектуры предприятия	Модели целевого состояния («как должно быть») с визуализацией изменений
Разработка видения целевой АП Разработка целевой АП с детализацией представлений по слоям * на данном этапе может разрабатываться несколько альтернативных сценариев	Бизнес-модель «как должно быть»; Верхнеуровневая (обзорная) модель АП «как должно быть»; Частные модели АП, которые будут затронуты изменениями (состав моделей как при описании текущего состояния), «как должно быть»
4. Этап реализации и перехода	
Планирование перехода между состояниями АП (текущее, целевое переходное/-ые)	Диаграмма перехода
Формирование портфеля проектов развития	Карточки проектов трансформации и программ развития (предлагаемые инициативы)
Планирование реализации и перехода (см. управление проектами)	Календарный план проектов трансформации (например, в MS Project)
5. Этап оценки реализации архитектуры	

рования АП верхнего уровня к дальнейшей детализации по слоям, построения требуемых моделей текущего и целевого состояния в зависимости от необходимости в детализации.

4.2.2. Расширения

В зависимости от образовательной программы и ее уровня базовая часть может быть дополнена следующими компонентами:

- Проработка связи со стратегией: SWOT-анализ для выявления движущих сил преобразований;
- Анализ проблем и их причин для выявления движущих сил преобразований;
- Инструменты работы со знаниями (интеллект-карты, концептуальные карты, карты аргументации и т.п.) для сбора и систематизации информации в процессе выполнения проек-

та, для обоснования предлагаемых решений и т.п.

- Детальное моделирование бизнес-процессов для реализации инициатив/проектов, предложенных в результате проекта по АП;
- Выявление бизнес-требований, требований заинтересованных лиц и требований к решениям;
- Анализ и проектирование ИС, предложенных для реализации инициатив/проектов по АП;
- Использование сервисов, как элементов АП, в случае изучения студентами сервис-ориентированного подхода.

5. Апробация предложенной методологии

Предложенная упрощенная методология управления АП апробирована и используется авторами при проведении курсов в ведущих вузах РФ:

- в ВШМ СПбГУ в рамках курса «Архитектура предприятия» для студентов бакалавриата с 2015 года;
- в СПбПУ в рамках курса «Технологии бизнес-инжиниринга» для студентов магистратуры с 2015 года;
- в Финансовом университете при Правительстве Российской Федерации в рамках курса «Архитектура предприятия» для студентов бакалавриата с 2016 года;
- в ВШБИ НИУ ВШЭ в рамках курса «Архитектура предприятия» для студентов бакалавриата с 2015 года;
- в СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича в рамках курса «Архитектура предприятия» для студентов бакалавриата с 2015 года.

Студенты используют предложенную упрощенную методологию управления АП для выполнения семестрового проблемно-ориентированного проекта. Они выбирают предприятие, и, выполняя работы, представленные в п.4.2, находят узкие места или неиспользованные возможности в теку-

щем состоянии предприятия, предлагают и обосновывают решение, а также технологию его реализации с помощью методов и инструментов АП.

Заключение

Архитектура предприятия — это динамично развивающееся направление по проектированию, управлению и трансформации современных компаний как сложных систем (бизнес и ИТ). Методы и инструменты архитектуры предприятия используются для анализа существующего и проектирования будущего состояния компании, для представления альтернативных сценариев ее развития, а также для систем-

ного планирования проектов развития компании.

В работе предложена упрощенная методология управления архитектуры предприятия, созданная для задач обучения. В частности в приведённом материале:

- Представлены требования к упрощенной методологии для управления архитектурой предприятия;
- Предложена структура создаваемой модели предприятия (заданы слои, аспекты и объекты архитектуры предприятия);
- Представлена обобщенная схема проекта по развитию / трансформации компании с использованием методов и инструментов архитектуры

предприятия, а также описана деятельность по созданию и использованию моделей архитектуры предприятия;

- Предложены артефакты (списки, матрицы, диаграммы), возникающие при создании и использовании моделей архитектуры предприятия;
- Выделена базовая часть упрощенной методологии и расширения, которые могут быть использованы для формирования рабочих программ дисциплин в зависимости от направления и уровня подготовки.
- Представлены вузы, где проведена апробация предложенной методологии, а также описано применение упрощенной методологии в учебных проектах.

