



Научно-практический
рецензируемый журнал

ОТКРЫТОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Том 21. № 3. 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 20.06.17.
Формат 60x84 1/8. Цифровая печать.
Печ. л. 11. Тираж 1500 экз. Заказ
Напечатано в ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г.В. Плеханова».
117997, Москва, Стремянный пер., 36

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- Г.Г. Воробьев, Л.Г. Дмитренко*
Кибернетизация функции ощущения в интеллектуальной
управляющей системе 4
- А.В. Габалин*
Обучение студентов моделированию распределенных
информационно-управляющих систем методом
имитационного моделирования 13

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА

- Р.Г. Болбаков, В.Я. Цветков*
Оценка качества образовательных порталов 22
- Л.А. Макушкина, М.В. Фадеева*
Разработка системы мониторинга учебной деятельности
на базе компетентностного подхода 29
- А.В. Матохина, Н.В. Харламова, О.А. Шабалина,
Е.А. Куликов*
Использование игровых образовательных технологий
в системе обучения русского как иностранного языка
в современном вузе 39

УЧЕБНЫЕ РЕСУРСЫ

- О.М. Брехов, Г.А. Звонарёва, В.В. Рябов*
Особенности разработки и анализа имитационной модели
мультипроцессорной вычислительной системы 48
- Д.В. Кудрявцев, С.А. Костоусов*
Применение инструментов для работы со знаниями
в обучении на основе решения проблем: методология
и ИТ-поддержка 57
- А.А. Черепанов*
Программный комплекс PhaPI для автоматического
построения и исследования фазовых портретов
на плоскости 66

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Ф.Т. Агаев, Г.А. Мамедова*
Современные технологии электронного образования 73
- О.В. Андриюшкова, М.А. Горбунов, А.В. Козлова*
Learning Management System как необходимый элемент
Blended Learning 80



Scientific and practical reviewed
journal

OPEN EDUCATION
Vol. 21. № 3. 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 20/06/17.
Format 60x84 1/8. Digital printing.
Printer's sheet 11. 1500 copies.
Order

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

CONTENTS

METHODICAL MAINTENANCE

- Georgiy G. Vorob'ev, Larisa G. Dmitrenko*
Cyberneticization of the sense function
in an intellectual control system 4

- Aleksey V. Gabalin*
Teaching modelling of distributed information and control
systems to students using the method of simulation modelling... 13

EDUCATIONAL ENVIRONMENT

- Roman G. Bolbakov, Viktor Y. Tsvetkov*
Assessment of the quality
of educational portals..... 22

- Lidiya A. Makushkina, Marina V. Fadeeva*
Development of the educational activity monitoring system on
the basis of competence-based approach 29

- Anna V. Matokhina, Natal'ya V. Kharlamova, Ol'ga A.
Shabalina, Evgeniy A. Kulikov*
Using digital game-based technologies in a system of studying
russian as a foreign language in modern university 39

EDUCATIONAL RESOURCES

- Oleg M. Brekhov, Galina A. Zvonareva, Vladimir V. Ryabov*
Features of development and analysis of the simulation model
of a multiprocessor computer system..... 48

- Dmitriy V. Kudryavtsev1, Sergey A. Kostousov2*
Application of knowledge tools in training, based on problems'
solving:
methodology and its support 57

- Aleksey A. Cherepanov*
PhaPI: software to plot and research phase portraits
automatically..... 66

NEW TECHNOLOGIES

- Firudin Tarlan ogly Agaev, Gyulyara Abas gyzy Mamedova*
Modern technologies of e-learning 73

- Olga V. Andryushkova1, Mikhail A. Gorbunov2, Anna V. Kozlova2*
Learning management system as a necessary element of
blended learning..... 80

СОСТАВ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА журнала «Открытое образование»

Александр Григорьевич Абросимов, д.п.н., проф., профессор кафедрой 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

Кибернетизация функции ощущения в интеллектуальной управляющей системе

Цель работы. В настоящей работе с позиции кибернетики рассматривается осязательная психическая функция, предложенная К.Г. Юнгом в рамках Аналитической психологии. Особенности действия этой функции позволили Юнгу выделить ее как самостоятельную равноценную функциям мышления, чувствования и интуиции, а также описать осязательные психологические типы (экстравертный и интровертный). Специальное исследование, предпринятое в настоящей работе, продиктовано практическим отсутствием подобных материалов иных исследователей и необходимостью понимания значения и роли функции ощущения в интеллектуальной управляющей системе нового поколения, как кибернетической системе, построенной на идеях Аналитической психологии.

Материалы и методы. Настоящая работа базируется на публикациях известных практикующих психологов и специалистов в области кибернетики, а также на результатах предыдущих исследований авторов. Углубленный анализ свойств осязательной функции, предпринятый по приведенным психологическим описаниям, позволил соотносить эти свойства с положениями кибернетики в части передачи информации и управления. При этом для корректного описания действия осязательной функции предложены две операции:

диффузии (размывания) и контракции (концентрации) чувственно воспринимаемых образов.

Результаты настоящего исследования указывают, что в естественноприродных системах осязательная функция действует уже при чувственном восприятии объективной реальности, и действием осязательной функции определяются режимы работы психических функций в любой интеллектуальной системе, удовлетворяющей положениям Аналитической психологии. Значение и роль осязательной функции в интеллектуальной системе управления выходят далеко за пределы указанной Юнгом только «простой передачи образов». Заключение. Анализ результатов исследования показал, что именно осязательной функцией могли бы обеспечиваться психические установки «экстраверсия» и «интроверсия», а также ряд иных явлений, помеченных, но не объясненных Юнгом. Кроме этого, из анализа свойств осязательной функции оказывается возможным гипотезирование возможности описания обладающего «свободой выбора» поведения интеллектуальной системы, основанного на кибернетическом аналоге явления фузии.

Ключевые слова: Аналитическая психология, осязательная функция, интеллектуальная система управления, кибернетика

Georgiy G. Vorob'ev, Larisa G. Dmitrenko

V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Cyberneticization of the sense function in an intellectual control system

In the present work, from the standpoint of cybernetics, a sensible psychic function is considered, proposed by K. Jung in the framework of analytical psychology. The peculiarities of this function enabled Jung to distinguish it as an independent equivalent function of thinking, feeling and intuition, and to describe perceptive psychological types (extraverted and introvert). The special research in this work is carried out in view of the practical lack of similar materials by other researchers and the need to understand the meaning and role of the sensation function in the intellectual control system of the new generation, as a cybernetic system, expressing the ideas of analytical psychology.

This work is based on the publications of well-known practicing psychologists and specialists in the field of cybernetics, as well as on the results of previous studies by the authors. An in-depth analysis of the properties of the sensory function, undertaken according to the given psychological descriptions, made it possible to correlate these properties with the positions of cybernetics in the part of information transmission and control. In order to correctly describe the action of the sensory function, two operations are proposed: diffusion (blurring) and contraction (concentration) of sensory images.

The results of this study indicate that in natural systems, the sensory function operates already in the sensory perception of objective reality, and the operation of the sensible function determines the modes of operation of mental functions in any intellectual system that satisfies the provisions of analytical psychology. The meaning and role of the tangible function in the intellectual control system go well beyond the limits of only "simple transmission of images", indicated by Jung.

Analysis of the results of the study showed that it was the sensible function that could be provided for the psychic attitudes "extraversion" and "introversion", as well as for a number of other phenomena noticed, but not explained by Jung. In addition, from the analysis of the properties of the tangible function, it is possible to hypothesize the possibility of describing the behavior of an intellectual system that has the "freedom of choice", based on the cybernetic analogue of the phenomenon of fusion.

Keywords: analytical psychology, sensible function, intellectual control system, cybernetics.

1. Введение.

Цель исследования и состояние проблемы

Предприняв разработку интеллектуальной системы управления [1–5], базирующейся на идеологических принципах Аналитической психологии

К.Г. Юнга [6 мы раньше или позже сталкиваемся с неизбежностью кибернетического понимания — определения и описания психической функции «Ощущение». Определив действие осязательной функции как «простую передачу образов», Юнг, тем не менее,

возвел эту «простую передачу» в ранг психической функции, равноценной мышлению [6, 7], чувствованию [6, 8, 9] и интуиции [10] и привел описания осязательных психологических типов (экстравертного и интровертного), особенности поведения которых отличают

их от других и не могут быть выражены с использованием функций мышления, чувствования и интуиции.

Юнг писал, что «перцепции сообщают нам о том, что нечто существует. Но они не говорят нам, что [именно] существует. О последнем мы узнаем не от перцепции, но благодаря процессу апперцепции, который имеет чрезвычайно сложную структуру. Это не значит, что чувственная перцепция совсем уж проста, однако, ее сложность скорее физиологическая, нежели психическая. Сложность же апперцепции, напротив, именно психическая». И в этой связи здесь обратим внимание на то, что никакой психический процесс не получит хода, если самая возможность этого не поддержана физиологически.

Так, например, обречена на отрицательный результат попытка получения единого изображения какого-либо предмета непосредственно из двух четких изображений от левого и правого глаз, так как оба изображения, пусть весьма близкие, но, все же, не совпадают. То же самое можно утверждать для случаев любых попыток формализованного сравнения «чуть-чуть» не совпадающих изображений. Но Юнг придерживался мнения, что, например, «процесс узнавания можно представить себе, по существу, как установление сходства и различия с помощью памяти», следовательно, установление сходства и различия, т.е. сравнение также должно иметь физиологическую поддержку, притом, что в условиях невоспроизводимости эмпирической реальности образы даже одного и того же предмета «никогда» не повторяются.

Из приведенного выше уже следует, что действие психической функции ощущения не «просто связано с передачей образов», но не составляет даже части мышления, «прос-

то» синтезирующего планы, или чувствования, «просто» определяющего «закономерные операции» манипуляции данными (образами), или интуиции, «просто» выявляющей возможности, содержащиеся в предмете. Многими последователями Юнга предпринимались анализ и более или менее подробные исследования психических функций, однако, функция ощущения всякий раз выпадала из сферы интересов исследователей (возможно, из-за слишком непосредственного ее понимания). В этой связи, настоящее исследование имеет целью углубленный анализ и описание ощущения, однако, не с позиции психологии, но кибернетики. В поддержку мнению Юнга, там, где требуются дополнительные пояснения, будем использовать некоторые наблюдения О. Вейнингера [11].

Во всем настоящем исследовании (как и в предыдущих) рассмотрение осязательной функции ориентировано на третий логический уровень [12] интеллектуальной системы (ИС) — «ментальный» (имея в виду, что процессы обработки данных идентичны во всех уровнях ИС), в основном, совместно с функцией мышления с некоторой ее спецификой, значимой при разработке интеллектуальной управляющей системы. Также в дальнейшем предполагается, что ощущением обрабатываются данные — новые, поступающие со стороны рецепторов или (и) уже содержащиеся в базе знаний ИС (в основном, зрительные образы).

2. Основания действия ощущения. Главные операции функции ощущения

Фундаментальные, т.е. физиологические основания упомянутой во введении возможности сравнения формально несовпадающих изображений или иных образов лежат в

природном устройстве органов чувств и принципах их функционирования. В частности, для зрения это фузия (нейрофизиология, офтальмология) — слияние четких проекций на глазное дно предмета из левого и правого полей зрения в единое изображение.

Также, например, в настоящее время полагается [13], что видение и оценка «глубины пространства» при бинокулярном (стереоскопическом) зрении определяется фузионным рефлексом (операцией фузии). Природа фузии лежит в физических свойствах глазного дна и сетчатки. Фузия оказывается невозможна, если сигналы от фоторецепторов только четкие, и, наоборот, фузионному процессу ничто не препятствует в случаях нечетких — слегка размытых сигналов от фоторецепторов (мы намеренно не хотим обращаться к нечеткой — «fuzzy» математике [14], построенной из других соображений). Так, фоторецепторы, сгруппированные вокруг одного (или периферийной группы), дающего, каждый, свой четкий сигнал в соответствии с освещенностью данного места глазного дна, дают также ослабленные подобию сигнала от «центрального» рецептора, помимо собственных четких, что и приводит к размыванию последних. Размытые же весьма близкие изображения имеют значительную взаимно наложенную часть, относящуюся к любому из них, что в результате «простого» повышения резкости даст желательное единое изображение.

Аналоги кратко рассмотренной фузии, оперирующей зрительными данными, могут быть найдены и при анализе работы остальных органов чувственного восприятия. В каждом из таких случаев обрабатываются пары весьма близких образов с получением единого, относимого к соответствующей подсистеме чувственного восприятия, и,

следовательно, понимаемого специфически. Вместе с этим, отметим, что изображений для слияния или иных образов может быть более двух, а изображенные предметы — суть процессы или какие-то атрибуты других предметов и т.д. Несколько обобщая понятие фузии, введем две операции над данными от рецепторов или имеющимися в базе знаний ИС. Эти операции названы нами *диффузией* и *контракцией*, которых, по нашему мнению, достаточно для адекватного анализа и описания работы психической функции ощущения.

Диффузия (рассеяние, растекание, распространение...) — операция ощутительной функции, осуществляющая размывание четкого изображения (не имеет отношения к нечеткой — «fuzzy» математике) с сохранением максимумов (минимумов) интенсивностей цвета и яркостей в прежних положениях. Исходные яркости и интенсивности цвета в их максимумах понижаются с увеличением размывания, а в минимумах — возрастают (контрастность падает). Действие диффузии определено во всех логических уровнях ИС. Диффузия — операция, родственная явлению некоторого размывания изображения, получающегося физически в сетчатке глаза (что приведено ранее в качестве примера) и являющегося (явление), по существу его, частным случаем диффузии.

Контракция (сжимание, сжатие, стяжение...) — операция ощутительной функции, осуществляющая стяжение нескольких диффузно размытых изображений, наложенных друг на друга (при этом положения максимумов и минимумов яркости и пр. меняются), в единое с концентрацией по направлениям градиентов интенсивностей цвета и яркости. Контракция — операция родственная фузии (являющейся

частным случаем контракции). Контракция действует не только в случаях двух весьма близких изображений, но при их произвольных количествах и не только для зрительно видимых предметов, но и для процессов, для «закономерных операций» [15] и т.д. во всех логических уровнях ИС (в отличие от фузии, традиционно относимой только к нижнему — рефлекторному уровню).

3. База знаний для работы функции ощущения

Повторимся, назначением функции ощущения по Юнгу является простая передача образов. Однако анализ особенностей и сложности поведения «ощутительного» психологического типа, позволяющих таковой выявить, выделить и соотнести с другими психологическими типами, указывает, что ощущение — сложнейшая функция, не уступающая мышлению, чувствованию и интуиции, обеспечивающая самую возможность их действия. Мышление «разделяет и выделяет», писал Вейнингер, а ощущение осуществляет контракцию и диффузию предметов, в частности, закономерностей, в более или менее размытые образы (диффузия), одновременно несущие (контракция) признаки — атрибуты нескольких (возможно, многих) в чем-то сходных образов в «среде» их локализации, обладающей собственным смыслом. Данная особенность отсутствует у мышления, чувствования или интуиции.

Кроме этого, Вейнингер подметил, что «...явление, почему каждая девушка, которая сильно привлекает мужчину, вызывает в нем воспоминание о других девушках, действовавших на него подобным же образом» (специфика исследований Вейнингера — бисексуальность). Мы здесь можем предположить, что «вейнингеровы девушки»,

внешне различные, обладают неким свойством или атрибутом, сближающим их в понятии данного мужчины. Также легко предположить, что это свойство может, но не обязательно, относиться к их внешнему виду (в целом). Это может быть характером движения, стилем общения, стилем одежды и т.д. Отвлекаясь от «вейнингеровых девушек», отметим, что мы легко относим любой автомобиль к классу автомобилей, любое растение — к классу растений, людей, животных — к их классам и т.д., отмечая, как бы, между прочим, их марку, вид, имя, выделяя характерные особенности каждого конкретного предмета. Так, Вейнингер писал, что «Совершенно справедливо, что при ограниченности нашего сознания невозможно полнейшее совпадение по времени факта возникновения какого-нибудь переживания с особым восприятием его: об этом даже не приходится особенно много говорить. Наблюдение и оценка связаны, прежде всего, с “первичным” образом, оставшимся в нашей памяти. Мы как бы произносим суждение относительно образа, существующего еще в нашем воображении».

«Классификационный признак» может не относиться ни к атрибутам, ни к морфизмам и, что важно, в качестве предмета подобного рода ассоциаций может быть любой предмет, определенный в данной базе знаний, вместе со связанными с ним закономерностями. На этом основании предложим элемент базы знаний, с «указателем ассоциаций» и, имея в виду рассмотренные выше высокую эффективность доступа к диффузно-нечетким данным и манипуляции ими, положим, что и полученные со стороны рецепторов данные, и содержащиеся в базе знаний имеют характер нечетких — диффузно размытых (разумеется, это не относится к системе указате-

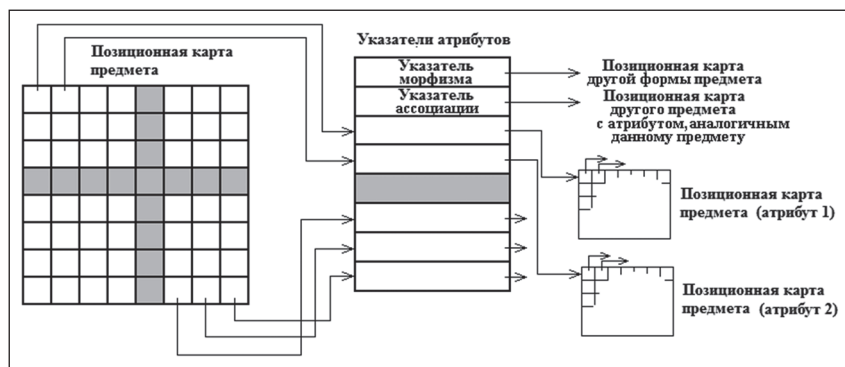


Рис. Состав и структура модифицированного элемента базы знаний ИС

лей). Структура элемента базы знаний получает вид, показанный на рисунке (также заметим, что база знаний может быть организована не только на основе таблиц атрибутов и списков морфизмов или альтернатив, но и наоборот — на основе, например, таблиц морфизмов и списков атрибутов).

Вывод о диффузно-контракционном характере работы ощущения создается на основании того факта, что данные о состоянии, например, внешней среды системы, которое (состояние) есть множество пространственно упорядоченных целостных образов предметов в этой внешней среде, не может быть просто множеством сигналов — раздражителей от отдельных рецепторов. Эти сигналы должны быть конкретно «собранны» в те образы, например, в фузионном процессе, которые могут быть «просто переданы» ощутительной функцией.

Вместе с этим, в соответствии со своим универсализмом, ощущение работает единообразно, независимо от источников данных, среди которых не только рецепторы, но и содержания базы знаний или памяти иного назначения, включая высший логический уровень системы (уровень абстракций). В таких случаях с увеличением количества диффузных образов при контракции характер ощущения сдвигается от экстравертного к интровертному или, по вы-

ражению Вейнингера, «женскому», объединяя, например, закономерности, вызывая эффект «видения» «становления и исчезновения вещей одновременно с их настоящим и мгновенным бытием, и не только это, но одновременно и другое — то, что было до их возникновения и будет после их исчезновения» (Юнг также приводит подобное суждение).

Адекватное ощущение не ограничивается одним лишь предметом, но, как утверждал Вейнингер, имеет в виду конкретные условия его существования — «...производит выбор из происходящего не преимущественно на основании разумных суждений, а ориентируется по тому, что именно происходит в данный момент». Такое «интровертное ощущение больше постигает глубокие планы психического мира, нежели его поверхность» (проблему экстраверсии и интроверсии рассмотрим в дальнейшем). «От этого простое чувственное впечатление развивается в глубину, исполненную предчувствий», а предчувствия несут характер не чувствования, а интуитивности, так как являют содержащиеся в предметах «возможности».

Однако только простой диффузии-контракции недостаточно для выявления возможностей и «видения» настоящего-прошлого-будущего. Для получения образа, обладающего свойствами, требу-

емыми для его корректной обработки, нужно выполнить контракцию диффузного образа настоящего с диффузными образами, по крайней мере, предыдущим и последующим, определяющими предысторию (причинность) и тенденцию («вектор» дальнейшей эволюции). Предыдущий образ имеется в ИС, например, из предыдущего мыслительного цикла, последующий — уже как наиболее вероятный, получается в интуитивном цикле, применяемом к «изображению среды» предмета и затем к предмету. Таким образом, даже «закономерная операция» получается диффузно-контракционным способом из текущего и последующего состояний (по списку морфизмов какого-либо атрибута и т.п.), притом, что выбор последующего состояния выполняется интуицией или при синтезе плана мышлением на основе диффузно-контракционного преобразования текущего и конечного — целевого состояний (так, применение диффузно-контракционного преобразования к последовательностям состояний — их морфизмам дает последовательности «закономерных операций», а применение этого преобразования одновременно к нескольким морфизмам предмета дает их слияние в «единое среднее»).

4. Замечание об адекватности ощущения

И Юнг, и Вейнингер находили определенное различие между «женским» и «мужским» типами психики, так или иначе, определяемыми особенностями использования базы знаний. Юнг отметил, что чувствующий и интуитивный психологические типы встречались ему преимущественно среди женщин. Вейнингер писал, что «Мужчина обладает одинаковым с женщиной психическим содержанием, но только в более расчленен-

ной форме. Там, где женщина более или менее мыслит генидами (первые применения термина «генида» приписываются Платону, — прим. авт.), она имеет ясные, отчетливые представления, к которым присоединяются ясные и всегда отдельные от вещей чувства». Это притом, что «В самом понятии гениды заключается представление о том, что она представляет собой туманную единицу, которую невозможно описать точнее. Однако, если при этом несомненно, что позднее следует полное отождествление гениды с самым расчлененным внутренним содержанием, то столь же несомненно, что сама генида еще не вполне совпадает с ним, чем-то от нее отличается, — меньшей степенью сознания, недостатком рельефности и главным образом отсутствием “фиксационной точки” в “зрительном поле”». Вновь обращаясь здесь к приведенным ранее рассуждениям о «вейнингеровых девушках» и классах размытых (нечетких) данных, содержащихся в базе знаний, найдем, что любой человек, независимо от его пола, в качестве результата своей текущей интеллектуальной деятельности весьма часто получает гениды, как продукт диффузно-контракционного преобразования данных.

Имея в виду последнее, а также возникающие при этом затруднения обработки данных, проведем анализ условий появления генид.

5. Особенность модели основного процесса функции ощущения

Предположим, что перечисления (списки) атрибутов, морфизмов и т.д. достаточно длинные. Предприняв по предварительному полученному образцу выборку подходящих данных из какого-то списка, ощущение (или другая функция через посредство ощущения) может:

1) остановиться на первом же или одном, наиболее подходящем,

2) найти несколько подходящих,

3) найти все подходящие, просмотрев список до конца.

В зависимости от варианта (из перечисленных выше) работы ощущения различными окажутся результаты диффузно-контракционного преобразования, примененного ощущением к образцу и выбранному данным (здесь имеем в виду, что база знаний содержит уже несколько размытые данные). В первом варианте результат окажется достаточно четким и весьма близким (или «совпадет») к образцу. В третьем варианте результат окажется довольно четким, но некоторым «средним» множества образов-данных, найденных в базе знаний, причем, этот «средний» может значительно отличаться от текущего образца, «поглощенного» «эмпирическим опытом» ИС, содержащимся в ее базе знаний. Во втором варианте результат будет нести обрывочные черты образца и данных, выбранных из базы знаний, — «ни то, ни сё», а соединение большего или меньшего количества «обрывков» в единый образ окажется затруднено из-за неопределенности выбора соединительных фрагментов; в результате нечеткость останется, но из-за большого количества данных конкретность образца (да, и цели всего текущего действия) будет утрачена (этот случай ярко выражен у детей, еще не умеющих четко формулировать свои мысли из-за скудости данных в базах знаний; по мнению Юнга, такие случаи характеризуют неразвитость психических функций).

Приведенная выше модель использования ощущением данных из базы знаний, во-первых, некоторым образом представляет экстраверсию (первый вариант) и интроверсию (третий), и, во-вторых, гипотези-

рует «интервал генид» (второй). Однако, отметим, что в трудах Юнга о генидах упоминаний нет, а экстраверсия и интроверсия им показаны как установки ведущей (главной) психической функции и вспомогательных в действующей структуре сознания (в этой связи, возможно, было бы правильным здесь говорить о «псевдоэкстраверсии» и «псевдоинтроверсии»). Так или иначе, использование экстравертного или интровертного режимов и применение той или иной психической функции в каждом конкретном случае указывает на стремление сознания (а в теме настоящего исследования — состояния ИС) к избеганию неопределенности, в первую очередь, применяемых данных и, далее, неопределенности, неадекватности поведения, принятия решений. Это означает, что человек и любая система, которой приписывается свойство интеллектуальности, должны понимать происходящее, его эволюцию, приведшую к текущему состоянию дел, возможные последствия собственной текущей деятельности — дальнейшее развитие настоящего. Кроме этого, так как в динамике текущей деятельности неизбежно будут формироваться новые данные (состояния, закономерности и т.д.), крайне желательно их корректное включение в базу знаний, а, следовательно, поиск в базе знаний и выборка данных, наиболее удовлетворяющих текущей проблематике и целеположению. Обычно, «понимание» определяется как одна из операций мышления, в связи с чем, рассмотрим функцию мышления и «понимание» подробнее.

6. Взаимосвязи ощущения с психическими функциями. Проблема понимания

Назначением функции мышления по Юнгу является:

- выработка интеллектуальных выводов, суждений,

- обнаружение зависимостей,
- формирование знаний,
- синтез планов,
- определение целей по проблемам без анализа средств их достижения,
- выявление новых фактов и концепций разрозненного материала.

Как определил Юнг, мышление пользуется фактическим материалом, а также общезначимыми или самостоятельно выработанными идеями, т.е. гипотезами о сущностях предметов и связываемых с ними закономерностях, что, в частности, суть гипотезы о смыслах [15]. По существу, гипотезы о смыслах и составляют самостоятельно выработанные знания и обнаруженные зависимости. Самостоятельно выработанные знания выработаны умозрительно с использованием наперед имеющихся субъективных содержаний базы знаний, в основании которых так или иначе лежит эмпирический опыт — эмпирически полученные зависимости — *Nihil est in intellectu, quod pop antea fuerit in sensu* (Нет ничего в сознании, чего бы не было раньше в ощущении {лат.}. — Прим. авт.). Это и есть субъективные результаты процессов выработки интеллектуальных выводов, суждений. Частным случаем этих процессов является выявление новых фактов и концепций пусть даже разрозненного материала, так как «новые факты и концепции» не появляются сами по себе, но самая возможность их выявления определяется «удачной» и полноценной — «с пониманием» группировкой доселе разрозненного материала. Неизбежно при этом в такой группировке формируются достаточно сложные, при иной группировке неочевидные и неявные взаимные зависимости, и закономерности, следовательно, формируются новые знания, как результаты корректной работы ощутительной функции.

Мы привлекли к рассуждению эмпирический опыт, как некоторый исходный, базовый материал, причины появления которого (опыта) не могут быть ложны, так как не может быть ложным никакой процесс, протекающий в материальной реальности, не зависящей от какого бы то, ни было субъективного фактора. Однако субъективные знания имеют тенденцию к умножению ошибок и неточностей, что определяется:

1) недостаточно полным восприятием реальности,

2) не вполне корректным ее пониманием из-за неполноты восприятия,

3) неполнотой уже имеющихся знаний,

4) содержащимися в знаниях ошибками, как следствием причин, перечисленных выше.

Некорректность и неполноту знаний редко представляется возможным исправить или скомпенсировать в естественном процессе получения эмпирического опыта из-за практической невоспроизводимости эмпирической реальности (в некоторых случаях такое состояние знаний удастся подправить целенаправленной постановкой экспериментов до получения относительно достоверных — воспроизводимых частных результатов). Таким образом:

- понимание — в частном случае, усвоение нового содержания и предметно определенное (уместное, адекватное и полноценное, т.е. с установлением всех необходимых связей) включение его в систему уже имеющихся знаний;

- понимание причин достижения текущего состояния предмета;

- понимание предмета — характеристика интерпретации (использования) или (и) способности к интерпретации знаний, связанных с данным предметом, адекватных актуальному целеположению и текущей ситуации (явлению,

вещи, процессу и т.д.), включающей (или не включающей) или предполагающей к включению (или исключению) в нее данного предмета. Требование адекватности интерпретации какого-либо материала предполагает наличие оценки — отношения «адекватно»-«не адекватно», а следовательно, применения чувствования с выбором «закономерной операции» (т.е. элемента интерпретации — возможна работа интуиции) над понимаемым и «средой его обнаружения (определения)». Здесь заметим, что понятие оценки родственно понятию меры адекватности или просто соответствия.

Так, в каждом еще не целевом состоянии системы (а иногда и в целевом), обычно, чего-то не хватает, а что-то излишне (мешает, препятствует) для приближения к целевому состоянию или перехода в него, — ситуация имеет характер проблемной. Понимание того, какой именно предмет (предметы) обладает нужными конкретными свойствами, улучшающими ситуацию, позволяет найти его в базе знаний (если она содержит данные о таком предмете) или предпринять его синтез в виде частного (локального) целенаправленного плана получения, требуемого или желательного предмета (так же можно говорить и о «вредном» предмете, который нужно удалить).

Так как отсутствие (или, напротив, наличие) данного предмета в более общем плане (в ситуации) может представлять собой проблему, то получение (или устранение, нейтрализация) данного предмета является целью частного плана (любая цель — целевое состояние задается «позиционной картой цели» [15], синтезируемой (картой) по мере идентификации отдельных ее компонент, и постепенной редукции проблемы к задаче). Это же самое можно говорить и в отношении цели более общего

плана, к ее определению и пониманию. Адекватная идентификация отдельных компонент любой синтезируемой «позиционной карты» — операция не мышления, а ощутительной функции — «за пониманием следует способность восприятия» [6]. Таким образом, понимание предмета не является операцией (в частности, мыслительной), но, формально, есть только редукция качества данных — знаний о предмете в сведения и, следовательно, установление смысла наличия либо отсутствия этого предмета в «среде его обнаружения» или (и) план включения этого предмета в конкретную «среду» или исключения его из этой «среды».

7. Возможности и ограничения функции ощущения

Обычно полное описание состояния предмета состоит из определения его положения в его внешней среде (в пространстве состояний [16]) и вектора изменения этого положения. Такой метод описания состояния материальной точки или системы позволяет строить математически строгие детерминированные теории, например, механику, но принципиально неприемлем для описания поведения живой системы из-за диктуемой таким методом предопределенности ее (системы) поведения, лишенного свободы выбора [17]. Реализовав все возможные варианты существования материи, Природа не пренебрегла и теми, которые представляются или только последовательностями положений — состояний или только последовательностями переходов из одного состояния в другое с «направлениями» и «скоростями». Оба эти варианта равноправны и равноценны, каждый предоставляет необходимую свободу выбора, но взаимно исключают их од-

новременное действие в одной системе. При этом предположим, что правила формирования последовательностей заданы архетипами (Анимусом, Анимой), являющимися, одновременно, и «движущим фактором» процесса этого формирования.

При «неудачном» количестве выбранных (ощущением) атрибутов, морфизмов, ассоциаций происходит попадание результата работы ведущей функции в интервал генид, и дальнейшая конструктивная работа психики тормозится, так как не достигнуто требуемое качество понимания (нормальное понимание характеризуется достаточно четким образом, возможно, вообще без неопределенных размытостей или разрывов). Здесь отметим, что четыре психические функции могут быть классифицированы иначе, чем рациональные и иррациональные, попарно взаимно конфликтующие в каждом «классе». В соответствии с иной классификацией, мышление и ощущение («детерминированные») работают с таблично заданными состояниями — «положениями», а чувствование и интуиция — с закономерностями («недетерминированные»), «векторами» (пары таких функций назовем здесь «психически совместимыми»).

Очевидно, что если, например, мышление, работая с одним из списков данных, получило данные в интервале генид, то простой переход от мышления к чувствованию не разрешит ситуации неопределенности, так как чувствование должно будет работать с теми же данными. Однако в этом случае даже изменение установки ощущения, подготавливающего данные для мышления, с экстравертной на интровертную или наоборот (чем, по существу, меняется установка мышления), существенно изменит ситуацию, что может вывести интеллектуаль-

ный процесс из неопределенности к желаемому пониманию.

Теперь, не обращаясь более к исследованиям «психики мужского типа» и «психики женского типа», определим, что для осуществления попытки выхода из состояния неопределенности ИС располагает следующими возможностями:

- временным изменением установки ведущей функции с экстравертной на интровертную или наоборот (происходит подмена объективной реальности субъективным впечатлением либо субъективное впечатление уточняется наблюдением объективной реальности);

- временным изменением установки с переходом ведущей функции к обработке данных в подписке (см. рисунок) соответствующего атрибута, или морфизма, или ассоциации (предпринимается попытка объяснения непонятого с использованием других содержаний базы знаний — например, аналогий, либо выполняется дальнейшее «расчленение» гениды, — быть может, исследование компонент предмета укажет недостающие сведения о нем);

- временной сменой ведущей функции на психически совместимую.

Последняя возможность позволяет, например, изменив установку (с экстравертной на интровертную или наоборот), воспользоваться далее каждой из психических функций, что подтверждается наблюдением Юнга, что установка ведущей функции противоположна установке остальных. Таким образом, для решения текущей проблемы психика использует все возможности, имеющиеся в ее распоряжении, что требуется от любой ИС (разумеется, случаи невозможности решения какой-либо проблемы на ментальном логическом уровне не исключены, но, со временем, они будут возникать все реже).

8. Заключение. Выводы

1. Предпринятые в работе анализ и исследование ощущения с целью включения этой функции в проект интеллектуальной системы управления, как кибернетической системы, отвечающей основным положениям Аналитической психологии, показали, что именно этой функцией обеспечиваются психические установки «экстраверсия» и «интроверсия», а также ряд иных явлений, подмеченных, но не объясненных Юнгом.

2. Предложены две операции ощутительной функции:

диффузии и контракции, что позволило выдвинуть предположение об используемом интеллектуальной системой способе поиска и сравнения данных в условиях их практической невоспроизводимости.

3. Выявлены некоторые причины возникновения ситуаций неопределенности в интеллектуальной системе, что позволило построить гипотезу о способе их разрешения.

4. Рассмотрена интерпретация термина «понимание», как характеристики действия психических функций, что позволило определить режим функционирования интеллек-

туальной системы управления «с пониманием происходящего, его причин и последствий».

5. На основе рассмотрения положения механики (дифференциальной геометрии [18] и др.) об описании состояния материальной точки (тела) показано фундаментальное отличие живой материи, в т.ч. интеллектуальной, обладающей большей или меньшей «свободой выбора», от косной, существование которой подчинено исключительно физическим термодинамическим, физико-химическим и т.д. объективным законам Природы.

Литература

1. Жданов А.А. Автономный искусственный интеллект. М.: Бином Лаб. знаний, 2009.
2. Хокинс Дж., Блейкли С. Об интеллекте. М.: Вильямс, 2007.
3. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. М.: Вильямс, 2006.
4. Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Распределенные системы планирования действий коллективов роботов. М.: Янус-К, 2002.
5. Васильев С.Н., Жерлов А.К., Федосов Е.А., Федунев Б.Е. Интеллектуальное управление динамическими системами. М.: Физматлит, 2000.
6. Jung C.G. Analytical Psychology: Its Theory and Practice. The Tavistock Lectures. London a. Henley, 1968, P. 224.
7. Чернавский Д.С. Проблема происхождения жизни и мышления с точки зрения современной физики // Успехи физических наук. Т. 170. 2000. №2. С. 157–183.
8. Березина Т.Н. Методики исследования глубинных особенностей личности. М.: Издательство ИПРАН, 1997. 48 с.
9. Фрейд З. Введение в психоанализ. Лекции. М.: Наука, 1991. 456 с.
10. Маклаков А.Г. Общая психология. СПб.: Питер. 2001.
11. Вейнингер О. Пол и характер. Пер. с нем. М.: Форум XIX–XX–XXI, 1991. 192 с.
12. Воробьев Г.Г., Дмитренко Л.Г. Архитектурные принципы построения интеллектуальных систем. Saarbrücken, Deutschland: LAMBERT Academic Publishing, 2015. 65 с.
13. Жабоедов Г.Д., Скрипник Р.Л. и др. Офтальмология. ВСИ Медицина 2011. 451 с.
14. Круглов В.В., Дли М.И. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. М.: Физматлит, 2002.

References

1. Zhdanov A.A. Avtonomnyi iskusstvennyi intellekt. Moscow: Binom Lab. znaniy, 2009. (In Russ.)
2. Khokins Dzh., Bleiksli S. Ob intellekte. Moscow: Vil'yams, 2007. (In Russ.)
3. Russel S., Norvig P. Iskusstvennyi intellekt. Sovremenniy podkhod. Moscow: Vil'yams, 2006. (In Russ.)
4. Kalyaev I.A., Gaiduk A.R., Kapustyan S.G. Raspredeleennye sistemy planirovaniya deistvii kolektivov robotov. Moscow: Yanus-K, 2002. (In Russ.)
5. Vasil'ev S.N., Zherlov A.K., Fedosov E.A., Fedunov B.E. Intellektnoe upravlenie dinamicheskimi sistemami. Moscow: Fizmatlit, 2000. (In Russ.)
6. Jung S.G. Analytical Psychology: Its Theory and Practice. The Tavistock Lectures. London a. Henley, 1968, P. 224.
7. Chernavskii D.S. Problema proiskhozhdeniya zhizni i myshleniya s tochki zreniya sovremennoi fiziki. Uspekhi fizicheskikh nauk. V. 170. 2000. No. 2. P. 157–183. (In Russ.)
8. Berezina T.N. Metodiki issledovaniya glubinykh osobennostei lichnosti. Moscow: Izdatel'stvo IPРАН, 1997. P. 48. (In Russ.)
9. Freid Z. Vvedenie v psikhoanaliz. Lektsii. Moscow: Nauka, 1991. P. 456. (In Russ.)
10. Maklakov A.G. Obshchaya psikhologiya. Saint-Petersburg: Piter. 2001. (In Russ.)
11. Veininger O. Pol i kharakter. Translated from German. Moscow: Forum XIX–XX–XXI, 1991. P. 192. (In Russ.)
12. Vorob'ev G.G., Dmitrenko L.G. Arkhitekturnye printsipy postroeniya intellektual'nykh sistem. Saarbrücken, Deutschland: LAMBERT Academic Publishing, 2015. P. 65. (In Russ.)
13. Zhaboedov G.D., Skripnik R.L. et al. Oftal'mologiya. VSI Meditsina 2011. P. 451. (In Russ.)
14. Kruglov V.V., Dli M.I. Intellektnal'nye informatsionnye sistemy: komp'yuternaya podderzhka sistem nechetkoi logiki i nechetkogo vyvoda. Moscow: Fizmatlit, 2002. (In Russ.)

15. Воробьев Г.Г., Дмитренко Л.Г. Кибернетизация функций чувствования и интуиции для интеллектуальной управляющей системы. М: Открытое образование. 2016. No. 6. С. 65–69.
16. Андронов А.А., Леонтович Е.А., Гордон И.М., Майер А.Г. Теория бифуркаций динамических систем на плоскости. М.: Наука, 1967.
17. Шопенгауэр А. Свобода воли и нравственность. М.: Республика, 1992. 448 с.
18. Рашевский П.К. Курс дифференциальной геометрии. 3-е изд., М.: 1950.

Сведения об авторах

Георгий Георгиевич Воробьев

Кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия
Эл. почта: ldmit@ipu.ru
Тел.: 8 (495) 334-88-70

Лариса Григорьевна Дмитренко

Кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
Государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия
Эл. почта: ldmit@ipu.ru
Тел.: 8 (495) 334-88-70

15. Vorob'ev G.G., Dmitrenko L.G. Kibernetizatsiya funktsii chuvstvovaniya i intuitsii dlya intellektual'noi upravlyayushchei sistemy. Moscow: Otkrytoe obrazovanie. 2016. No. 6. P. 65–69. (In Russ.)
16. Andronov A.A., Leontovich E.A., Gordon I.M., Maier A.G. Teoriya bifurkatsii dinamicheskikh sistem na ploskosti. Moscow: Nauka, 1967. (In Russ.)
17. Shopengauer A. Svoboda voli i npravstvennost'. Moscow: Respublika, 1992. P. 448. (In Russ.)
18. Rashevskii P.K. Kurs differentsial'noi geometrii. 3 ed., Moscow: 1950. (In Russ.)

Information about the authors

Georgiy G. Vorob'ev

Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher
V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
E-mail: ldmit@ipu.ru
Tel.: 8 (495) 334-88-70

Larisa G. Dmitrenko

Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher
V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
E-mail: ldmit@ipu.ru
Tel.: 8 (495) 334-88-70

Обучение студентов моделированию распределенных информационно-управляющих систем методом имитационного моделирования

Математическое моделирование является одним из наиболее эффективных средств исследования самых сложных систем и процессов.

Одним из наиболее удобных средств математического моделирования, применяемых при анализе функционирования систем рассматриваемого класса, являются имитационные модели, которые описывают структуру и поведение системы в виде программы для ПК и позволяют проводить машинные эксперименты с целью получения необходимых данных о функционировании элементов и системы в целом в течение определенных интервалов времени.

В настоящее время на рынке средств имитационного моделирования представлено достаточно обширное количество различных систем имитационного моделирования. Вместе с тем, выбор подходящих инструментальных средств является весьма важной задачей. Специализированными программами, в частности, являются: GPSS World, MATLAB/Simulink, а также AnyLogic.

Распределенные информационно-управляющие системы (ИУС) представляют собой рассредоточенные в пространстве многофункциональные взаимосвязанные совокупности стационарных и подвижных элементов с развитыми техническими средствами приема, передачи и обработки информации.