Литература

1. Зиндер Е.З. Архитектура предприятия в контексте бизнес-реинжиниринга (Часть 1, Часть 2) // *Intelligent Enterprise*. 2008. № 4.
2. Кудрявцев Д.В., Арзуманян М.Ю. Архитектура предприятия: переход от проектирования ИТ-инфраструктуры к трансформации бизнеса. *Российский журнал менеджмента*, [S.I.], V. 15, № 2, P. 193–224, июль 2017. ISSN 1729-7427. URL: <<https://www.rjm.ru/article/view/67>>. (дата обращения: 18.08.2017) doi: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu18.2017.204>.
3. Op't Land M., Proper E., Waage M., Cloo J., Steghuis C. *Enterprise architecture: Creating value by informed governance*. Springer, 2009.
4. Lankhorst M. et al. *Enterprise Architecture at Work*. Fourth edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2017.
5. TOGAF — The Open Group Architectural Framework, 2011. URL: <http://www.opengroup.org/subjectareas/enterprise/togaf> (accessed: 07.03.2016)
6. Кудрявцев Д., Арзуманян М., Григорьев Л. Технологии бизнес-инжиниринга : учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 427 с.
7. Тельнов Ю.Ф., Фёдоров И.Г. Инжиниринг предприятия и управление бизнес-процессами. Методология и технология. Учебное пособие. М.: Юнити-Дана, 2015.
8. Federal Enterprise Architecture (FEA) URL: <http://www.whitehouse.gov/omb/e-gov/fea> (дата обращения: 20.06.2014).
9. MOD Architecture Framework (MODAF) URL: <https://www.gov.uk/mod-architecture-framework> (дата обращения: 20.06.2014).
10. Zachman J.A. A framework for information

References

1. Zinder E. Z. *Arkitektura predpriyatiya v kontekste biznes-reinzhiniringa* (Part 1, Part 2). *Intelligent Enterprise*. 2008. No. 4. (In Russ.)
2. Kudryavtsev D.V., Arzumanyan M.Yu. *Arkitektura predpriyatiya: perekhod ot proektirovaniya IT-infrastruktury k transformatsii biznesa*. *Rossiyskiy zhurnal menedzhmenta*, [S.I.], V. 15, No. 2, P. 193–224, July 2017. ISSN 1729-7427. URL: <<https://www.rjm.ru/article/view/67>>. (accessed: 18.08.2017) doi: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu18.2017.204>. (In Russ.)
3. Op't Land M., Proper E., Waage M., Cloo J., Steghuis C. *Enterprise architecture: Creating value by informed governance*. Springer, 2009.
4. Lankhorst M. et al. *Enterprise Architecture at Work*. Fourth edition. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2017.
5. TOGAF — The Open Group Architectural Framework, 2011. URL: <http://www.opengroup.org/subjectareas/enterprise/togaf> (accessed: 07.03.2016)
6. Kudryavtsev D., Arzumanyan M., Grigor'ev L. *Tekhnologii biznes-inzhiniringa: uchebnoe posobie*. Saint Petersburg: Izd-vo Politekh. un-ta, 2014. 427 p. (In Russ.)
7. Tel'nov Yu.F., Fedorov I.G. *Inzhiniring predpriyatiya i upravlenie biznes-protsessami. Metodologiya i tekhnologiya. Uchebnoe posobie*. Moscow: Yuniti-Dana, 2015. (In Russ.)
8. Federal Enterprise Architecture (FEA) URL: <http://www.whitehouse.gov/omb/e-gov/fea> (accessed: 20.06.2014).
9. MOD Architecture Framework (MODAF) URL: <https://www.gov.uk/mod-architecture-framework> (accessed: 20.06.2014).
10. Zachman J.A. A framework for information