Задача заключается в том, чтобы при заданных структурных ограничениях, характеристиках информационных потоков, параметрах технических средств определить рациональную структуру ИУС, сис-

темно-плановые показатели качества развития и функционирования которой удовлетворяют заданным требованиям.

Для экспериментальных исследований процессов функционирования описанной системы была разработана имитационная модель. Эта модель позволяет получать и оценивать такие функциональные характеристики как степень загрузки технических средств, длительность ожидания информации в очередях на обслуживание, уровень оперативности передачи и обработки информации, время формирования единого носителя и др. Модель позволяет также оценивать качество функционирования системы в зависимости от расписания полетов, траекторий движения ЛА, характеристик технических средств, структуры системы, выхода из строя отдельных элементов и от других параметров.

Разработанная имитационная модель на GPSS позволяет студентам достаточно глубоко освоить предметную область - систему сбора телеметрической, баллистической и другой информации, разобраться как работают устройства передачи и сбора информации, как описывается их работа с помощью имитационной модели и как с помощью имитационной модели можно анализировать и корректировать структуру и характеристики всей моделируемой системы и отдельных ее элементов. На базе данной модели построена курсовая работа.

Ключевые слова: обучение моделированию, имитационные модели, система GPSS, информационно-управляющая система, структура системы.

Aleksey V. Gabalin

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Teaching modelling of distributed information and control systems to students using the method of simulation modelling

Mathematical modelling is one of the most effective means to study the complex systems and processes.

One of the most convenient means of mathematical modelling used in the analysis of functioning of systems of this class are simulation models that describe the structure and behavior of the system in the form of a program for the PC and allow conducting computer experiments with the aim of obtaining the necessary data on the functioning of the elements and the system as a whole during certain time intervals.

Currently, the simulation tools market presents a large number of different simulation systems. However, the selection of suitable tools is very important. Specialized programs in particular are GPSS World, MATLAB/Simulink, and AnyLogic.

Distributed information and control systems (ICS) are dispersed in space multifunctional coherent set of stationary and moving elements with developed technical means of reception, transmission and processing of information.

The task is to determine a rational structure of ICS, system-planned indicators of quality of development and functioning of which meet specified requirements under given structural constraints, characteristics of information flows, and parameters of technical tools.

For experimental research of functioning processes of the described system a simulation model was developed. This model allows obtaining and evaluating such functional characteristics as the degree of technical means utilization, waiting time of information in queues for service, the level of efficiency of transmission and processing of information, the time of forming a single media and etc. The model also allows evaluating the performance of the system depending on the flight schedule, flight paths, characteristics of technical means, the system structure, failure of individual elements and depending on other parameters.

The developed simulation model in GPSS allows students to master the subject area deeply enough – the system of collecting telemetry, ballistic and other information, to understand how the devices for collecting and transmitting information operate, how their work is described with simulation models and how you can analyze and adjust the structure and characteristics of the entire simulated system and its separate elements with the use of the simulation model. A course paper is done based on the given model.

Keywords: teaching modelling, simulation models, GPSS system, information and control system, system structure.

Введение

Имитационное моделирование является одним из наиболее эффективных средств исследования сложных систем и процессов [1, 2].

В настоящее время принятие решений по управлению сложными объектами или процессами в самых различных областях требует предварительных оценок конечного результата при помощи системного анализа и имитационного моделирования. Имитационное моделирование (ИМ) — это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему, с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. ИМ — частный случай математического моделирования, принципиально отличающийся тем, что использование ЭВМ в ИМ играет определяющую роль. В настоящее время ИМ переживает этап стремительного развития и популярности [3].

Существуют определенные традиции преподавания дисциплины «Имитационное моделирование» [5, 11, 12, 13]. Обычно в процессе обучения рассматриваются такие вопросы как виды моделей и методов моделирования, система массового обслуживания, этапы моделирования, тестирование и исследование свойств имитационной модели, инструментальные средства автоматизации моделирования, планирование и проведение направленных вычислительных экспериментов на имитационной модели, графическое представление результатов моделирования. Практическая составляющая курса направлена на формирование навыков проектирования и разработки математических и имитационных моделей для исследования разных экономических, технических систем. Обычно практическое обучение проводится на базе какого-либо одного метода и реализующего его пакета.

Задачи, используемые в обучении, — это, главным образом, адаптированные к учебному процессу задачи экономики: моделирование производственных систем и логистических процессов, маркетинг, моделирование бизнес-процессов; моделирование транспортных, информационных и телекоммуникационных систем.

И в авиационно-космической отрасли рассматриваются экономические задачи из области управления производственными, логистическими, и т.п. бизнес-процессами. Однако существуют задачи имитационного моделирования сложных систем, свойственные только авиационно-космической отрасли. К таким задачам можно отнести задачи управления сложным космическим аппаратом, управление беспилотниками, управление сбором телеметрической и другой информации, получаемой со спутников специального назначения и т.п. Постановка таких задач и адаптация их к учебному процессу должна осуществляться совместно со специалистами соответствующей предметной области. В настоящее время остро ощущается отсутствие хороших учебных пособий, содержащих задачи моделирования сложных систем аэрокосмического профиля.

Разработанная имитационная модель позволяет студентам достаточно глубоко освоить предметную область — систему сбора телеметрической, баллистической и другой информации, понять как работают устройства передачи и сбора информации, как описывается их работа с помощью имитационной модели, решать задачу анализа и коррекции структуры системы.

1. Средства имитационного моделирования

В настоящее время на рынке средств имитационного моделирования представлено достаточно обширное количество различных систем имитационного моделирования. Вместе с тем, выбор подходящих инс-

трументальных средств является весьма важной задачей. Специализированными программами, в частности, являются: GPSS World, MATLAB/Simulink с пакетом SimEvents, а также AnyLogic [5].

Классической и наиболее популярной программой имитационного моделирования является GPSS (General Purpose Systems Simulator) [6]. Модель на языке GPSS представляет собой последовательность операторов (блоков), отображающих события, происходящие в СМО при перемещениях транзактов.

К основным преимуществам GPSS можно отнести: уникальные концепции моделирования и алгоритмическую мощь; модели на GPSS компактны; легко интерпретируемые диаграммы; GPSS имеет интуитивно понятный интерфейс; существует очень большое количество уже готового программного кода, написанного на GPSS. Другие преимущества этого программного продукта — бесплатность версии GPSS World для студентов, ее доступность через Интернет, достаточное количество русскоязычной литературы, а также низкие требования к ресурсам ЭВМ [7, 8].

Одним из альтернативных современных программных продуктов является SimEvents.

SimEvents — это библиотека пакета MATLAB Simulink для моделирования систем с дискретными состояниями, использующая теорию очередей и СМО [9, 10]. Она позволяет создавать имитационные модели прохождения объекта (заявки) через сети и очереди, обеспечивает моделирование систем, зависящих не от времени, а от дискретных состояний. Среда MATLAB Simulink предоставляет инструменты визуального моделирования систем, позволяющие пользователю собирать модель из готовых блоков.

Еще одна графическая среда моделирования, использованная в настоящей работе, это AnyLogic, которая является

популярным и многофункциональным средством для имитационного моделирования бизнес-процессов [4]. AnyLogic представляет собой единственный инструмент имитационного моделирования, который поддерживает все подходы к созданию имитационных моделей: процессно-ориентированный (дискретно-событийный), системно-динамический и агентный, а также любую их комбинацию. Также, этот продукт включает в себя возможность визуализации результатов и существенный набор предлагаемой статистики для анализа. Создание библиотек позволяет многократно использовать уже написанные модули, что облегчает работу пользователя.

Разработанная модель в AnyLogic позволяет оценить статистические характеристики СМО. Характеристики удобно представить в графическом виде. Кроме того, AnyLogic позволяет продемонстрировать работу системы с помощью 3D-анимации.

В результате сравнения программных средств имитационного моделирования сделаны следующие выводы. По сравнению с GPSS, моделирование в MATLAB Simulink характеризуется более высокой степенью визуализации, большей гибкостью при построении моделей сложных систем, возможностью использовать мощный вычислительный инструмент MATLAB. Сложность обучения студентов работе с библиотекой SimEvents пока обусловлена недостаточным количеством литературы. Кроме того, в отличие от GPSS World и AnyLogic, академические лицензии MATLAB являются платными.

На сегодняшний день версия AnyLogic PLE является бесплатной для студентов. Основным преимуществом данного продукта считается гибкость использования. Отличительной чертой AnyLogic от других программных средств имитационного моделирования является наличие возмож-

ность создания интерактивной анимации для улучшения наглядности моделей. Возможность расширения моделей средствами Java дает широкие возможности, которые могут стать мощным инструментом решения проблем в любой прикладной области, в руках профессионала.

Недостатки данного продукта вытекают из его достоинств, в частности из-за применения языка программирования Java. Для того чтобы ускорить овладение инструментом, необходим специальный курс обучения. Также к недостатком AnyLogic можно отнести его гибкость, обычно предлагается не один, а множество путей разработки модели, и для эффективного выбора из этого спектра нужна некоторая практика.

Хочется отметить, что к сожалению, в ИМ часто отсутствуют методически обоснованные принципы построения хороших имитационных моделей для широкого класса сложных систем. Богатые анимационные возможности позволяют студентам быстро разработать красивый динамичный интерфейс, что создает искаженное представление о хорошей имитационной модели, хотя по своим потенциальным возможностям модель может и не решать серьезных задач. Эту проблему для ряда систем можно было бы преодолеть, опираясь на знания из других дисциплин. Так, для задач дискретно-событийного моделирования методологической основой можно считать теорию систем массового обслуживания (СМО).

Под СМО понимается система, в которую в случайные моменты времени поступают заявки на обслуживание, при этом поступившие заявки обслуживаются с помощью имеющихся в распоряжении системы каналов обслуживания [4]. К СМО можно отнести сложные технические системы, в том числе и в аэрокосмической области, в частности и модель, описанная в статье.

Как правило, с помощью моделирования СМО решаются задачи оценки средней и максимальной длины очереди, частоты отказов в обслуживании, средней загрузки каналов, определение их числа, задача развязки узких мест системы и т.д.

2. Распределенные информационно-управляющие системы

Распределенные информационно-управляющие системы (ИУС) представляют собой рассредоточенные в пространстве многофункциональные взаимосвязанные совокупности стационарных и подвижных элементов с развитыми техническими средствами приема, передачи и обработки информации. Независимо от типа и назначения такие системы обладают следующими особенностями [14].

Распределенность. ИУС располагаются на значительных территориях от регионального до глобального масштабов и включают в себя большое число управляемых, управляющих и комбинированных элементов.

Подвижность элементов. Элементы системы могут быть неподвижными, передвижными или движущимися. Движение элементов осуществляется постоянно или периодически по детерминированным или стохастическим траекториям.

Наличие зон доступности. Осуществление функциональных взаимодействий между движущимися и неподвижными (передвижными) элементами распределенных ИУС возможно, как правило, только при нахождении движущегося элемента в зоне доступности («видимости») неподвижного (передвижного) элемента. Зона доступности определяется взаимным расположением элементов в пространстве и типами используемых технических средств.

Быстродействие. Необходимость в оперативной выработке управляющих воздействий определяет высокие требова-

ния к времени выполнения соответствующих функций элементами и системой в целом.

Недопустимость потерь информации. Для распределенных ИУС, как правило, важным условием является недопустимость (строгая ограниченность) потерь информации определенных типов. Это требует специальных мер по анализу и контролю за полнотой передаваемой, обрабатываемой и принимаемой информации.

Живучесть. В некоторых случаях функционирование систем рассматриваемого класса протекает в условиях неблагоприятных воздействий, что приводит к нарушению штатных режимов функционирования отдельных элементов и системы в целом.

Типичными примерами распределенных информационно-управляющих систем являются: ИУС летательными аппаратами (ИУС ЛА), спутниковые системы связи, системы управления оперативными службами и др.

Проблема управления развитием структуры ИУС тесно связана с задачами формализованного описания процессов функционирования, процедур сбора, передачи и обработки информации, анализа характеристик элементов и их взаимосвязей, влияющих на системно-плановые, экономические и тактико-технические показатели качества функционирования системы в целом.

3. Постановка задачи

На физическом уровне задача заключается в том, чтобы при заданных структурообразующих ограничениях, объемно-временных характеристиках информационных потоков, параметрах технических средств, зависимостях экономических и тактико-технических показателей их развития и функционирования от уровня производительности определить рациональную структуру ИУС, системно-плановые показатели качества развития и функционирования которой удовлетворяют заданным тре-

бованиям. К объемно-временным характеристикам информационных потоков в первую очередь относятся: законы поступления информационных посылок (сообщений) от ИИ, уровень информационных потоков, временные характеристики алгоритмов обработки и объемы перерабатываемой информации в узлах системы, законы отказов и восстановления элементов и т.п.

Технические средства характеризуются мощностями по приему, передаче и обработке информации и местами их размещения. Эффективность функционирования системы определяется исходя из времени реакции системы на информационные запросы, времени задержки сообщений в сети, времени ожидания обработки, степени загрузки технических средств, полноты приема информации, устойчивости функционирования системы при изменении состояний внешней среды и т.д.

Необходимо подчеркнуть, что область ограничений, в рамках которых осуществляется развитие и функционирование системы, включает ограничения как аналитического, так и алгоритмического характера и регламентирует уровень качества функционирования, класс структур, объем ресурсов и возможности технических средств.

Существенной особенностью рассматриваемых задач является присутствие в них фактора неопределенности, что обусловлено влиянием на процессы развития и функционирования реализаций случайных состояний внешней среды и других неуправляемых факторов, а также неоднозначностью исходных данных (например, нормативов потребления ресурсов, потребностей в вычислительных и других работах, которые, как правило, являются среднестатистическими).

Постановка задачи анализа и коррекции структуры ИУС в общем виде формализуется следующим образом [14]. Не-

обходимо определить оптимальную структуру сети

$$Sopt(t) = \{E^*(t), A^*(t), X^*(t), Y^*(t)\}, t \in T,$$

где

$E^*(t) \subset E \sim (t)$ — допустимое множество элементов системы в период t ;

$A^*(t) \subset A \sim (t)$ — допустимое множество взаимосвязей элементов системы в период t ;

$X^*(t) \subset X \sim (t)$ — допустимое множество собственных функциональных характеристик элементов системы в период t ;

$Y^*(t) \subset Y \sim (t)$ — допустимое множество системных функциональных характеристик в период t

При выполнении ограничений ресурсного, технологического, директивного, тактического и др. типов, в рамках которых осуществляется развитие и функционирование системы

$$R[E(t), A(t), X(t), Y(t), t].$$

Таким образом, задача состоит в следующем. При заданных характеристиках информационных потоков, параметрах технических средств и зависимостях показателей их функционирования и стоимости от производительности определить оптимальную структуру сети, показатели качества функционирования которой удовлетворяют заданным требованиям. Критерии бывают трех видов: **временные** (определение структуры сети, обеспечивающей минимальную задержку передачи информации при заданных показателях стоимости и надежности); **стоимостные** (определение структуры сети минимальной стоимости при заданных средних задержках передачи сообщений, показателях надежности сети и объемах информации); **надёжные** (определение структуры сети с максимальной надежностью при заданных показателях стоимости сети и средней задержке сообщений).

На основе проведенных исследований и обобщения опыта решения практических задач управления развитием

структуры ИУС был предложен подход к решению задачи, базирующийся на построении комплекса взаимосвязанных оптимизационных (ОМ), имитационных (ИМ), расчетно-анализирующих (АН) и корректирующих (КОР) моделей.

При этом ограничения и условия развития ИУС, задаваемые в аналитическом виде, учитываются в рамках соответствующих моделей оптимизации. Алгоритмически задаваемые ограничения учитываются с помощью имитационных моделей функционирования элементов системы, которые в данном случае выступают в качестве оператора τ . Расчетные модели обеспечивают формирование и оценку экономических и тактико-технических показателей развития и функционирования системы, на основе которых организуется процедура взаимодействия моделей комплекса. Состав и структура разработанного комплекса взаимосвязанных моделей отражает разбиение ИУС на функциональные подсистемы. На основе анализа системно-плановых показателей и внешних условий развития и функционирования ИУС определяются сценарии воздействия внешней среды на систему, которые реализуются в виде имитационных моделей, алгоритмизирующих законы нарушения штатных режимов функционирования элементов и процессы восстановления (полного или частичного) их работоспособности. Генерируемые в этих моделях воздействия учитываются при моделировании процессов функционирования элементов функциональных подсистем ИУС. Вообще говоря, задачи управления развитием структуры функциональных подсистем ИУС могут быть разбиты на две группы. К первой относятся задачи, связанные с синтезом топологической структуры и состоящие в определении состава, территориального расположения и взаимосвязей узлов системы. Ко второй группе относятся задачи синтеза фун-

кциональной структуры, т.е. распределение работ и технических средств по узлам ИУС.

Одним из наиболее удобных средств математического моделирования, применяемых при анализе функционирования систем рассматриваемого класса, являются имитационные модели, которые описывают структуру и поведение системы в виде программы для ПК и позволяют проводить машинные эксперименты с целью получения необходимых данных о функционировании элементов и системы в целом в течение определенных интервалов времени. В настоящей работе описывается имитационная модель, предназначенная для решения указанных задач.

4. Описание моделируемой системы

ИУС ЛА представляет собой сложную, многофункциональную распределенную информационно-управляющую систему, осуществляющую сбор, передачу и обработку информации, поступающей с борта летательного аппарата (ЛА). Она включает в себя стационарные и передвижные пункты приема информации (ППИ), измерительные пункты и станции слежения, распределенные по значительной территории и осуществляющие сбор поступающей телеметрической и другой информации. ППИ размещаются таким образом, чтобы своими зонами радиовидимости (доступности) максимально охватывали территорию, над которой проходит траектории движения ЛА. Для обеспечения наиболее эффективного покрытия зонами радиовидимости передвижные ППИ располагаются в местах, обоснованных специальными расчетами. Типовой ППИ содержит: приемные станции (ПС) телеметрической информации и траекторных измерений; технические средства передачи команд на борт ЛА и приема информации по спутниковой связи; средства управления, баллистических рас-

четов, оперативной обработки телеметрической информации и службу единого времени.

Информация о режимах функционирования оборудования и аппаратуры, данные о научно-технических экспериментах, проводимых на борту ЛА, принимаются приемными радиотелеметрическими станциями на ППИ и по каналам связи (КС) передаются на соответствующие узлы связи (УС) для дальнейшей обработки. Часть информации может оперативно обрабатываться на ППИ. После обработки информация поступает по каналам связи в центр управления (вычислительный центр (ВЦ)), где она анализируется специалистами, на основании чего они делают заключение о состоянии технических средств ЛА и информационно-управляющей системы и принимают решение об осуществлении тех или иных управляющих воздействий.

Принципиальная схема функционирования ИУС ЛА приведена на рис. 1.

Планом полетов определяется количество контролируемых ЛА различных типов, моменты начала полетов, траектории движения ЛА, режимы функционирования передающих устройств, а также состав и объемы телеметрической и другой информации, передаваемой с борта ЛА. Для передачи информации различного типа борт каждого ЛА оборудуется определенным набором передающих устройств (ПРД) со своей циклограммой работы. Циклограмма определяет состав ПРД для ЛА и время их работы на каждом этапе функционирования. Основной информационной характеристикой ПРД является скорость передачи.

На ППИ осуществляется прием информации, передаваемой с борта ЛА, с помощью своих ПС, где параллельно информация записывается на внешний носитель и передается в КС. Прием информации на ППИ с борта ЛА, находящегося в полете, определяется зонами видимости ППИ.

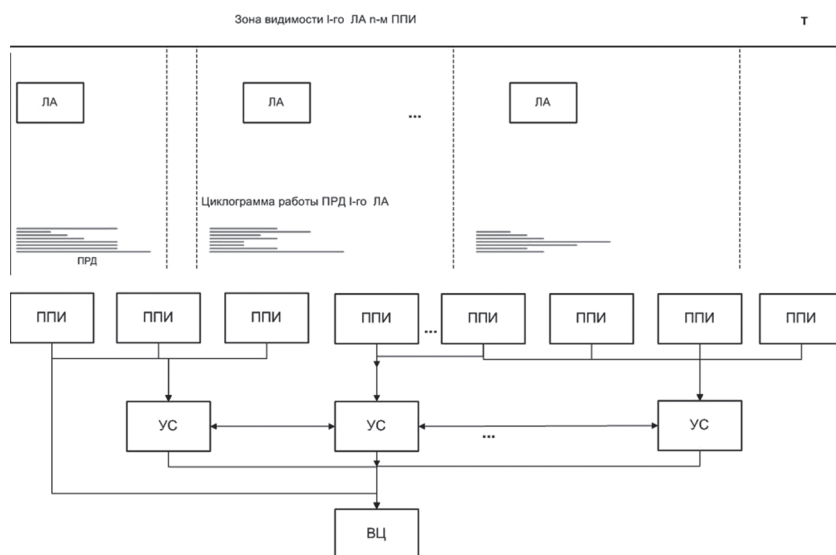


Рис 1. Схема функционирования ИУС ЛА

Таким образом одна и та же информация, передаваемая с борта ЛА, может приниматься одновременно однотипными ПС на тех ППИ, в зоны видимости которых вошел в данный момент ЛА. Поэтому одной из важных задач является формирование «единого носителя информации», который представляет собой запись такой последовательности информационных посылок (ИП), которая наиболее полно и достоверно отображает поток информации, передаваемой с борта ЛА. С этой целью на ППИ при записи на внешний носитель и передаче в КС информационная посылка дублируется и фрагментируется. Временные характеристики фрагментов определяются зонами видимости ППИ, на ПС которых эти фрагменты принимаются; такое фрагментирование будем называть «горизонтальным». Фрагментирование ИП при передаче в КС, пропускная способность которого ниже скорости передачи, назовем «вертикальным». Количество вертикальных фрагментов определяется отношением скорости передачи с борта ЛА к пропускной способности КС. В центре управления из отдельных фрагментов собирается единый носитель информации, который затем проверяется на полноту и достоверность.

Прием информации, передаваемой с борта ЛА, осуществляется ПС, тип которой соответствует типу ПРД на борту ЛА. В процессе функционирования системы ПС и КС могут находиться в различных состояниях (холодный резерв, набор готовности, рабочее состояние и др.).

5. Построение имитационной модели

Для экспериментальных исследований процессов функционирования описанной системы разработана имитационная модель. Эта модель позволяет получать и оценивать такие функциональные характеристики как степень загрузки технических средств, длительность ожидания ИП в очередях на обслуживание, уровень оперативности передачи и обработки информации, время формирования единого носителя и др. Модель позволяет также оценивать качество функционирования системы в зависимости от расписания полетов, траекторий движения ЛА, степени резервирования технических средств и их характеристик, структуры системы, выхода из строя отдельных элементов и от других параметров.

В настоящей работе предусматривается наличие в системе

нескольких ЛА, а также учет задержек при переключении ПС с ЛА на ЛА, что влечет за собой существенное усложнение алгоритмов функционирования. В этих условиях более удобным и эффективным является использование в качестве инструментального средства моделирования языка GPSS World [7, 8]. На выбор языка моделирования повлияли также следующие положения: задача повторяется при различных исходных данных и модель должна быть концептуально более выразительной; информационные посылки движутся в сетях и описываются компонентами сети и связанными с ними очередями; средняя продолжительность событий относительно невелика и для задания системного времени целесообразно применять метод фиксированных временных интервалов.

Предлагаемая модель состоит из моделей отдельных функциональных блоков системы. В ней описываются и анализируются процессы функционирования: передатчиков, находящихся на борту ЛА; приемных станций различных типов, находящихся на ППИ; каналов связи от приемных станций до узлов связи, от приемных станций до центра управления, от узлов связи до центра управления и между узлами связи; центра управления. Рассмотрим более подробно модели функциональных блоков, соответствующие перечисленным элементам системы (ЛА, ПС, КС и др.) рис. 2.

Исходя из программы полетов, в блоке ЛА (ПРД) «выполняются» следующие действия: создаются генераторы информационных сообщений для всех ПРД каждого ЛА; определяется время появления каждого ЛА в пределах действия системы; разбиваются на «горизонтальные» фрагменты сгенерированные сообщения; создаются и объединяются в группы «горизонтальные» фрагменты — дубли для всех ППИ, в зоне видимости которых на-

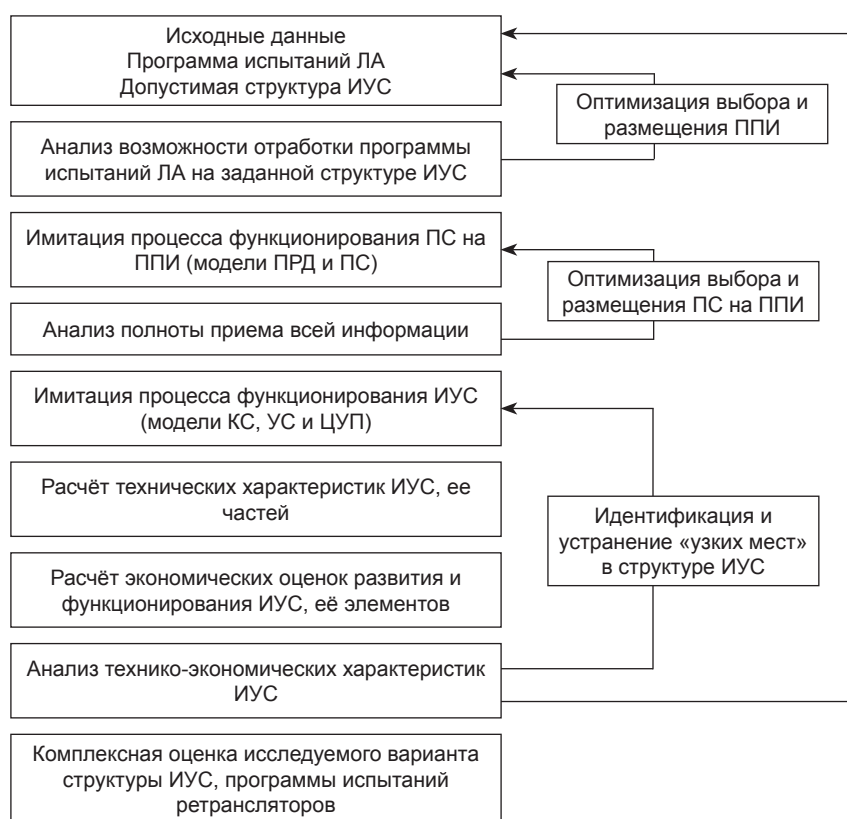


Рис 2. Схема модели

ходится ЛА; отправляются на ПС (ППИ) «горизонтальные» фрагменты. В блоке ПС (ППИ) сначала определяется номер принимающей ПС. Как только «горизонтальный» фрагмент попадает на ПС, всем фрагментам из его группы понижается приоритет обработки (с целью равномерного распределения числа дублей фрагментов).

Далее фрагмент «задерживается» на ПС на время обработки, после чего происходит сравнение скоростей ПРД и КС. Если скорость ПРД меньше или равна скорости КС, то «горизонтальный» фрагмент передается в КС целиком. В противном случае он делится на «вертикальные» фрагменты (пакеты), которые последовательно устанавливаются в очередь к КС. Число таких пакетов определяется соотношением скоростей ПРД и КС. Когда очередь подходит, пакет попадает непосредственно на обработку в КС. Время обработки в КС определяется как произведение «длины» пакета на отношение скорости ПРД к скорости КС. В блоках КС1 и КС2 (каналы связи

с разными скоростями передач) определяется номер необходимого КС и номер очереди пакета на обработку, осуществляется задержка пакета на время обработки, определяется следующий функциональный блок в технологической цепочке обработки пакета и пакет передается этому блоку (УС или ВЦ). В УС пакет может поступить либо от ПС, либо от другого УС.

И в том и в другом случае в блоке УС определяется номер необходимого УС (то есть того, который должен принять поступающую информацию) и на этом УС пакет задерживается на время обработки. Следует отметить, что количество обрабатываемых на УС пакетов не ограничивается и поэтому очередь к УС не учитывается в модели. Последним функциональным блоком модели является центр управления, представляющий собой специализированный вычислительный центр (ВЦ).

Также как и УС, ВЦ может одновременно обрабатывать неограниченное число пакетов,

то есть очереди к ВЦ не возникает. Задержка во времени на обработке в ВЦ состоит из двух частей: первая — произведение длины пакета на отношение производительности ПРД к производительности ВЦ, вторая — константа, отражающая время переключения обработки с пакета одного ПРД на пакет другого (следует отметить, что для УС и ВЦ при необходимости могут быть использованы более детальные модели их функционирования).

После обработки поступившей информации на ВЦ формируются выходные статистические матрицы, предназначенные для анализа качества функционирования системы и выработки управляющих воздействий. Для всех ПРД каждого ЛА определяется: количество исходных пакетов; количество пакетов, обработанных на ВЦ; количество избыточных пакетов и пакетов-дублей для каждого горизонтального фрагмента; анализируется полнота приема информации, загрузка технических средств приема, передачи и обработки, размеры очередей и т.п. После окончания работы модели собранная статистическая информация для удобства пользователя выводится на монитор и на печать в виде соответствующих таблиц и диаграмм.

На рис. 3 изображен пример выходной диаграммы загрузки устройств, которая позволяет идентифицировать «узкие места» в системе.

Заключение

Предлагаемая в статье модель функционирования информационно-управляющей системы служит основой для решения ряда задач синтеза и анализа структуры систем рассматриваемого класса. Например, для решения задачи выбора и оптимальной корректировки составов ПС, ППИ и КС, обеспечивающих заданную полноту приема и передачи информации, формируемой в виде: $F(S) \rightarrow opt$,

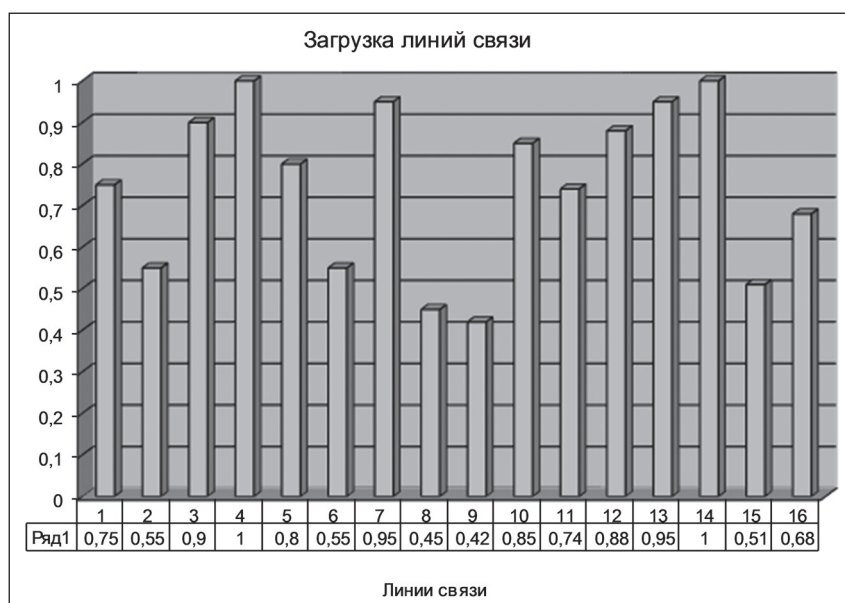


Рис. 3. Выходные диаграммы загрузки устройства

$Q(S \cup S1) \geq Q_{\sim}$, где S — исходная структура системы, $S1$ — дополнительный состав ПС и КС, $Q(S \cup S1)$ — степень полноты приема и передачи информации на скорректируемой структуре; или задачи идентификации и оптималь-

ной развязки «узких мест», то есть оптимальной коррекции S , обеспечивающей выполнение алгоритмически заданных ограничений $T_{\text{зад}}$ на длительность обработки программы испытаний $T(S \cup S1)$: $F(S) \rightarrow \text{opt}$, $T(S \cup S1) \leq T_{\text{зад}}$.

Наряду с тактико-техническими оценками качества функционирования рассматриваемой системы, разработанная имитационная модель позволяет получать оценки ряда экономических характеристик качества таких, как амортизационные отчисления (зависят от общего времени отработки программы $T(S)$), эксплуатационные расходы (зависят от загрузки технических средств), а также установить удельную стоимость сеанса связи и т.д.

Исходная имитационная модель написана на GPSS. Система моделирования работает с уже готовой имитационной программой при различных вариантах исходных данных. Комплекс моделей внедрен при проектировании ряда систем [15–17], а также в учебный процесс Московского Авиационного Института. Проводя имитационные эксперименты студенты решают задачи по решению задачи коррекции структуры системы.

Литература

1. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии. СПб.: Корона, 2004.
2. Советов Б.Я. Имитационное моделирование систем. Петродворец: ВУНЦ ВМФ, 2010.
3. Киндинова В.В., Кринецкий Е.О., Кузнецова Е.В. Проблемы преподавания имитационного моделирования при подготовке специалистов аэрокосмической области. Материалы международной конференции по неравномерным процессам в соплах и струях. М.: МАИ, 2016. С. 555–556.
4. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 400 с.
5. Кузнецова Т.А., Мещеряков В.А. Сравнение программных средств имитационного моделирования систем массового обслуживания. Материалы международной научно-практической конференции студентов и аспирантов. Омск: Фонд национальной стратегии развития. 2015. С. 187–192.
6. Мещеряков В.А., Денисов В.П. Экономико-математические методы: основные понятия и применение в выпускной квалификационной работе: учебное пособие. Омск: ОмГТУ, 2010. 84 с.

References

1. Ryzhikov Yu.I. Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i tekhnologii. Saint Petersburg: Korona, 2004. (In Russ.)
2. Sovetov B.Ya. Imitatsionnoe modelirovanie sistem. Petrodvorets: VUNTs VMF, 2010. (In Russ.)
3. Kindinova V.V., Krinetskii E.O., Kuznetsova E.V. Problemy prepodavaniya imitatsionnogo modelirovaniya pri podgotovke spetsialistov aerokosmicheskoi oblasti. Materialy mezhdunarodnoi konferentsii po neravnomernym protsessam v so-plakh i struyakh. Moscow: MAI, 2016. P. 555–556. (In Russ.)
4. Karpov Yu.G. Imitatsionnoe modelirovanie sistem. Vvedenie v modelirovanie s AnyLogic 5. Saint Petersburg: BKhV-Peterburg, 2005. 400 p. (In Russ.)
5. Kuznetsova T.A., Meshcheryakov V.A. Srvavne-nie programmnykh sredstv imitatsionnogo modelirovaniya sistem massovogo obsluzhivaniya. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov i aspirantov. Omsk: Fond natsional'noi strategii razvitiya. 2015. P. 187–192. (In Russ.)
6. Meshcheryakov V.A., Denisov V.P. Ekonomiko-matematicheskie metody: osnovnye ponyatiya i prim-enenie v vypusknnoi kvalifikatsionnoi rabote: ucheb-noe posobie. Omsk: OmGTU, 2010. 84 p. (In Russ.)

7. Томашевский В.Н. Имитационное моделирование в среде GPSS М. Бестселлер, 2010.

8. Рыжиков Ю.И. Оценка системы моделирования GPSS WORLD // Информационно-управляющие системы. 2003. №2–3. С. 30–38.

9. Мещеряков В.А., Денисов В.П., Денисова Л.А. Обучение студентов имитационному моделированию систем массового обслуживания в MATLAB // Сб. матер. 1 форума Сибири. Омск: ООО «Асмин Принт». 2013. С. 179–181.

10. Мещеряков В.А. Программное обеспечение научного творчества студентов при изучении экономико-математических дисциплин // Восемнадцатые Апрельские Экономические Чтения. Матер. межд. научн.-практ. конф. (23 апреля 2013 г.) Омск: ООО «Компания «ПАРАГРАФ», 2013. С. 227–229.

11. Наумов В.Н. Об обучении студентов направления «Бизнес-информатика» моделированию систем // Бизнесинформ. 2012. №7. С. 189–193.

12. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов. Учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2012. 254 с.

13. Горбунов А.Р., Лычкина Н.Н. Парадигмы имитационного моделирования: новое в решении задач стратегического управления // Бизнес-информатика. 2007. №2. С. 60–66.

14. Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К., Филиппов В.А. Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем. М.: Наука, 1985.

15. Габалин А.В. Вопросы оптимизации структуры распределенных систем обработки информации // Прикладная информатика. 2007. №6.

16. Габалин А.В. Применение математических моделей для управления сложными системами // 54 научная конференция МФТИ «Проблемы фундаментальных и прикладных, естественных и технических наук в современном информационном обществе». Секция корпоративных систем управления. Матер. конф. М.: МФТИ, 2011.

17. Габалин А.В. Применение математического моделирования на этапе проектирования информационных систем // Тезисы научной сессии НИЯУ, секция информационно-телекоммуникационные системы. М.: МИФИ, 2011. Т. 3.

7. Tomashevskii V.N. Imitatsionnoe modelirovanie v srede GPSS Moscow. Bestseller, 2010. (In Russ.)

8. Ryzhikov Yu.I. Otsenka sistemy modelirovaniya GPSS WORLD // Informatsionno-upravlyayushchie sistemy. 2003. №2–3. P. 30–38. (In Russ.)

9. Meshcheryakov V.A., Denisov V.P., Denisova L.A. Obuchenie studentov imitatsionnomu modelirovaniyu sistem massovogo obsluzhivaniya v MATLAB // Sb. mater. 1 foruma Sibiri. Omsk: ООО «Asmin Print». 2013. P. 179–181. (In Russ.)

10. Meshcheryakov V.A. Programmnoe obespechenie nauchnogo tvorchestva studentov pri izuchenii ekonomiko-matematicheskikh distsiplin // Vosemnadtsatye Aprel'skie Ekonomicheskie Chteniya. Mater. mezhd. nauchn.-prakt. konf. (23 April, 2013) Omsk: ООО «Kompaniya «PARAGRAF», 2013. P. 227–229. (In Russ.)

11. Naumov V.N. Ob obuchenii studentov napravleniya “Biznes-informatika” modelirovaniyu sistem // Biznesinform. 2012. №7. P. 189–193.

12. Lychkina N.N. Imitatsionnoe modelirovanie ekonomicheskikh protsessov. Uchebnoe posobie. Moscow: INFRA-M, 2012. 254 p. (In Russ.)

13. Gorbunov A.R., Lychkina N.N. Paradigmy imitatsionnogo modelirovaniya: novoe v reshenii zadach strategicheskogo upravleniya // Biznes-informatika. 2007. №2. P. 60–66. (In Russ.)

14. Tsvirkun A.D., Akinfiev V.K., Filippov V.A. Imitatsionnoe modelirovanie v zadachakh sinteza struktury slozhnykh sistem. Moscow: Nauka, 1985. (In Russ.)

15. Gabalin A.V. Voprosy optimizatsii struktury raspredelennykh sistem obrabotki informatsii // Prikladnaya informatika. 2007. №6. (In Russ.)

16. Gabalin A.V. Primenenie matematicheskikh modelei dlya upravleniya slozhnymi sistemami // 54 nauchnaya konferentsiya MFTI “Problemy fundamental’nykh i prikladnykh, estestvennykh i tekhnicheskikh nauk v sovremennom informatsionnom obshchestve”. Sektsiya korporativnykh sistem upravleniya. Mater. konf. Moscow: MFTI, 2011. (In Russ.)

17. Gabalin A.V. Primenenie matematicheskogo modelirovaniya na etape proektirovaniya informatsionnykh sistem // Tezisy nauchnoi sessii NIYaU, sektsiya informatsionno-telekommunikatsionnye sistemy. Moscow: MIFI, 2011. T. 3. (In Russ.)

Сведения об авторе

Алексей Валерьевич Габалин

Научный сотрудник

Институт проблем управления РАН,
Москва, Россия

Тел.: 8 (495) 334-89-70

Эл. почта: gabalina@bk.ru

Information about the author

Aleksey V. Gabalin

Researcher

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of
Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Tel.: 8 (495) 334-89-70

E-mail: gabalina@bk.ru

Оценка качества образовательных порталов

Статья описывает результаты теоретических и экспериментальных исследований по оценке качества образовательной информации, размещаемой на информационных и образовательных порталах. Методика позволяет сравнивать не только порталы, но и результаты обучения по экзаменационным оценкам и тестовым баллам. Методической основой оценки является когнитивный подход и негэнтропийный подход. Статья дает сравнение энтропии и негэнтропии. На основе сравнения предлагается негэнтропийный подход к оценке качества образовательных ресурсов, получаемых в результате информационного поиска. Результаты поиска оценивают когнитивными и пертинентными баллами. Оценки вводят в формулу энтропии и преобразуют ее в формулу негэнтропии. Негэнтропийный подход служит основой для расчета статистического количества информации, получаемой в результате информационного поиска. Когнитивный подход служит основой оценки качественных характеристик образовательной информации, таких как: обзорность, воспринимаемость, интерпретируемость. Источником образовательных ресурсов являются открытые информационные порталы. Показано, что современные информационные порталы часто засорены недостоверной или ненужной информацией, что затрудняет поиск релевантной достоверной информации. В отличие от широко распространенных методов одной оценки релевантности информационного поиска, данная работа дифференцирует понятие релевантности информационного поиска. Статья вводит три качественно разных понятия релевантности: формальная, смысловая и пертинентная – релевантность. Статья вводит новые дополнительные характеристики качества информации: коэффициент когнитивности и коэффициент пертинентности. Эти коэффициенты вводят в формулу оценки энтропии и получают формулу когнитив-энтропии. В результате предложена новая методика оценки содержательности образовательной информации, основанная на новом понятии и характеристике – когнитив-энтропии. Формула

когнитив энтропии в отличие от формулы энтропии, позволяет оценивать не статистическое количество информации, а полезное количество информации, удовлетворяющее информационную потребность пользователя. Статья приводит результаты массового эксперимента с привлечением студентов, бакалавров и магистров, включающие исследования ряда образовательных и общественных информационных порталов. Статистика запросов к одному portalу превышала 2500. Это позволило получить достоверные статистические данные для оценки качества образовательных ресурсов portalа. Результаты эксперимента позволили классифицировать порталы по степени их пригодности для получения образовательных ресурсов. Введены предельные кривые когнитив энтропии, которые можно рассматривать как аналоги верхней и нижней границ в картах Шухарта в теории управления качеством. Карты Шухарта применяют для простой статистической оценки качества продукции. Предельные кривые когнитив энтропии применяют для энтропийной и статистической оценки когнитивности образовательной информации на информационных порталах. Метод оценки когнитив энтропии является авторской разработкой. Он позволяет оценивать количество информации не по информационному объему, а по качеству необходимой информации, удовлетворяющей информационные запросы пользователя образовательных ресурсов. На основе эксперимента показана пригодность или не пригодность порталов для образовательных целей. Если результаты расчета понятийной кривой portalа лежат ниже нижней предельной кривой два, то такой образовательный портал не пригоден для образовательных целей.