- systems architecture // IBM systems journal. 1987. V. 26. № 3. P. 276–292.
11. *Lapalme, J.* Three Schools of Thought on Enterprise Architecture, IT Professional. Vol. 14. № 6. P. 37–43. Nov. Dec. 2012.
12. *Harmsen F., Proper H.A.E., Kok N.* Informed Governance of Enterprise Transformations. In: Proper E., Harmsen F., Dietz J.L.G. (eds.) Advances in Enterprise Engineering II. PRET 2009. Lecture Notes in Business Information Processing. Vol. 28. Springer. Berlin. Heidelberg. 2009.
14. *Арзуманян М.Ю.* Архитектура предприятия: проблемы востребованности и подготовки кадров. // XI Всероссийская конференция «Преподавание информационных технологий в Российской Федерации». ВГУ. Воронеж, 16–17 мая 2013. С. 67–69
15. Hunting and Harvesting in a Digital World: Insights From the 2013 Gartner CIO Agenda Report. Gartner research report. 2013.
16. *Bernaert M., Poels G.* The quest for know-how, know-why, know-what and know-who: using KAOS for enterprise modelling // International Conference on Advanced Information Systems Engineering. Springer Berlin Heidelberg, 2011. С. 29–40.
17. *Bernaert, M., Poels, G., Snoeck, M., & De Backer, M.* CHOOSE: Towards a metamodel for enterprise architecture in small and medium-sized enterprises // Information Systems Frontiers. 2016. T. 18. № 4. С. 781–818.
18. *Hevner A., Chatterjee S.* Design research in information systems: theory and practice // Springer Science & Business Media, 2010. T. 22.
19. *Österle, H., Becker, J., Frank, U., Hess, T., Karagiannis, D., Krcmar, H., ... & Sinz, E.J.* Memorandum on design-oriented information systems research // European Journal of Information Systems. 2011. T. 20. № 1. С. 7–10.
20. *Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M.A., & Chatterjee, S.* A design science research methodology for information systems research. Journal of management information systems. 2007. 24(3). С. 45–77.
21. *Lankhorst M. M., Proper H. A., & Jonkers H.* The anatomy of the archimate language. International Journal of Information System Modeling and Design (IJISMD). 2010. 1(1). 1–32.
22. *Акоф Р., Эмери Ф.* О целеустремленных системах. М.: Советское радио, 1974.
23. *Григорьев Л.Ю., Кудрявцев Д.В.* Системный подход и оптимизация организаций // Журнал «Методы менеджмента качества». 2009. № 8. С. 7–16, № 9. С. 4–8.
24. *Зиндер Е.З.* Преподавание классических и развивающихся направлений архитектуры предприятий бакалаврам, магистрам и слушателям МБА // Сборник трудов XVIII конф. «Инжиниринг предприятий и Управление Знаниями». М.: МЭСИ. 2015. С. 281–290.
25. *Зараменских Е.П.* Управление жизненным циклом информационных систем. М.: Юрайт, 2017.
- systems architecture. IBM systems journal. 1987. V. 26. No. 3. P. 276–292.
11. *Lapalme, J.* Three Schools of Thought on Enterprise Architecture, IT Professional. Vol. 14. No. 6. P. 37–43. Nov. Dec. 2012.
12. *Harmsen F., Proper H.A.E., Kok N.* Informed Governance of Enterprise Transformations. In: Proper E., Harmsen F., Dietz J.L.G. (eds.) Advances in Enterprise Engineering II. PRET 2009. Lecture Notes in Business Information Processing. Vol. 28. Springer. Berlin. Heidelberg. 2009.
14. *Arzumanyan M.Yu.* Arkhitektura predpriyatiya: problemy vostrebovannosti i podgotovki kadrov. XI Vserossiyskaya konferentsiya «Prepodavanie informatsionnykh tekhnologiy v Rossiyskoy Federatsii». VGU. Voronezh, 16–17 May 2013. P. 67–69 (In Russ.)
15. Hunting and Harvesting in a Digital World: Insights From the 2013 Gartner CIO Agenda Report. Gartner research report. 2013.
16. *Bernaert M., Poels G.* The quest for know-how, know-why, know-what and know-who: using KAOS for enterprise modelling. International Conference on Advanced Information Systems Engineering. Springer Berlin Heidelberg, 2011. P. 29–40.
17. *Bernaert, M., Poels, G., Snoeck, M., & De Backer, M.* CHOOSE: Towards a metamodel for enterprise architecture in small and medium-sized enterprises. Information Systems Frontiers. 2016. Vol. 18. No. 4. P. 781–818.
18. *Hevner A., Chatterjee P.* Design research in information systems: theory and practice. Springer Science & Business Media, 2010. Vol. 22.
19. *Österle, H., Becker, J., Frank, U., Hess, T., Karagiannis, D., Krcmar, H., ... & Sinz, E.J.* Memorandum on design-oriented information systems research. European Journal of Information Systems. 2011. Vol. 20. No. 1. P. 7–10.
20. *Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M.A., & Chatterjee, S.* A design science research methodology for information systems research. Journal of management information systems. 2007. 24(3). C. 45–77.
21. *Lankhorst M. M., Proper H. A., & Jonkers H.* The anatomy of the archimate language. International Journal of Information System Modeling and Design (IJISMD). 2010. 1(1). 1–32.
22. *Akoff R., Emeri F.* O tselestremennyykh sistemakh. Moscow: Sovetskoe radio, 1974. (In Russ.)
23. *Grigor'ev L.Yu., Kudryavtsev D.V.* Sistemnyy podkhod i optimizatsiya organizatsiy. Zhurnal «Metody menedzhmenta kachestva». 2009. No. 8. P. 7–16, No. 9. P. 4–8. (In Russ.)
24. *Zinder E.Z.* Prepodavanie klassicheskikh i razvivayushchikhsya napravleniy arkhitektury predpriyatiy bakalavram, magistram i slushatelyam MBA. Sbornik trudov XVIII conf. «Inzhiniring predpriyatiy i Upravlenie Znaniyami». Moscow: MESI. 2015. P. 281–290. (In Russ.)
25. *Zaramenskikh E.P.* Upravlenie zhiznennym tsiklom informatsionnykh sistem. Moscow: Yurayt, 2017. (In Russ.)