Ключевые слова: образование, информационные ресурсы, энтропия, негэнтропия, когнитив энтропия, информационный морфизм, информационный поиск.

Roman G. Bolbakov, Viktor Y. Tsvetkov

Moscow Technological University (MIREA), Moscow, Russia

Assessment of the quality of educational portals

The article describes the results of theoretical and experimental studies on the evaluation of the quality of educational information placed on information and educational portals. The methodology allows you to compare not only portals, but also the results of training on exam scores and test scores. The methodological basis of the assessment is the cognitive approach and the negentropic approach. The article gives a comparison of entropy and negentropy. On the basis of comparison, the authors propose a negentropic approach to assessing the quality of educational resources obtained as a result of information retrieval. The search results are evaluated by cognitive and perpetual scores. Estimates are introduced into the entropy formula and converted to the formula of negentropy. The negentropic approach serves as the basis for calculating the statistical amount of information obtained as a result of information retrieval. The cognitive approach serves as a basis for assessing the qualitative characteristics of educational information, such as: visibility, perceptibility, interpretability. Open information portals are the source of educational resources. The article shows that modern information portals are often clogged with unreliable or unnecessary information, which makes it difficult to find relevant educational information. In contrast to the widespread methods for one relevance assessment of the information retrieval, this article differentiates the notion of the relevance of the information retrieval.

The article introduces three qualitatively different notions of relevance: formal, semantic and perpetual – relevance. The article introduces new additional characteristics of the quality of information search, the coefficient of cognition and the coefficient of perpetuation. These coefficients are introduced into the formula for estimating entropy and obtain the cognitive-entropy formula. As a result, a new method for assessing the content of educational information was proposed, based on a new characteristic – cognitive-entropy. The cognitive entropy formula, unlike the entropy formula, allows us to estimate not a statistical amount of information, but a useful amount of information that satisfies the information need of the user.

The article describes the results of a mass experiment involving students, bachelors and masters, including studies of a number of educational and public information portals. The number of requests to one portal exceeded 2500. This allowed us to obtain reliable statistical data for assessing the quality of the educational resources of the portal. The results of the experiment made it possible to classify portals according to their degree of suitability for obtaining educational resources. Limit cognitive entropy curves have been introduced, which can be regarded as analogues of the upper and lower boundaries in Shewhart charts, which are used in the theory of quality management. Shewhart charts are used for

a simple statistical evaluation of product quality. Limit cognitive entropy curves are used for qualitative and statistical evaluation of educational information on information portals. The method of estimating cognitive entropy is an author's development. It allows you to estimate the amount of information not by the information volume, but by the quality of the necessary information, that satisfies the information requests of the user of educational resources.

Based on the experiment, the portability or usability of portals for educational purposes were shown. If the results of calculating the conceptual curve of the portal lie below the lower limit curve of two, then such an educational portal is not suitable for educational purposes.

Keywords: education, information resources, entropy, negentropy, cognitive entropy, information morphism, information retrieval.

Введение

Энтропия (Эн) служит не только характеристикой неопределённости и хаоса, но и показателем равновесия в системе [1, 2]. Негэнтропию иногда интерпретируют как энтропию, но с противоположным знаком. Это не так. Негэнтропия (НЭ) хотя и измеряется в тех же единицах, но имеет противоположное действие. Хотя увеличение негэнтропии вызывает уменьшение энтропии, закономерности изменения этих функций различны. Эти функции сосуществуют в системе и имеют самостоятельные оценки. Но главное, они отражают разное качество систем или информационных ансамблей. Эти функции изменяются по разным закономерностям и их значения не связаны. Негэнтропия характеризует меру содержательности. Она же характеризует косвенно структурированность информации [3, 4, 5]. Увеличение Эн влечет рост неопределённости системы и приближение ее к состоянию хаотического равновесия. Увеличение Эн влечет увеличение риска принятия неправильного решения. Увеличение энтропии расширяет пространство информационного поиска и тем самым затрудняет поиск и увеличивает время поиска. При организации системы увеличивается негэнтропия. При дезорганизации системы растет энтропия. Рост НЭ означает рост упорядоченности. Рост Эн означает рост неопределенности и беспорядочности. Информационная негэнтропия — мера информации приходящейся на одно элементарное сообщение источника, вырабатывающего статистически независимые

сообщения. Можно согласиться с В.М. Лачиновым и А.О. Поляковым [3] в том, что не количественная информационная наука началась с момента написания Норбертом Винером книги под заимствованным у Платона и Ампера названием «Кибернетика». Формально многими основная идея книги воспринимается по названию — процессы «управления и связи в животном и машинах». Однако, главное по Винеру не столько модель управления или обратная связь, а негэнтропия в количественном и качественном смысле. В настоящее время расширяется применение когнитивных [6] методов и информационно-когнитивных [7] методов к анализу информационных процессов. Данная работа основана на синтезе энтропийного и когнитивного подходов.

1. Когнитивно-вероятностный анализ информационных процессов

В.М. Лачинов и А.О. Поляков [4] исследуют содержание информации с позиции вложенных семантических структур. В силу этого, они рассматривают негэнтропию как характеристику информационных процессов или информационных взаимодействий [8]. В их понимании негэнтропия является мерой системности. Еще одной характеристикой информационных взаимодействий и системности информационных систем, в том числе о системности многоуровневых портално-сетевых комплексов, является информационный морфизм [9] или информизм. В теории отображений информорфизм представляет собой класс эквивалентности. В области ин-

формационных технологий информационный морфизм чаще всего трактуется как временной процесс взаимного изменения параметров информационного объекта и окружающей его области информационного пространства. [10]. Количественная оценка информационного морфизма может быть получена расчетным путем на основе эмпирических зависимостей для определенного типа информационной или коммуникационной системы, поскольку общей формулы расчета не существует

Обобщенная оценка информационного морфизма (ИМ) информационных, порталных и мультимедиа систем является характеристикой их качества, поскольку ИМ характеризует их системность и упорядоченность подобно негэнтропии. На основе экспериментальных проверок оценочная формула информационного морфизма имеет следующий вид [11].

$$IM = \frac{(Mont * Mtec)}{(Mont + Mtec)} \quad (1)$$

Mont — фактор онтологической составляющей (ont) информационной, порталной или мультимедиа системы (mms), определяемый по показателям завершенности информационного поиска по критерию релевантности. Он определяется за отдельно взятый конкретный сеанс работы. Завершенность поиска, а также свойств (K), рассмотренных ниже определяется не только по текстовой информации, но и по качеству воспроизведения аудио и видео форматов. Mtec — техническая компонента мультимедиа системы (mms) определяемая по показателям завершенности информационного поиска по качества воспроизведения аудио и видео

Таблица 1

Содержание поправочного коэффициента $K_{тес}$

$K_{тес} = K_{пар} \cdot K_{св} \cdot K_{обр}$	$K_{пар}$ (качество технических параметров устройства)	$K_{св}$ (качество сетей связи)	$K_{обр}$ (качество средств обработки мультимедиа контента)
Система «А»	0,9–1,0	0,9–1,0	0,9–1,0
Система «Б»	0,7–0,9	0,7–0,9	0,3–0,9
Система «В»	0,4–0,6	–	0,2–0,7

форматов. Компоненту $M_{тес}$ на практике выражают через мультипликативный коэффициент $K_{тес}$ [11], составляющие которого определены для наиболее часто встречающихся проектных комбинаций таких как: технические параметры, качество сетей связи, средства обработки мультимедиа. Таблица этих значений представлена ниже

Табл. 1 дает следующие характеристики систем. Система «А» воспроизводит мультимедиа форматы, которые полностью удовлетворяет требованиям учебного процесса. Система «Б» воспроизводит мультимедиа форматы, которые не полностью удовлетворяет требованиям учебного процесса. Система «В» воспроизводит такие форматы, которые практически не удовлетворяет требованиям учебного процесса в части востребованных форматов, кодеков. В системах «В» возникает необходимость прибегать к конвертированию контента.

Анализ табл. 1 показывает, что использование мультимедийных или информационных систем, для которых результирующее значение $K_{тес}$ меньше 0,1–0,2 в учебном процессе не целесообразно. Переработка контента в мультимедийных системах, имеющих низкие показатели $K_{пер} \cdot K_{сц}$ мало продуктивна. Подобные информационные или порталные комплексы следует либо исключить из применения, либо заменять на новые.

Необходимо отметить, что величина $K_{тес}$ является дополнительным коэффициентом к $Mont$. $Mont$ – фактор

онтологической составляющей является основной величиной определяющей информационный морфизм. Фактор $Mont$ отражает когнитивность (познаваемость), формальную релевантность [12] (формальное соответствие) и семантическую релевантность [12] (смысловое соответствие) информационных образовательных ресурсов, полученных в результате поиска на образовательных порталах.

Характеристику «когнитивность» можно рассматривать как пороговую величину, наличие которой, позволяет пользователю интерпретировать образовательный ресурс, получаемый с портала как допустимый для применения. Когнитивность связана с когнитивными моделями, для которых свойственны такие характеристики как: восприимчивость, обозримость [13, 14, 15] и возможность обработки на мультиагентном уровне [19]. Неудовлетворительный уровень когнитивности информационного портала или образовательного ресурса делает не целесообразным применение их в учебном процессе. «Когнитивность» – это то что восприимчиво. «Не когнитивность» это не информативные или не понятные отклики на запрос пользователя. Если информационные системы или порталные системы не когнитивны, они подлежат изъятию из дидактического обращения.

Введение пороговой характеристики «когнитивность» позволяет модифицировать понятие энтропии. Напомним, что энтропия связана со

снятием неопределенности. Соответственно, информация, которая определяется через энтропию, это информация, снимающая неопределенность. Приведем пример, из десяти порталов портал номер 7 – образовательный. На вопрос: «Какой портал образовательный?» информация, снимающая неопределенность будет следующей: «первый портал – не образовательный портал», «десятый портал – не образовательный портал» и так далее. Точная содержательная информация будет только одна: «Седьмой портал – образовательный портал». Для этого сообщения имеет место когнитивность, для всех остальных когнитивность отсутствует. Это дает основание ввести понятие когнитив-энтропии как негэнтропии, характеризующей содержательность информации в статистическом анализе (в нашем случае образовательных порталов).

Когнитив-энтропию H_x для образовательных порталов определим, используя модифицированное уравнение энтропии путем добавления в формулу коэффициентов когнитивности K_k и пертинентности K_n [11]

$$H_x = -\sum P_i K_n \sum P_{ij} K_k \log_2 N(i, j) \quad (2)$$

P_i вероятность релевантного отклика на шаге i . P_{ij} вероятность пертинентного отклика на шаге j , при условии, что на шаге j отображалась предшествующим его образом релевантный отклик. Выражение (2) отражает именно негэнтропию как характеристику упорядоченности и смысловой содержательности

В области информационных технологий термин «когнитивность» [16] используют в широком смысле, как меру понимания, познания, восприятия или получения знания. Последнее значение связано с негэнтропией. [1, 5]. В последнем значении термин «когнитивность» может быть применен для выявления смысловой содержа-

тельности в информационном комплексе или в отклике с образовательного портала.

Отсюда, введение коэффициентов когнитивности и пертинентности переводит понятие энтропии в негэнтропию. Когнитивность определяет границу между смысловой и не смысловой информацией и отсекает бессмысленную информацию. Если коэффициент когнитивности равен нулю, то левая часть становится равной нулю, в то время как в обычной формуле энтропии она отлична от нуля.

Коэффициент пертинентности определяет границу между смысловой (релевантной) информацией и необходимой онтологической информацией или онтологически релевантной информацией. Таким образом, выражение (2) позволяет определять две границы при работе с порталами.

В результате многолетних исследований удалось получить выражение для онтологической релевантности [17] для порталных систем. Онтологическая релевантность представляется как совокупная оценка коэффициентов точности (K_t), полноты (K_p) и шума ($K_{ш}$). На основе экспериментальных исследований получена эмпирическая зависимость (3).

$$M_{ms} = K_{tes} * K_t * (1 - K_{ш}) \quad (3)$$

Правая часть упрощенной формулы (1) информационного морфизма, обращается в показатель релевантности, отражающий вклады коэффициента точности и коэффициента шума в релевантность информационного обеспечения, причем с поправочным, выше обсуждаемым коэффициентом K_{tes} , учитывающим технические и технологические аспекты мультимедиа обеспечения в образовательной деятельности. Дальнейшая часть исследований связана с практическими оценками. Были использованы следующие характеристики.

$N(i, j)$ — количество запросов пользователя на шаге i, j . N_t — количество запросов пользователя в мультимедиа образовательной порталной системе, на которые были выданы релевантные отклики. N_p — количество запросов пользователя в мультимедийной [18, 19], микропортальной образовательной системе, из которой были выданы пертинентные отклики. N_{ct} — общее количество возможных когнитивных баллов, получаемых пользователями в ходе изучения откликов мультимедийной, микропортальной образовательной системы на запрос пользователя.

N_c — количество когнитивных баллов полученных пользователями после изучения материалов выданных на запрос в мультимедиа образовательной порталной системой из N_{ct} .

$K_p = N_p/N_t$ — коэффициент пертинентности определяется как отношение количества онтологически релевантных запросов N_p общему количеству запросов N_t к образовательной порталной системе. Значения величины коэффициента пертинентности находятся в интервале $0 \leq K_p \leq 1$.

$K_c = N_c/N_{ct}$ — коэффициент когнитивности определяется как отношение количества когнитивных баллов N_c общему количеству возможных N_{ct} . Значения величины коэффициента когнитивности находятся в интервале $0 \leq K_c \leq 1$. Метод когнитив-энтропии — позволяет выявить когнитивные файлы за N_p запросов в порталной системе.

2. Результаты эксперимента

Для практического расчета когнитив энтропии образовательных порталов был проведен эксперимент, в котором участвовали студенты и магистранты кафедры информационных систем МИРЭА в течение полутора лет. К порталам производилось до 2500 запросов. В ходе эксперимента по результатам запроса к образо-

вательному portalу ставились когнитивные баллы, пертинентные баллы. Баллы не ставились, если запрос не превышал порог когнитивности, то есть полученная информация была бесполезной по отношению к запрашиваемой информации.

Был проведен эксперимент расчёта когнитив-энтропии первого микропортала с 2500 запросами при 5% когнитивных семантических единицах. В дальнейших расчетах для удобства сопоставлений в зоне действительно хороших продуктивных образовательных порталов (например, таких, как Федеральный горизонтальный портал «Российское образование», вертикальный «Инженерное образование» и др.) принималось $K_p = 1$ для всех 3-х порталов, представленных в описываемом здесь эксперименте. Поскольку производится моделирование когнитивности по проверенному образцу (Федеральный горизонтальный портал «Российское образование»), то такое допущение не влечёт за собой серьезных погрешностей, в силу того, что более качественного образовательного портала нет.

На рис. 1 представлены результаты эксперимента по расчету когнитив-энтропии. В качестве объекта рассматривался образовательный портал, на котором осуществлялся поиск информационных образовательных ресурсов. На графике представлены три кривые. Две из них предельные. Верхняя характеризует максимальный объем релевантной информации.

Нижняя кривая характеризует порог когнитивности, то есть возможности использовать информацию. Средняя кривая характеризует уровень полезности. Объем всегда превосходит необходимую информацию, поэтому уровень понятийности или полезности расположен ниже уровня объема. Представленная на рис. 1 ситуация характеризует

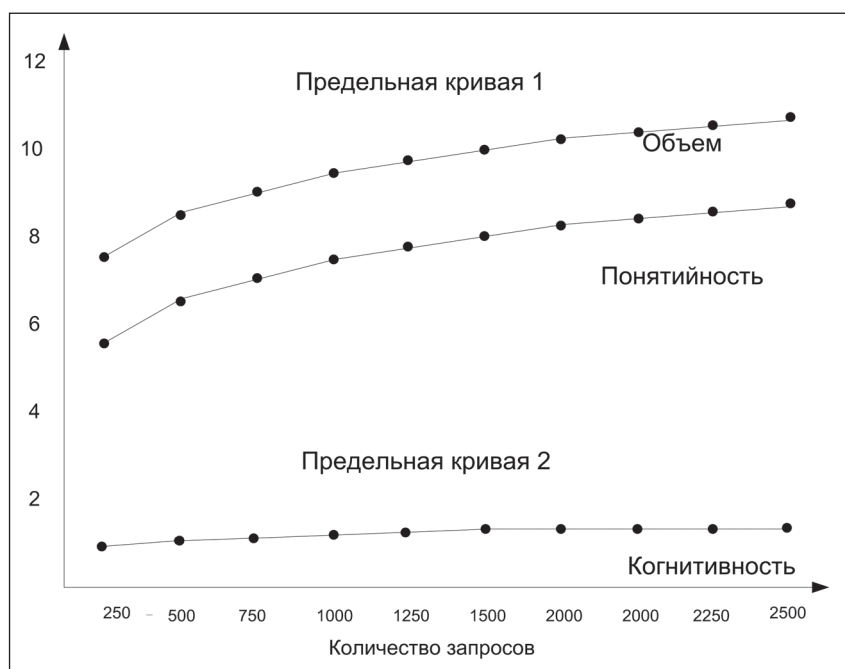


Рис. 1. Расчет когнитив энтропии

портал «Инженерное образование» который относится к качественным источникам образовательной информации. Использование для образовательных целей отдельных поисковых систем типа mail показало их неприемлемость из большого количества мусора по отношению к запрашиваемой информации. В первую очередь это материалы рекламного характера, повторяющиеся материалы, недостоверные материалы.

Для образовательных государственных порталов все понятийные кривые лежали выше предельной кривой 2, что дает основание рекомендовать их для использования. Образовательные порталы некоторых негосударственных вузов давали понятийные кривые, расположенные ниже предельной кривой 2, что не дает основание рекомендовать их для учебных целей.

Основной эксперимент осуществлялся по выборочным запросам для портала или информационной поисковой системы. На основе оценки выборки согласно выражением (2) и (3) производилась оценка качества всего портала и вывод о его возможности примене-

ния в образовательных целях или исключении.

Особенность предложенной методики в том, что она может быть использована и использовалась для оценки качества обучения по тестовым материалам. В этом случае коэффициент пертинентности определяется по оценкам 4 и 5, коэффициент когнитивности по оценкам 3. Неудовлетворительные оценки, полученные на экзамене или при тестировании, лежат ниже порога когнитивности. Они дают нулевые баллы. Выражения (2) и (3) дают возможность оценить качество обучения и сравнить результаты обучения разных предметов или результаты обучения по одинаковым предметам, но читаемыми разными преподавателями.

Заключение

Предложенная методика является инструментом оценки качества обучения, инструментом оценки образовательных ресурсов порталом, инструментом поиска образовательных ресурсов поисковыми системами. Средняя кривая «понятийность» для образовательных ресурсов высокого

качества лежит между предельными кривыми 1 и 2. Для порталов низкого качества она опускается ниже предельной кривой 2. Предельные кривые когнитив энтропии являются аналогами предельных кривых карт Шухарта [21] в теории управления качеством продукции. Карты Шухарта применяются для простой статистической оценки качества продукции. Верхняя и нижняя границы в картах Шухарта симметричны и качественно равнозначны. Предельные кривые когнитив энтропии границы по смысловым характеристикам не равнозначны. Нижняя граница карт Шухарта соответствует нижней предельной кривой когнитив энтропии. Продукция, характеристики которой лежат ниже нижней границы карты Шухарта, считается не качественной. Точно также портал, характеристики которого лежат ниже предельной кривой 2 (рис. 1) является не качественным и не пригоден для образовательных целей. Методика может быть использована для расчета качества обучения по результатам экзаменов или тестов. Чем выше «понятийная кривая», тем выше качество обучения. Метод когнитив энтропии имеет прямой аналог в области управления качеством. Это подтверждает обоснованность данного подхода как инструмента оценки качества, но в сфере образования. Предложенная методика может использоваться для оценки качества образовательных ресурсов при информационном поиске или при дистанционном обучении [22]. Предложенная методика может использоваться для оценки качества мультимедийного образования [18]. Предложенная методика помогает оценить интегральное качество образования [23]. Кроме того, данная работа является развитием идей Норберта Винера по анализу содержательности информации и развития содержания и применения негэнтропии.

Литература

1. Лийв Э.Х. Инфодинамика. Обобщенная энтропия и негэнтропия. Таллинн, 1998. 200 с.
2. Романов А.А. Социальная энтропия и образование человека XXI столетия // Психолого-педагогический поиск. 2014. No. 4. С. 32.
3. Лачинов В.М., Поляков А.О. Информодинамика или путь к Открытому миру. СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1999. 432 с.
4. Чечулин В.Л. Потребление негэнтропии и успеваемость // Вестник Пермского университета. Философия. Психология. Социология. 2011. No. 1 (5). С. 75–80.
5. Лотоцкий В.Л. Энтропия и негэнтропия // Перспективы науки и образования. 2017. No. 1(25). С. 20–23.
6. Абрамова Н.А. О развитии когнитивного подхода к управлению слабоструктурированными объектами и ситуациями // Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций. Труды VII Международной конференции. М.: ИПУ РАН, 2007. С. 9–15.
7. Васильев В.И., Кудрявцева Р.Т. Использование технологии когнитивного моделирования для оценки информационных рисков вуза // Труды VIII межд. конф. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций. CASC. М.: ИПУ РАН, 2009. С. 160–163.
8. Кузнецов Н.А., Мухелишвили Н.Л., Шрейдер Ю.А. Информационное взаимодействие как объект научного исследования // Вопросы философии. 1999. No. 1. С. 77–87.
9. Линецкий Б.Л. Информационный морфизм в менеджменте // Славянский форум. 2012. No. 1(1). С. 232–236.
10. Миронов А.А. Синергетический подход к разработке обобщенной модели информационного морфизма многомерных баз данных // Труды XVII Всероссийской научно методической конференции Телематика. 2010. С. 115–116.
11. Болбаков Р.Г. Когнитив-энтропия как характеристика образовательных процессов // Дистанционное и виртуальное обучение. 2016. No. 2. С. 11–17.
12. Шемакин Ю.И. Теоретическая информатика. // Под общей ред. К.И. Курбакова. М.: Изд-во Рос. экон. акад., 1998. 132 с.
13. Цветков В.Я. Когнитивные аспекты построения виртуальных образовательных моделей // Перспективы науки и образования. 2013. No. 3. С. 38–46.
14. Номоконова О.Ю. Опыт врача как когнитивный информационный ресурс // Славянский форум. 2015. No. 3(9) С. 200–209.
15. Rozenberg I.N. Information reception in information and cognitive systems // European Journal of Technology and Design. 2015. 4. Vol. 10. Is. 4. P. 140–148., DOI: 10.13187/ejtd.2015.10.140.
16. Энциклопедия Стэнфорда, раздел Теорикатегорий.

References

1. Liiv E. Kh. Infodinamika. Obobshchennaya entropiya i negentropiya. Tallinn, 1998. P. 200. (In Russ.)
2. Romanov A.A. Sotsial'naya entropiya i obrazovanie cheloveka XXI stoletiya. Psikhologo-pedagogicheskii poisk. 2014. No. 4. P. 32. (In Russ.)
3. Lachinov V.M., Polyakov A.O. Informodinamika ili put' k Otkrytomu miru. Sankt-Peterburg. Izd-vo SPBG TU, 1999. P. 432. (In Russ.)
4. Chechulin V.L. Potreblenie negentropii i uspevaemost'. Vestnik Permskogo universiteta. Filosofiya. Psikhologiya. Sotsiologiya. 2011. No. 1 (5). P. 75–80. (In Russ.)
5. Lototskii V.L. Entropiya i negentropiya. Perspektivy nauki i obrazovaniya. 2017. No. 1(25). P. 20–23. (In Russ.)
6. Abramova N.A. O razvitii kognitivnogo podkhoda k upravleniyu slabostrukturirovannymi ob"ektami i situatsiyami. Kognitivnyi analiz i upravlenie razvitiem situatsii. Trudy VII Mezhdunarodnoi konferentsii. Moscow: IPU RAN, 2007. P. 9–15. (In Russ.)
7. Vasil'ev V.I., Kudryavtseva R.T. Ispol'zovanie tekhnologii kognitivnogo modelirovaniya dlya otsenki informatsionnykh riskov vuza. Trudy VIII mezhd. konf. Kognitivnyi analiz i upravlenie razvitiem situatsii. CASC. Moscow: IPU RAN, 2009. P. 160–163. (In Russ.)
8. Kuznetsov N.A., Muskhelishvili N.L., Shreider Yu.A. Informatsionnoe vzaimodeistvie kak ob"ekt nauchnogo issledovaniya. Voprosy filosofii. 1999. No. 1. P. 77–87. (In Russ.)
9. Linetskii B.L. Informatsionnyi morfizm v menedzhmente. Slavyanskii forum. 2012. No. 1(1). P. 232–236. (In Russ.)
10. Mironov A.A. Sinergeticheskii podkhod k razrabotke obobshchennoi modeli informatsionnogo morfizma mnogomernykh baz dannyykh. Trudy XVII Vserossiiskoi nauchno metodicheskoi konferentsii Telematika. 2010. P. 115–116. (In Russ.)
11. Bolbakov R.G. Kognitiv-entropiya kak kharakteristika obrazovatel'nykh protsessov. Dstantsionnoe i virtual'noe obuchenie. 2016. No. 2. P. 11–17. (In Russ.)
12. Shemakin Yu.I. Teoreticheskaya informatika. Pod obshchei red. K.I. Kurbakova. Moscow: Izd-vo Ros. ekon. akad., 1998. P. 132. (In Russ.)
13. Tsvetkov V.Ya. Kognitivnye aspekty postroeniya virtual'nykh obrazovatel'nykh modelei. Perspektivy nauki i obrazovaniya. 2013. No. 3. P. 38–46. (In Russ.)
14. Nomokonova O.Yu. Opyt vracha kak kognitivnyi informatsionnyi resurs. Slavyanskii forum. 2015. No. 3(9) P. 200–209. (In Russ.)
15. Rozenberg I.N. Information reception in information and cognitive systems. European Journal of Technology and Design. 2015. 4. Vol. 10. Is. 4. P. 140–148., DOI: 10.13187/ejtd.2015.10.140.
16. Entsiklopediya Stenforda, razdel Teoriya-kategorii. (In Russ.)

17. Лекторский В.А., Кудж С.А., Никитина Е.А. Эпистемология, наука, жизненный мир человека // Российский технологический журнал. 2014. No. 2 (3) С. 1–12.

18. Кудж С.А. Мультимедийные образовательные модели // Управление образованием: теория и практика. 2013. No. 4. С. 9–14.

19. Кудж С.А. Сценарии мультимедийного образования // Управление образованием: теория и практика. 2014. No. 1. С. 139–144.

20. Шафилов С.Г. Теория семантического поля и компонентной семантики его единиц. Уфа. 1999. С. 88. URL: <http://www.ling.gu.se/~jens/publications/docs051-075/075.pdf> (дата обращения 30.03.2017).

21. Адлер Ю.П., Шпер В.Л. Контрольные карты Шухарта // Методы менеджмента качества. 2003. No. 5. С. 30–37.

22. Бутко Е.Я. Эволюция дистанционного образования // Дистанционное и виртуальное обучение. 2016. No 5. С. 53–61.

23. Бутко Е.Я. Качественное образование // Экономика и образование сегодня. 2005. No 5. С. 24.

17. Lektorskii V.A., Kudzh S.A., Nikitina E.A. Epistemologiya, nauka, zhiznennyi mir cheloveka. Rossiiskii tekhnologicheskii zhurnal. 2014. No. 2 (3) P. 1–12. (In Russ.)

18. Kudzh S.A. Mul'timediinye obrazovatel'nye modeli. Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika. 2013. No. 4. P. 9–14. (In Russ.)

19. Kudzh S.A. Stsenarii mul'timediinogo obrazovaniya. Upravlenie obrazovaniem: teoriya i praktika. 2014. No 1. P. 139–144. (In Russ.)

20. Shafikov S.G. Teoriya semanticheskogo polya i komponentnoi semantiki ego edinit. Ufa. 1999. P. 88. URL: <http://www.ling.gu.se/~jens/publications/docs051-075/075.pdf> (accessed: 30.03.2017). (In Russ.)

21. Adler Yu.P., Shper V. L. Kontrol'nye karty Shukharta. Metody menedzhmenta kachestva. 2003. No. 5. P. 30–37. (In Russ.)

22. Butko E.Ya. Evolyutsiya distantsionnogo obrazovaniya. Distantsionnoe i virtual'noe obuchenie. 2016. No 5. P. 53–61. (In Russ.)

23. Butko E.Ya. Kachestvennoe obrazovanie. Ekonomika i obrazovanie segodnya. 2005. No 5. P. 24. (In Russ.)

Сведения об авторах

Роман Геннадьевич Болбаков

Кандидат технических наук, доцент,
кафедра инструментального и прикладного
программного обеспечения института
информационных технологий
Московский технологический университет
(МИРЭА), Москва, Россия
Эл. почта: antaros05@ya.ru

Виктор Яковлевич Цветков

Доктор технических наук, профессор, кафедра
инструментального и прикладного программного
обеспечения института информационных
технологий
Московский технологический университет
(МИРЭА), Москва, Россия
Эл. почта: cvj2@mail.ru

Information about the authors

Roman G. Bolbakov

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Department
of Instrumental and Applied Software of the Institute
of Information Technologies
Moscow Technological University (MIREA),
Moscow, Russia
E-mail: antaros05@ya.ru

Viktor Y. Tsvetkov

Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department of
Instrumental and Applied Software of the Institute of
Information Technologies
Moscow Technological University (MIREA),
Moscow, Russia
E-mail: cvj2@mail.ru

Разработка системы мониторинга учебной деятельности на базе компетентностного подхода

В данной статье приведено математическое описание модели перевода баллов, полученных студентами по результатам выполнения заданий в оценку уровня усвоения ими компетенций, приведено описание разработанной согласно математической модели системы мониторинга учебной деятельности на базе компетентностного подхода, а также результаты оценки ее эффективности.

Цель исследования: выявить взаимосвязь между балловыми оценками обучающегося и уровнем усвоения компетенций и сделать процесс определения уровня усвоения компетенций автоматическим.

Для достижения этой цели разработана математическая модель перевода баллов в оценку усвоения компетенций. Представлены формулы, решающие эту задачу. На основе разработанной математической модели создана программная разработка которая предназначена для:

- 1) создания и ведения справочников (преподаватели, студенты, компетенции, дисциплины, оценочные средства);
- 2) ведения электронного журнала учета успеваемости студентов;
- 3) определения уровня освоения компетенций в соответствии с разработанным алгоритмом;
- 4) поддержания механизма ограничения доступа к данным;
- 5) формирования отчетов установленной формы различной степени сложности.

С помощью данной программной разработки поставленная задача была решена.

Материалы и методы: материалами для исследования послужил фонд оценочных средств по дисциплине, который содержит сведения о количестве баллов, которые обучающийся может получить в процессе изучения дисциплины, а также непосредственное распределение количества этих баллов за определенный вид деятельности и компетенции, которые формируются в процессе изучения данной дисциплины. Журнал успеваемости, в котором отражено полученное количество баллов обучающегося в процессе изучения дисциплины по каждому виду занятий.

Результаты: в результате использования разработанного программного продукта получен уровень усвоения каждой из компетенций, формирующихся в процессе изучения конкретной дисциплины, выраженный в процентах. Для получения результатов исследования был проведен ряд экспериментов. Результаты двух экспериментов представлены в данной статье. Для наглядности результаты также представлены и графически в виде диаграмм.

Выводы: по проведенным экспериментам можно сделать вывод, что данная программная разработка полностью удовлетворяет поставленным задачам и дает возможность автоматически оценивать не только количество полученных знаний, но и их качество.

Ключевые слова: компетенции, уровень усвоения компетенций, компетентностный подход, математическая модель компетентностного подхода.

Lidiya A. Makushkina, Marina V. Fadeeva

Volzhsy Polytechnic Institute (branch) of Volgograd State Technical University, Volzhsky, Russia

Development of the educational activity monitoring system on the basis of competence-based approach

In this paper we give the mathematical description of the model of transferring the grades, obtained by students, based on the results of completing tasks into the assessment of the level of mastering competencies by them, the description is given of the educational activity monitoring system developed according to a mathematical model on the basis of competence-based approach, and the results of assessing its efficiency.

Research goal: to reveal the interrelation between score estimates of the student and level of mastering competences and to make the process of determining the level of mastering competences automatic.

The mathematical model of the grades transfer to assessing the level of mastering competences is developed in order to achieve this goal. The formulas solving this problem are presented. A study manual was created based on the developed mathematical model, which is intended for:

- 1) creating and maintaining reference books (teachers, students, competences, disciplines, means of estimation);
 - 2) maintaining the online journal of students' progress record;
 - 3) determining the level of mastering competences in accordance with the developed algorithm;
 - 4) maintaining the mechanism of data access restriction;
 - 5) forming reports of the registered form of various complexity degrees.
- The task was solved by means of this study manual.

Materials and methods: the fund of estimation means for the subject served as the material for the research, it contains data on the number of points, that a student can receive in the course of studying the subject, and direct distribution of these points for a certain kind of activity and competences which are formed in the course of studying the given subject. The journal of student's progress is described, reflecting the received number of points in the course of studying the subject by each type of occupation.

Results: Because of using the developed software program, the level of mastering each of the competences was obtained, which are formed in the course of studying a certain subject, expressed as a percentage. A number of experiments were conducted in order to obtain the research results. The results of two experiments are presented in this article. For descriptive reasons the results are also presented graphically in the chart form.

Conclusions: according to the results of the conducted experiments it is possible to make a conclusion that this study manual completely satisfies the described tasks and gives the opportunity to automatically estimate not only the amount of the gained knowledge, but its quality, as well.

Keywords: competences, level of mastering competences, competence-based approach, mathematical model of competence-based approach.

Введение

Учет успеваемости студентов является одной из основных сторон процесса обучения. Преподаватель, как правило, выполняет две основные функции: обучение студента и контроль того, насколько успешно студенты воспринимают изучаемый материал, овладевают умениями применять полученные ими знания на практике. Оценка успехов ориентирует студентов как относительно уровня их успехов в учебной деятельности, так и в активном развитии необходимых им для достижения достаточно высокой успеваемости нравственно-волевых качеств.

Чаще всего под термином «успеваемость» подразумевают средние значения оценок, полученных студентом за определенный период времени. При использовании так называемой «кредитной технологии» обучения в качестве критерия успеваемости, как правило, используется средневзвешенная оценка уровня достижений, определяющая интервальные значения баллов, которые соответствуют классической системе оценки знаний [1]. По другому можно сказать, что оценки, получаемые студентами, представляют собой определённые характеристики, которые выставляют разные преподаватели, являющиеся экспертами в заданной области. Совокупность выставленных каждому студенту оценок подчиняется законам непараметрической статистики. Поэтому одним из способов анализа успеваемости студентов являются статистические методы [2].

Но, для получения статистически значимых результатов анализа успеваемости студентов необходима достаточно обширная выборка студентов, размер которой зависит от размерности анализируемого факторного пространства [3]. В результате возникает предска-

зуемая потребность перехода от методов непараметрической статистики, которая описывает успеваемость каждого студента, к параметрической статистике выборки, на основе анализа результатов тестирования делаются выводы о вкладе анализируемых факторов [4].

Еще один способ анализа успеваемости студентов – вероятностный метод [5]. При рассмотрении этого метода можно отметить, что представленный он снимает проблемы предельного перехода, и позволяет сформулировать предположение о том, что вероятностные характеристики успеваемости студентов большей информативностью, чем расчет средней успеваемости, и представляют определённый интерес для выполнения их более глубокого анализа. Можно также сделать предположение о том, что подклассы, выделенные на основе проведения вероятностного анализа, могут иметь собственные структуры факторного пространства, описывающего мотивацию студентов к обучению.

Что же касается непосредственно автоматизированного учета успеваемости студентов, то наиболее часто используемый способ – электронный журнал с использованием табличного процессора MS Excel, как например в Российском университете дружбы народов [6].

Ведение подобного журнала предоставляет возможность как преподавателям так и студентам в любой момент времени получить информацию по персональной и групповой динамике успеваемости и посещаемости. Журнал выполняет функции формализации осуществления текущего контроля успеваемости студентов, их итоговых и промежуточной аттестаций. Также ведение подобного журнала позволяет устанавливать форму ведения учёта, его периодичности, а также порядка проведения описанных аттестаций.

Журнал позволяет достаточно оперативно предоставлять информацию об успеваемости и посещаемости учебных занятий студентами всем заинтересованным лицам (преподавателям, кураторам, студентам, их родители, будущие работодатели) за счет её размещения на личной странице преподавателя на учебном портале [7].

Автоматизированный учет успеваемости студентов также можно осуществлять с помощью так называемых рейтинг – листов.

В 2013–2014 учебном году в Уральском государственном медицинском университете студенты участвовали в педагогическом эксперименте по изучению методов управления мотивацией обучающихся с помощью электронных систем учета учебных достижений. Данные студенты в рамках эксперимента изучали дисциплины по выбору (элективные курсы) цикла ГСЭ «Межкультурная коммуникация», «Социальная работа в сфере охраны здоровья населения», «История милосердия и благотворительности», «Антропологические основы деятельности врача».

В рамках проведенного анализа был установлен факт большой степени сходства рейтинг-листов по различным элективным курсам, выполненных разными преподавателями и отличных по форме и содержанию.

Во-первых, практически все рейтинг-листы организованы следующим образом: на одной странице размещены сведения для всего потока студентов в рамках одного факультета (от 3 до 12 групп), что предоставляет студентам возможность сравнить полученные результаты не только в своей группе, но и в потоке в целом. Во-вторых, применение форматирования с использованием ярких цветов в рейтинг-листах выполняет функцию по привлечению внимания к основным показателям.

телям успеваемости студентов (например, среднее значение оценки достижений студентов по группам). В-третьих, в рейтинг-листах содержатся сведения о средних значениях оценки успеваемости в каждой группе и по факультетам. Данная информация является полезной и информативной не только для конкретного студента, но также является одним из ключевых элементов при принятии управленческих решений старостами групп и преподавателями, кураторами академических групп, сотрудниками деканатов, для осуществления своевременного отслеживания успеваемости студентов по группам, определения возможные проблемы и находить пути их решения [8–9].

Несмотря на полученные доказательства преимуществ создания и внедрения общедоступных электронных рейтинг-листов, можно выделить ряд проблем, касающихся их применения в образовательном процессе. Самая главная из них — это необходимость разработки единой формы электронного рейтинг-листа в целом ВУЗе, так как в данном случае серьезные отличия в структуре рейтинг-листов приводят к снижению эффективности процесса обработки данных и анализа оценки учебных достижений студентов по отдельным параметрам. Учитывая специфику обучения в медицинском университете, данный факт может стать существенным недостатком из-за существенной разницы в подходах к обучению на теоретических и клинических кафедрах [10]. Но все-таки возможность создания единой методики балльно-рейтинговой системы для каждого цикла дисциплин кажется достаточно реальной.

В настоящее время активно ведется внедрение компетентностного подхода в систему высшего образования во всех ВУЗах страны. Данное новов-

ведение направлено на повышение эффективности взаимодействия ВУЗов с рынком труда, повышение конкурентоспособности выпускников ВУЗов, выполнение обновления содержания, методологии и соответствующей среды обучения.

Основная цель получения высшего образования — это подготовка квалифицированных кадров соответствующего уровня и профиля, которые будут достаточно конкурентоспособны на рынке труда, компетентны в своей области деятельности, свободно владеющего навыками работы как в своей профессии и так и в смежных областях деятельности, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности [11–15].

Исследователи в области компетентностного подхода в образовании [16–17] определяют основное отличие компетентного специалиста от квалифицированного как наличие у компетентного сотрудника не только определенного уровня знаний, полученных умений, выработанных навыков, так и способность реализовать их в работе.

Введение понятия «компетенция» в практику обучения позволит решить типичную для российских ВУЗов проблему, когда студенты, овладев набором теоретических знаний, испытывают значительные трудности в их реализации при решении конкретных задач или проблемных ситуаций.

Применение компетентностного подхода для оценки полученных студентами знаний, умений и навыков находит все большее распространение в ВУЗах. В статье [18] на примере направления подготовки бакалавриата 231000.62 «Программная инженерия» приводится анализ формируемых в результате прохождения производственной практики компетенций и источников

информации для оценки их качества.

Образовательная компетенция предполагает не усвоение студентами отдельных знаний и умений, а овладение ими комплексной процедурой, в которой для каждого выделенного направления определена соответствующая совокупность образовательных компонентов. Особенность педагогических целей по развитию компетенций состоит в том, что они формируются не в виде действий преподавателя, а с точки зрения результатов деятельности обучаемого, т. е. его продвижения и развития в процессе усвоения определенного социального опыта [19–21].