Сведения об авторах

Дмитрий Вячеславович Кудрявцев

Кафедра информационных технологий в менеджменте, Высшая Школа Менеджмента
Санкт-Петербургский государственный университет, EA Lab, Санкт-Петербург, Россия
Эл. почта: dmitry.ku@gmail.com
Тел.: 8 (931) 227-18-75

Евгений Петрович Зараменских

Кафедра бизнес-информатики
Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации, Москва, Россия
Эл. почта: zep2050@yandex.ru

Максим Юрьевич Арзуманян

Кафедра информационных технологий
в менеджменте,
Высшая Школа Менеджмента
Санкт-Петербургский государственный университет, EA Lab, Санкт-Петербург, Россия
Эл. почта: maxim.arzumanyan@gmail.com

Information about the authors

Dmitriy V. Kudryavtsev

Information technologies in management department,
Graduate School of Management
Saint Petersburg University, EA Lab, Saint
Petersburg, Russia,
E-mail: dmitry.ku@gmail.com
Tel.: 8 (931) 227-18-75

Evgeniy P. Zaramenskikh

Business informatics department,
Financial university under the Government of the
Russian Federation, Moscow, Russia
E-mail: zep2050@yandex.ru

Maksim Y. Arzumanyan

Information technologies in management department,
Graduate School of Management
Saint Petersburg University, EA Lab,
Saint Petersburg, Russia,
E-mail: maxim.arzumanyan@gmail.com