1. Математическое моделирование компетентностного подхода

Предположим, что успеваемость студента оценена каким-либо способом в балльной системе. И теперь следует перейти к компетентностной оценке. Основной задачей при моделировании компетентностного подхода является осуществление взаимосвязи между количественным (балловым) результатом и непосредственно самими компетенциями. Разобьем эту задачу на несколько этапов:

Определение веса компетенции от общего числа баллов;

Расчет количества баллов, приходящихся на каждую компетенцию;

Определение усвояемости компетенции с учетом баллов семестра. Для универсальности математической модели вес компетенций будем определять в процентном соотношении.

Оценка успеваемости студента в балльной системе оценок определяется результатами выполнения блока заданий преподавателя:

$$D = \{R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_m\} \quad (1)$$

где m — количество контролируемых блоков.

При этом каждый контролирующий блок может содержать несколько заданий:

$$R_i = \{r_1, r_2, \dots, r_l\} \quad (2)$$

где l – количество заданий в блоке.

Таким образом, подставляя в формулу (2) формулу (1) получим:

$$D = \{(r_1^1, r_2^1, \dots, r_l^1) \cup (r_1^2, r_2^2, \dots, r_l^2) \cup \dots \cup (r_1^m, r_2^m, \dots, r_l^m)\} \quad (3)$$

Каждый блок контролирующих материалов характеризуется числовой величиной, равной количеству баллов за каждое выполненное задание: $r = c$. Т.к. каждый блок может состоять из нескольких заданий, то:

$$R = S(r(c_j)) \quad (4)$$

В данном случае функция S может иметь произвольный вид, который зависит от метода оценки в балловом эквиваленте.

Как результат, сумма баллов за все блоки будет составлять итоговую оценку:

$$D = \sum S_i(R_i) \quad (5)$$

С другой стороны, каждая дисциплина в процессе изучения формирует несколько компетенций:

$$D = \{K_1, K_2, \dots, K_t\} \quad (6)$$

где t – это количество компетенций в данной дисциплине.

Формирование компетенций также проверяется контролирующими блоками:

$$K_i = R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_m \quad (7)$$

Следует также уточнить, что некоторые $r_j^i = 0$, т.е. в отличие от балловой оценки, в которую должны вносить вклад все имеющиеся задания, проверку формирования компетенций можно осуществить используя лишь некоторые контролирующие блоки или задания из этого блока. Значит, числовое значение компетенции будет равно:

$$K_i = S(c(r_j^i)) \quad (8)$$

Предполагается, что каждая компетенция в результате изучения одной дисциплины усваивается на $I_{\max}$, т.е. $D_{\max}$ баллов по дисциплине – это $I_{\max}$ усвояемости каждой компетенции. И поэтому должно выполняться неравенство: $0 \leq K_i \leq I_{\max}$.

С другой стороны, максимальное количество баллов за семестр не может превышать $D_{\max}$ значит:

$$\sum K_i = D_{\max} \quad (9)$$

На основе этого составляем систему уравнений компетенций:

$$\begin{cases} K_1 = (r_1^1, r_2^1, \dots, r_l^1) \cup (r_1^2, r_2^2, \dots, r_l^2) \cup \dots \cup (r_1^m, r_2^m, \dots, r_l^m) \\ K_1 = (r_1^1, r_2^1, \dots, r_l^1) \cup (r_1^2, r_2^2, \dots, r_l^2) \cup \dots \cup (r_1^m, r_2^m, \dots, r_l^m) \\ K_n = (r_1^1, r_2^1, \dots, r_l^1) \cup (r_1^2, r_2^2, \dots, r_l^2) \cup \dots \cup (r_1^m, r_2^m, \dots, r_l^m) \end{cases} \quad (10)$$

Используя формулу (8), данная система примет вид:

$$\begin{cases} K_1 = S_1(c_j^i) \\ K_2 = S_2(c_j^i) \\ \dots \\ K_t = S_t(c_j^i) \end{cases} \quad (11)$$

где t – это количество компетенций в данной дисциплине; $i = \overline{1, l}$, $j = \overline{1, m}$.

Из системы уравнений (10), подставляя значения S_i найдем коэффициент каждой компетенции. Учитывая формулу (9) и систему уравнений (10) получим формулу вычисления условной единицы удельного веса компетенций:

$$S_1(c_j^i)x + S_2(c_j^i)x + \dots S_t(c_j^i)x = D_{\max} \quad (12)$$

Решая данное уравнение, найдем значение x :

$$x = \frac{D_{\max}}{S_1(c_j^i)x + S_2(c_j^i)x + \dots + S_t(c_j^i)x} \quad (13)$$

Домножая коэффициент каждой компетенции на условную единицу удельного веса компетенции, получим вес каждой компетенции в общем числе баллов:

$$\begin{cases} K_1 = S_1(c_j^i)x \\ K_2 = S_2(c_j^i)x \\ \dots \\ K_t = S_t(c_j^i)x \end{cases} \quad (14)$$

Удельный вес каждой компетенции выражается процентном соотношении. Нужно его перевести в количественное значение. Для этого значения, полученный в системе уравнений (14) следует домножить на 100:

$$\begin{cases} K_1 \text{ball} = 100 * K_1 \\ K_2 \text{ball} = 100 * K_2 \\ \dots \\ K_t \text{ball} = 100 * K_t \end{cases} \quad (15)$$

Именно столько баллов приходится на каждую компетенцию. При этом должно выполняться условие, описанное формулой (9). Поэтому необходима проверка:

$$\sum_{i=1}^t K_i \text{ball} = D_{\max} \quad (16)$$

Если это условие выполняется то, результат считается удовлетворительным и балловые значения компетенций, и следует принять как результат. Если же условие не выполняется, то следует определить избыточный балл:

$$b_{iz} = D_{\max} - \sum_{i=1}^t K_i \text{ball} = \quad (17)$$

На практике, чаще всего, условие (16) не выполняется. Это связано с тем, что при вычислении данных результат всегда получается нецелым, и дробной частью пренебрегают. В зависимости от степени пренебрежения изменяется и избыточное значение балла. Между двумя этими значениями прямо пропорциональная зависимость: чем большим значением пренебрегается в ходе вычислений, тем больше значение b_{iz} . При этом, если

$b_{iz} < 0$, то будем считать, что на компетенции выделилось мало баллов, и их следует добавить, а если $b_{iz} > 0$, то будем считать, что на компетенции выделилось много баллов и их следует отнять. Процесс корректировки должен иметь критерий остановки. Условие (16) для этого не подходит, так как слишком мала вероятность его выполнения. Поэтому следует для ограничения выбрать какой-либо допустимый интервал погрешности $[a, b]$. Итак, если избыточный балл найден, следует его разделить между всеми компетенциями в соответствующих пропорциях. По знаку избыточного балла определяется отнимаются ли корректирующие значения или прибавляются. А все вычисления будут производиться с абсолютной величиной избыточного балла $|b_{iz} < 0|$. Итак, если условие (16) не выполнено и избыточный балл найден, то проверяется, следует ли проводить корректировку, т.е. проверяется, попадает ли он в интервал допустимой погрешности:

$$b_{iz} \in [a, b] \quad (18)$$

Если это условие выполняется, то корректировка не нужна и следует перейти к следующему шагу моделирования. Если же это условие не выполняется, то корректировка необходима и нужно определить на какое количество баллов следует скорректировать каждую компетенцию. Для этого вес каждой компетенции умножим на некую условную единицу корректировки и в сумме эти компетенции должны быть равны избыточному баллу:

$$K_1bally + K_2bally + \dots + K_ibally = b_{iz} \quad (19)$$

Решая данное уравнение, получим условную единицу корректировки y . Умножая коэффициент компетенции на условную единицу корректировки получим баллы, на ко-

торые нужно скорректировать каждую компетенцию:

$$\begin{cases} K_1ball = K_1y \\ K_2ball = K_2y \\ \dots \\ K_iball = K_iy \end{cases} \quad (20)$$

Найденные при решении системы (20) значения корректирующих баллов следует отнять, если $b_{iz} > 0$ или прибавить, если $b_{iz} < 0$, от количества баллов, отведенных на каждую дисциплину:

$$\begin{cases} K_1ball_{pr} = K_1ball \pm K_1ball_{iz} \\ K_2ball_{pr} = K_2ball \pm K_2ball_{iz} \\ \dots \\ K_iball_{pr} = K_iball \pm K_iball_{iz} \end{cases} \quad (21)$$

Далее проверяем условие (16), если оно выполняется, то считаем получившийся результат итоговым:

$$K_{itog} = K_{ball_{pr}} \quad (22)$$

Если же условие (16) не выполняется, то находим избыточный балл и проверяем условие (18). Если оно выполнено, то используем формулу (22). Если же условие (18) не выполнено, то вновь проводим корректировку. И повторяем это до тех пор, пока не будет выполнено (16) или (18) условия и не получена формула (22).

Полученные за семестр баллы представим в виде относительного дополнения двух множеств:

$$D_{sem} = D_{max} \setminus D_{np} \quad (23)$$

где D_{np} — это неполученные баллы.

Далее определим вес каждой компетенции в неполученных баллах. Для этого умножим вес каждой компетенции на количество неполученных баллов:

$$\begin{cases} K_1ball_{pr} = K_1D_{np} \\ K_2ball_{pr} = K_2D_{np} \\ \dots \\ K_iball_{pr} = K_iD_{np} \end{cases} \quad (24)$$

Теперь определяем сколько баллов за семестр получила каждая компетенция:

$$\begin{cases} K_1sem = K_{1itog} - K_1ball_{np} \\ K_2sem = K_{2itog} - K_2ball_{np} \\ \dots \\ K_isem = K_{itog} - K_iball_{np} \end{cases} \quad (25)$$

Результат определяется в баллах. Но количественная оценка не дает адекватной информации об усвояемости компетенций без ряда дополнительной информации (общее число баллов за семестр, количество компетенций, максимальное количество баллов на компетенцию и т.д.) поэтому более информативным будет выразить усвоение компетенций в процентах. Используя формулы (22) и (25) получим процентный эквивалент уровня усвоения компетенции:

$$K_{irez} = \frac{K_{i sem} * 100}{K_{i ball}} \quad (26)$$

Или:

$$\begin{cases} K_{1rez} = \frac{K_{1 sem} * 100}{K_{1 ball}} \\ K_{2rez} = \frac{K_{2 sem} * 100}{K_{2 ball}} \\ \dots \\ K_{irez} = \frac{K_{i sem} * 100}{K_{i ball}} \end{cases} \quad (27)$$

Это и будет являться конечным результатом и будет определять уровень усвояемости компетенций в процессе изучения определенной дисциплины.

2. Описание программной разработки

Разрабатываемая система предназначена для:

- 1) создания и ведения справочников (преподаватели, студенты, компетенции, дисциплины, оценочные средства);
- 2) ведения электронного журнала учета успеваемости студентов;
- 3) определения уровня освоения компетенций в соответствии с разработанным алгоритмом;
- 4) поддержания механизма ограничения доступа к данным;

5) формирования отчётов установленной формы различной степени сложности.

Разрабатываемая система состоит из следующих модулей:

- модуля авторизации в системе;
- модуля работы со справочниками;
- модуля ведения электронного журнала;
- модуля генерации ведомостей успеваемости;
- модуля взаимодействия с базой данных.

Пользователю «Администратор» доступны функции работы с учетными данными пользователей, таблицей «Компетенции».

Пользователю «Преподаватель» доступны функции работы с дисциплинами, оценочными средствами, ведения электронного журнала учета успеваемости студентов, установки весовых коэффициентов вклада компетенций в общую оценку по дисциплине, формирование ведомостей успеваемости студентов.

Пользователю «Студент» доступны функции по просмотру успеваемости как самого студента, так и группы, в которой он обучается.

Разрабатываемая система состоит из следующих модулей: модуля авторизации в системе; модуля работы со справочниками; модуля ведения электронного журнала; модуля генерации ведомостей успеваемости; модуля взаимодействия с базой данных.

Модуль авторизации и аутентификации обеспечивает ввод имени пользователя и пароля.

Модуль ведения электронного журнала обеспечивает выполнение следующих функций: вывод истории предыдущих занятий с указанием даты занятия, вида занятия (наименование оценочного средства) и группы, у которой проводилось данное занятие; добавление информации о но-



Рис. 1. Диаграмма компонентов системы

вом занятии с указанием даты занятия, вида занятия (наименование оценочного средства) и группы, у которой проводилось данное занятие; добавление оценок по результатам контроля знаний студентов группы, у которой проводится занятие; проверка вводимых значений оценок уровня знаний на соответствие предельным значениям.

Модуль работы со справочниками обеспечивает доступ пользователей к справочникам системы, согласно роли пользователя. При работе с данными, содержащимися в справочниках модуль осуществляет следующие функции: проверку вводимых пользователем значений, в случае ошибки выдавать пользователю корректное сообщение об ошибке и предлагать возможные способы ее устранения; ввод и разбор команд, присланных пользователем и выделение инфор-

мативной части, содержащей данные для вставки/редактирования записи БД; перевод запроса клиентского приложения, который передается в виде команды в SQL запрос к базе данных.

Модуль обеспечивает выполнение запросов пользователя. Также после выполнения запроса пользователя модуль отправляет клиенту результат выполнения запроса или текстовое описание произошедшей во время выполнения ошибки. Также модуль обеспечивает сохранение вносимых изменений в БД.

Модуль генерации ведомостей успеваемости обеспечивает доступ пользователей к списку ведомостей, согласно роли пользователя. Модуль также осуществляет ввод данных для построения ведомости: выбор отчетного периода, выбор параметров ведомости (дисциплина, группа). Модуль

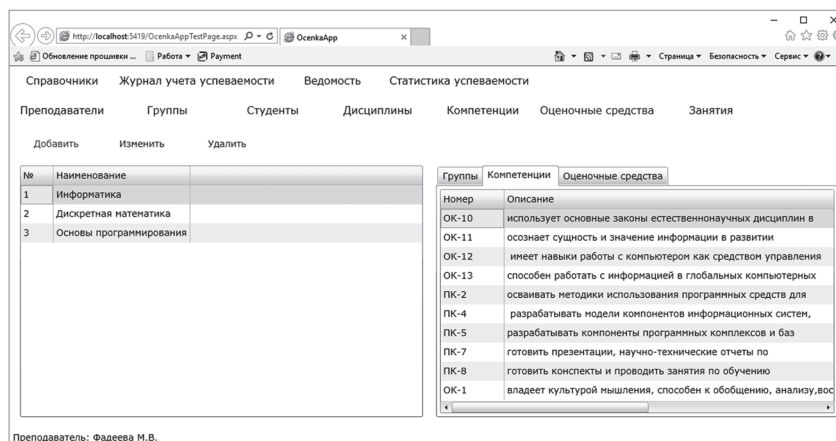


Рис. 2. Просмотр информации о дисциплинах и привязанных к ним компетенциях

ФИО/Дата	01.09.2015	13.09.2015	15.09.2015	29.09.2015	27.10.2015	10.11.2015
Барыкин Валентин Валерьевич	0	0	0	0	0	0
Борисенко Леонид Евгеньевич	3	3	1	2	2	0
Бударина Наталия Сергеевна	3	2	0	0	0	0
Бычков Юрий Андреевич	3	3	2	2	3	0
Григоров Сергей Дмитриевич	3	3	2	3	3	3
Емельяненко Михаил Олегович	0	0	0	0	0	0
Ердяков Максим Александрович	3	3	2	3	3	4
Иванова Елена Андреевна	3	3	1	3	3	4
Ким Вячеслав Евгеньевич	3	3	2	3	3	4
Колпаков Владислав Павлович	3	3	0	3	1	0
Котелевский Виталий Романович	3	3	2	3	3	5
Ласковой Александр Сергеевич	3	3	1	3	3	4

Рис. 3. Электронный журнал

выполняет следующие функции: расчет уровня освоения компетенций в соответствии с весовыми коэффициентами и оценками студентов; формирование печатной формы ведомости успеваемости студентов на указанную преподавателем дату.

На рис. 2 показан скриншот интерфейса разработанной системы.

На рис. 3 показан скриншот электронного журнала для заполнения оценками, полученными студентами при выполнении практических и лабораторных работ.

Экспериментальная оценка эффективности разработанной системы

Для проведения эксперимента по оценке эффективности предлагаемого математического описания, методов мониторинга учебной деятельности студентов на основании компетентностного подхода были взяты результаты обучения групп ВВТ-106 по дисциплинам «Информатика» и «Дискретная математика».

Предварительно перед проведением экспериментов на основании рабочих программ и фондов оценочных средств по дисциплинам «Информатика» и «Дискретная математика»

были заполнены справочники: «Дисциплины», «Компетенции», «Оценочные средства» и соответствующие таблицы связей.

Далее преподаватель заполнил журнал успеваемости студентов с добавлением занятий по оценочным средствам, привязанным к дисциплине.

Было проведено два эксперимента:

Эксперимент по анализу степени освоения компетен-

ций у студентов, набравших одинаковое количество баллов

Эксперимент по анализу степени освоения компетенций одинаковых для двух дисциплин: «Информатика» и «Дискретная математика»

В результате проведения первого эксперимента были получены данные, показанные в таблице 1.

В результате проведения первого эксперимента можно сделать следующий вывод: так как математическая модель расчета степени освоения компетенций в рамках изучения дисциплины содержит расчеты, основанные на вкладе каждой дисциплины в итоговую оценку по ней и каждая компетенция охватывается некоторым множеством оценочных средств, уровень освоения компетенций будет варьироваться в зависимости от оценок, полученных студентами в результате выполнения заданий по описанным оценочным средствам.

В результате проведения второго эксперимента были получены данные, показанные в таблице 2.

Таблица 1

Результаты проведения первого эксперимента

ФИО	Бал	ОК-10	ОК-11	ОК-12	ОК-13	ПК-2	ПК-4	ПК-5	ПК-7	ПК-8
Емельяненко Михаил Олегович	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Колпаков Владислав Павлович	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Николаенко Максим Сергеевич	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Севастьянов Павел Андреевич	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Юсин Сергей Романович	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Барыкин Валентин Валерьевич	2	0	0	2	0	2	0	0	2	0
Бычков Юрий Андреевич	14	25	1	12	4	11	67	0	11	4
Ердяков Максим Александрович	31	0	50	55	54	53	67	47	53	54
Борисенко Леонид Евгеньевич	41	50	88	82	89	77	100	77	77	89
Бударина Наталия Сергеевна	41	50	82	77	83	77	67	81	77	83
Григоров Сергей Дмитриевич	41	50	82	79	83	75	67	77	75	83
Иванова Елена Андреевна	41	50	78	75	78	74	100	73	74	78
Ласковой Александр Сергеевич	41	50	72	72	73	71	100	71	71	73
Сазонов Александр Андреевич	41	50	72	72	73	71	67	71	71	73
Тутушева Екатерина Алексеевна	41	25	71	73	74	72	100	72	72	74
Леуш Никита Сергеевич	43	50	82	80	83	78	100	77	78	83
Трифонов Владимир Сергеевич	43	50	88	82	88	81	100	81	81	88
Мазуренко Надежда Алексеевна	46	75	84	83	84	78	100	74	78	84
Сушкина Валерия Евгеньевна	46	75	74	76	74	75	100	72	75	74
Шестакова Полина Андреевна	47	75	74	76	74	76	67	75	76	74
Царева Нина Евгеньевна	49	50	92	90	93	89	67	91	89	93
Цыганенко Александр Валерьевич	49	100	85	83	85	81	100	78	81	85
Ким Вячеслав Евгеньевич	51	100	95	90	94	89	100	88	89	94
Самаркина Дарья Сергеевна	51	75	94	91	94	90	100	91	90	94
Котелевский Виталий Романович	60	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 2

Результаты проведения второго эксперимента

ФИО	Бал	ОК-10	ОК-10 Информ.	ОК-11	ОК-11 Информ.	ОК-12	ОК-12 Информ.	ПК-2	ОК-10 Информ.	Бал Информ.
Борисенко Леонид Евгеньевич	13	1	50	8	62	8	63	8	62	61
Бударина Наталия Сергеевна	5	0	70	3	74	3	73	3	73	69
Бычков Юрий Андреевич	13	2	88	7	60	7	59	8	56	50
Григоров Сергей Дмитриевич	67	70	79	70	81	70	79	70	78	73
Емельяненко Михаил Олегович	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ердяков Максим Александрович	82	90	73	88	67	87	67	88	66	61
Иванова Елена Андреевна	84	89	50	88	59	88	60	88	60	61
Ким Вячеслав Евгеньевич	95	99	88	97	90	97	88	97	88	86
Колпаков Владислав Павлович	10	0	0	6	0	6	0	6	0	0
Котелевский Виталий Романович	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ласковой Александр Сергеевич	68	69	65	67	68	67	68	67	68	67
Леуш Никита Сергеевич	2	0	60	1	68	1	68	1	68	67
Мазуренко Надежда Алексеевна	79	89	75	87	78	87	78	86	76	76
Николаенко Максим Сергеевич	4	0	0	3	0	3	0	2	0	0
Сазонов Александр Андреевич	71	70	79	72	78	72	77	73	76	73
Самаркина Дарья Сергеевна	69	79	90	78	91	78	90	77	90	87
Сушкина Валерия Евгеньевна	75	80	77	79	76	79	77	79	76	77
Трифонов Владимир Сергеевич	20	49	70	44	76	44	75	44	74	71
Тугушева Екатерина Алексеевна	18	49	59	43	64	42	65	42	65	65
Царева Нина Евгеньевна	66	52	87	56	89	56	88	57	88	84
Цыганенко Александр Валерьевич	75	76	71	79	75	80	75	80	75	77
Шестакова Полина Андреевна	52	55	53	56	60	56	62	56	63	68

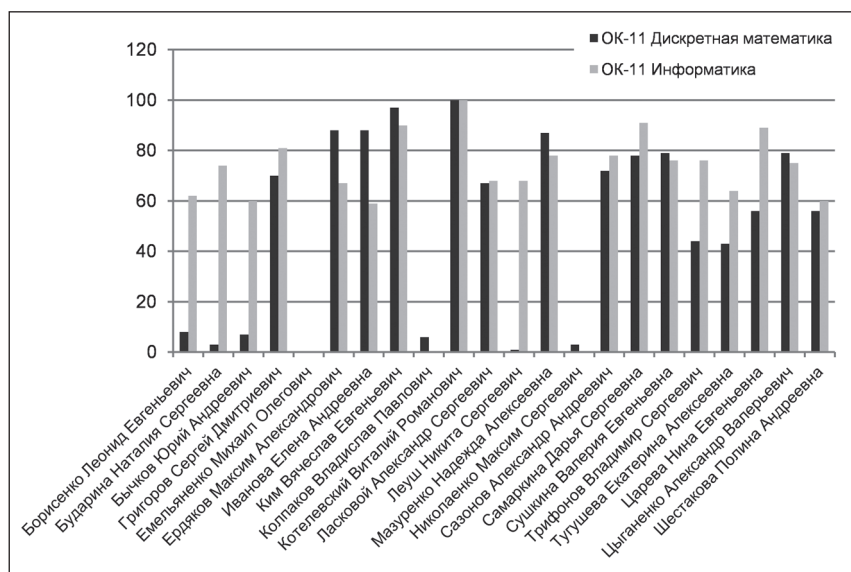


Рис. 4. Статистика освоения компетенции ОК-11 в рамках дисциплин «Информатика» и «Дискретная математика»

На рис. 4 показан график освоения компетенции ОК-11 в рамках дисциплин «Информатика» и «Дискретная математика». В результате проведения

второго эксперимента можно сделать следующий вывод: у студентов успешно сдавших итоговые испытания по дисциплинам «Информатика» и «Дискретная математика» оценки по уровню освоения компетенций, имеющих в обеих дисциплинах достаточно сходны, отличаются не более чем на 10%. Сильно выбиваются из результатов расчета уровня освоения компетенций у тех студентов, которые не прошли аттестацию по дисциплине. В дальнейшем, после пересдачи неудовлетворительных оценок степень освоения компетенций у данных студентов предположительно достигнет того же уровня, что и в дисциплине «Информатика».

Выводы

В результате использования разработанного программного продукта получен уровень усвоения каждой из компетенций, формирующихся в процессе изучения конкретной дисциплины, выраженный в процентах. Для получения результатов исследования был проведен ряд экспериментов. Результаты двух экспериментов представлены в данной статье. Для наглядности результаты также представлены и графически в виде диаграмм.

По проведенным экспериментам можно сделать вывод, что данная программная разработка полностью удовлетворяет поставленным задачам и дает возможность автоматически оценивать не только количество полученных знаний, но и их качество.

Литература

1. Подольная Н.Н., Лещайкина М.В., Еремеева М.А., Архипова К.Н. Применение статистических методов в исследовании успеваемости студентов ВУЗа как составляющей качества образования // Фундаментальные исследования. 2013. No.10-2.
2. Сосницкий В.Н., Потанин Н.И. Анализ факторов, использованных для аппроксимации

References

1. Podol'naya N.N., Leshchaikina M.V., Ereemeeva M.A., Arkhipova K.N. Primenenie statisticheskikh metodov v issledovanii uspevaemosti studentov VUZa kak sostavlyayushchei kachestva obrazovaniya // Fundamental'nye issledovaniya. 2013. No.10-2. (In Russ.)
2. Sosnitskii V.N., Potanin N.I. Analiz faktorov, ispol'zovannykh dlya approksimatsii srednei uspe-

средней успеваемости студентов // Новые образовательные технологии в вузе (НОТВ-2013): сборник материалов X Междун. научн.-методич. конф., (Екатеринбург, 6–8 февраля, 2013). Екатеринбург: УрФУ, 2013.

3. Сосницкий В.Н., Потанин Н.И., Шевелева Л.В. «Проблемы статистического анализа средней успеваемости студентов» // Fundamental Research. 2013. No.10 С. 316–320.

4. Сосницкий В.Н., Потанин Н.И. Оценка возможности аппроксимации успеваемости студентов по данным тестирования // Новые образовательные технологии в вузе (НОТВ-2012): сборник материалов IX Междун. научн.-методич. конф., (Екатеринбург, 8–10 февраля, 2012) Екатеринбург: УрФУ. 2012. С. 522–529.

5. Сосницкий В.Н., Потанин Н.И. Вероятностный подход к анализу успеваемости студентов // Fundamental Research. 2014. No. 8. С. 734–738.

6. Ташкенова Т. Проект информационной системы «учет успеваемости студентов» // Матер. рег. научн.-практ. конф. обучающихся и студентов. Тюмень, 2014. С. 21–23.

7. Наумова Н.А. Моделирование информационной системы управления качеством образования // Вестник ЮРГТУ (НПИ). 2011. No. 1. С. 164–169.

8. Рыбанов А.А., Макушкина Л.А. Технология определения весовых коэффициентов сложности тем дистанционного курса на основе алгоритма Саати // Открытое и дистанционное образование. 2016. No. 1. С. 69–79.

9. Рыбанов А.А., Макушкина Л.А. Форматы и системы команд, методы адресации. Квантованный учебный текст с заданиями в тестовой форме // Педагогические измерения. 2015. No. 1. С. 50–58.

10. Сосницкий В.Н., Потанин Н.И., Шевелёва Л.В. Проблемы внедрения рейтинговой системы в вузе // Проблемы и перспективы развития образования в России. 2013 No.13. С.111–115

11. Бермус А.Г. Проблемы и перспективы реализации компетентностного подхода в образовании // Интернет-журнал «Эйдос». 2010.

12. Иванов Д.А., Митрофанов К.Г., Соколова О.В. Компетентностный подход в образовании. Проблемы, понятия, инструментарий. Учебно-методическое пособие. М.: АПКИПРО, 2012. 101 с.

13. Коган Е.Я. Компетентностный подход и новое качество образования // Современные подходы к компетентностно-ориентированному образованию / Под ред. А. В. Великановой. Самара: Профи, 2011.

14. Лебедев О.Е. Компетентностный подход в образовании // Школьные технологии. 2010. No. 5. С. 3–12.

15. Мединцева И.П. Компетентностный подход в образовании // Педагогическое мастерс-

vaemosti studentov // Novye obrazovatel'nye tekhnologii v vuze (NOTV-2013): sbornik materialov X Mezhdun. nauchn.-metodich. konf., (Ekaterinburg, 6–8 February, 2013). Ekaterinburg: UrFU, 2013. (In Russ.)

3. Sosnitskii V.N., Potanin N.I., Sheveleva L.V. "Problemy statisticheskogo analiza srednei uspevaemosti studentov" // Fundamental Research. 2013. No.10. P. 316–320. (In Russ.)

4. Sosnitskii V.N., Potanin N.I. Otsenka vozmozhnosti approksimatsii uspevaemosti studentov po dannym testirovaniya // Novye obrazovatel'nye tekhnologii v vuze (NOTV-2012): sbornik materialov IX Mezhdun. nauchn.-metodich. konf., (Ekaterinburg, 8–10 February, 2012) Ekaterinburg: UrFU. 2012. P. 522–529. (In Russ.)

5. Sosnitskii V.N., Potanin N.I. Veroyatnostnyi podkhod k analizu uspevaemosti studentov // Fundamental Research. 2014. No. 8. P. 734–738. (In Russ.)

6. Tashkenova T. Proekt informatsionnoi sistemy «uchet uspevaemosti studentov» // Mater. reg. nauchn.-prakt. konf. obuchayushchikhsya i studentov. Tyumen', 2014. P. 21–23. (In Russ.)

7. Naumova N.A. Modelirovanie informatsionnoi sistemy upravleniya kachestvom obrazovaniya // Vestnik YuRG TU (NPI). 2011. No. 1. P. 164–169. (In Russ.)

8. Rybanov A.A., Makushkina L.A. Tekhnologiya opredeleniya vesovykh koeffitsientov slozhnosti tem distantsionnogo kursa na osnove algoritma Saati // Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie. 2016. No. 1. P. 69–79. (In Russ.)

9. Rybanov A.A., Makushkina L.A. Formaty i sistemy komand, metody adresatsii. Kvantovannyi uchebnyi tekst s zadaniyami v testovoi forme // Pedagogicheskie izmereniya. 2015. No. 1. P. 50–58. (In Russ.)

10. Sosnitskii V.N., Potanin N.I., Sheveleva L.V. Problemy vnedreniya reitingovoi sistemy v vuze // Problemy i perspektivy razvitiya obrazovaniya v Rossii. 2013 No.13. P.111–115. (In Russ.)

11. Bermus A.G. Problemy i perspektivy realizatsii kompetentnostnogo podkhoda v obrazovanii // Internet-zhurnal «Eidos». 2010. (In Russ.)

12. Ivanov D.A., Mitrofanov K.G., Sokolova O.V. Kompetentnostnyi podkhod v obrazovanii. Problemy, ponyatiya, instrumentarii. Uchebno-metodicheskoe posobie. M.: APKiPRO, 2012. 101 p. (In Russ.)

13. Kogan E.Ya. Kompetentnostnyi podkhod i novoe kachestvo obrazovaniya // Sovremennye podkhody k kompetentnostno-orientirovannomu obrazovaniyu / Pod red. A. V. Velikanovoi. Samara: Profi, 2011. (In Russ.)

14. Lebedev O.E. Kompetentnostnyi podkhod v obrazovanii // Shkol'nye tekhnologii. 2010. No. 5. P. 3–12. (In Russ.)

15. Medintseva I.P. Kompetentnostnyi podkhod v obrazovanii // Pedagogicheskoe masterstvo: ma-

тво: матер. II междунар. науч. конф. (Москва, декабрь, 2012). М.: Буки-Веди, 2012.

16. Федоров С.Е. Психологические и педагогические аспекты проведения компьютерного тестирования студентов. Оценка качества образования при реализации компетентностного подхода URL : <http://www.masters.donntu.edu.ua/2008/mech/odinokova/library/1.htm>

17. Михайленко Т.С. Компетентностный подход в оценивании качества результатов обучения студентов // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014. No. S22. С. 51–55.

18. Рыбанов А. Методика оценки и анализа уровня сформированности компетенций по результатам прохождения производственной практики // Педагогические измерения. 2015. No. 1. С. 75–85.

19. Фомин Н.В. Технология разработки требований к результатам образования в контексте ФГОС ВПО // Стандарты и мониторинг в образовании. 2013. No. 4(91). С. 24.

20. Пашкевич А.В. Создание системы оценивания ключевых компетенций учащихся массовой школы: монография. М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. С. 13.

21. Кайкова Л.В., Евстафьева А.В., Тихомирова Л.Ф. Социально-психологические предпосылки успеваемости студентов // Ярославский педагогический вестник. 2011. No. 3. Т. II (Психолого-педагогические науки). С. 55.

ter. II mezhhdunar. nauch. konf. (Moscow, December, 2012). M.: Buki-Vedi, 2012. (In Russ.)

16. Fedorov S.E. Psikhologicheskie i pedagogicheskie aspekty provedeniya komp'yuternogo testirovaniya studentov. Otsenka kachestva obrazovaniya pri realizatsii kompetentnostnogo podkhoda URL : <http://www.masters.donntu.edu.ua/2008/mech/odinokova/library/1.htm> (In Russ.)

17. Mikhailenko T.S. Kompetentnostnyi podkhod v otsenivani kachestva rezul'tatov obucheniya studentov // Nauchno-metodicheskii elektronnyi zhurnal «Kontsept». 2014. No. S22. P. 51–55. (In Russ.)

18. Rybanov A. Metodika otsenki i analiza urovnya sformirovannosti kompetentsii po rezul'tatam prokhozheniya proizvodstvennoi praktiki // Pedagogicheskie izmereniya. 2015. No. 1. P. 75–85. (In Russ.)

19. Fomin N.V. Tekhnologiya razrabotki trebovani k rezul'tatam obrazovaniya v kontekste FGOS VPO // Standarty i monitoring v obrazovanii. 2013. No. 4(91). P. 24. (In Russ.)

20. Pashkevich A.V. Sozдание sistemy otsenivaniya klyuchevykh kompetentsii uchashchikhsya massovoi shkoly: monografiya. M.: ITs RIOR: NITs Infra-M, 2013. P. 13. (In Russ.)

21. Kaikova L.V., Evstaf'eva A.V., Tikhomirova L.F. Sotsial'no-psikhologicheskie predposylki uspevaemosti studentov // Yaroslavskii pedagogicheskii vestnik. 2011. No. 3. T. II (Psikhologopedagogicheskie nauki). P. 55. (In Russ.)

Сведения об авторах

Лидия Александровна Макушкина

Волжский политехнический институт, (филиал)
Волгоградского государственного технического
университета, Волжский, Россия
Эл. почта: makushkina.la@yandex.ru

Марина Викторовна Фадеева

Волжский политехнический институт, (филиал)
Волгоградского государственного технического
университета, Волжский, Россия
Эл. почта: fadeeva2001@rambler.ru
Тел.: 8 (988) 015-38-51

Information about the authors

Lidiya A. Makushkina

Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of Volgograd
State Technical University,
Volzhsky, Russia
E-mail: makushkina.la@yandex.ru

Marina V. Fadeeva

Volzhsky Polytechnic Institute (branch) of Volgograd
State Technical University,
Volzhsky, Russia
E-mail: fadeeva2001@rambler.ru
Tel.: 8 (988) 015-38-51

Использование игровых образовательных технологий в системе обучения русского как иностранного языка в современном вузе

В соответствии с Государственным образовательным стандартом РФ основными целями преподавания русского языка как иностранного (РКИ) являются развитие коммуникативных навыков, навыков самостоятельной работы, изучение нейтрального и научного стилей речи, формирование мотивации к обучению, создание условий для появления личностной психологической установки, подготовка к дальнейшему обучению в российском вузе, сдача сертификационных и квалификационных экзаменов, адаптация к проживанию в России. Одним из перспективных трендов в обучении иностранным языкам является применение обучающих компьютерных игр. На сегодняшний момент игровые технологии для изучения РКИ реализованы в ряде десктопных и мобильных приложений, однако все они предназначены для изучения русского языка как дисциплины, и не ориентированы на адаптацию иностранных студентов, прибывших в новую языковую среду.

В статье описана обучающая компьютерная игра для обучения РКИ с погружением в виртуальную языковую среду в условиях различных жизненных ситуаций. Игра состоит из семи уровней, каждый уровень включает несколько разделов, посвященных конкретной жизненной ситуации, с набором заданий возрастающей сложности на перевод или правильное написание слов, словосочетаний или предложений. Для каждого варианта задания разработаны шаблоны с пустыми текстовыми полями и реализованы функции, импортирующие нужные именно для этого задания файлы с данными и выводящие данные на экран. Такое решение позволяет использовать один и тот же шаблон несколько раз для однотипных заданий или для загрузки в текстовые поля разных файлов, в зависимости от количества попыток игрока. Разработаны базы заданий, сценарии уровней и графический контент каждого раздела. Каждому уровню сопоставлен игровой персонаж, сопровождающий игрока и помогающий ему выполнять задания.

Игрок может выбирать персонажа, а также выбирать разделы и просматривать результаты прохождения заданий игроком, как поэтапно, так и в целом по разделам игры.

Все задания игры зашифрованы, варианты ответов при повторном прохождении уровня перемешиваются случайным образом. Информационное наполнение игры отделено от программного кода: все сценарии и уровни (в том числе фоны и изображения персонажей) располагаются в файлах в каталоге игры. Движок игры реализован в виде Веб-приложения, требующего наличие браузера у пользователя.

В текущей версии игры реализован первый уровень, включающий такие типы игровых заданий, как сортировка слов по двум группам по критерию, подстановка правильного предлога и подбор правильного окончания или склонения. Например, в раздел «Мой город» каждое задание включает три блока: лексика по заданной теме, грамматика отрабатываемого падежа и текст или упражнение, в которых присутствуют глаголы, используемые с этим падежом.

На этапе разработки интерфейса проведено его тестирование на целевой группе иностранных студентов, обучающихся в Волгоградском Государственном техническом университете (ВолГТУ). В настоящее время текущая версия игры применяется в ВолГТУ для тренировки языковых навыков, подготовки к зачётам и экзаменам по русскому языку, и для улучшения разговорной лексики иностранных студентов. Агрегированные результаты применения игры будут использоваться для оценки эффективности предложенной технологии обучения РКИ и разработки следующих уровней игры.

Ключевые слова: игра, русский как иностранный, РКИ, шаблон задания, карта уровней, веб-приложение.

Anna V. Matokhina, Natal'ya V. Kharlamova, Ol'ga A. Shabalina, Evgeniy A. Kulikov

Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia

Using digital game-based technologies in a system of studying russian as a foreign language in modern university

According to the State Educational Standard of the Russian Federation, the main objectives of teaching Russian as a foreign language are training communication and independent working skills, learning neutral and scientific styles of speech, motivating to study at Russian universities, preparing to pass certification and qualification examinations, adapting to live in Russia, etc. One of the promising trends in teaching foreign languages is the use of educational computer games. By now, digital game-based technologies for studying Russian as a foreign language have been implemented in a number of desktop and mobile applications, however, they are all intended for teaching Russian language as a discipline, and are not focused on adapting international students who have come to a new language environment.

In this article, a learning game is presented for studying Russian as a foreign language with immersing a user into a virtual language environment in

different life situations. The game includes seven game levels; each level consists of several sections, devoted to a specific real life situation with a set of assignments of increasing complexity for writing or translating some words, phrases or sentences. For each type of assignment a template with empty text fields is used, for importing files with corresponding data and their on-screen display special functions are implemented. Such approach allows to use the same template several times for the same type of assignment or to load different files for filling out the assignment text fields, depending on the number of player's attempts. The database of tasks, level scripts and graphical content for each section are developed. Each level is matched with a game character, accompanying the player and helping him to complete the assignments. The player can choose a character, and choose any section of the level. The assignments are stored in a coded format, for uploading files with data matched to certain assignments, special functions are developed allowing to use

the same template several times for the same type of tasks or to load different files into the text fields, depending on the number of the player's attempt. Game code is separated from game content: scripts and levels (including backgrounds and character images) are stored in corresponding files in the game directory. In the current version of the game, the first level has been implemented, including such types of assignments as sorting words by two groups by criteria, substituting the correct preposition and selecting the right ending or declination of the word.

The game interface was designed using iterative testing on the target group of international students of Volgograd State Technical University

(VSTU). At present, the current version of the game is used in VSTU for training the Russian language skills, preparing for Russian language tests and exams, to improve the conversational vocabulary of international students. The aggregated results of the game application will be used to evaluate the effectiveness of the proposed technology of teaching Russian as a foreign language and to develop the next levels of the game.

Keywords: educational game, Russian as a foreign language, assignment template, level map, web application.

Введение

Болонское соглашение во многом изменило подход к системе высшего профессионального образования в России, и сейчас наше образование находится на пути реформирования и совершенствования. С одной стороны, вхождение России в мировое образовательное пространство, с другой стороны, развитие академической мобильности студентов, увеличивают приток иностранных граждан, желающих получить российское образование, в том числе и в ВолгГТУ. На сегодняшний момент в ВолгГТУ ежегодно обучение русского как иностранного проводится для студентов из таких стран как Китай, Ирак, Сирия, Иордания, Палестина, Афганистан, Египет, Сенегал, Кот-д'Ивуар, Нигерия, Конго, Гвинея-Бисау и других стран мира. Повышение качества подготовки будущих иностранных специалистов по русскому языку как иностранному при постоянно возрастающем объеме учебного материала и прежних, или даже сокращённых сроках обучения, вузовская педагогика и психология связывают с оптимизацией и интенсификацией учебного процесса.

Образовательные программы для иностранцев также претерпевают изменения в сторону уменьшения аудиторных занятий и увеличения часов, связанных с организацией самостоятельной работы студентов. В связи с этим, учебная программа содержит такие направления деятельности преподавателя, которые пре-

дусматривают формирование у студентов навыков самостоятельной работы, в том числе и с использованием ИКТ.

Особенностью преподавания русского как иностранного (РКИ) в ВУЗе является необходимость обучения «с нуля» и отбора лексического и грамматического минимума и последовательности изложения материала с учетом необходимости пребывания в новой культурной и языковой среде. Перед преподавателем стоят важные задачи, такие как: помощь в адаптации в новом для студента-иностранца социуме, обеспечение такими знаниями по русскому языку, которые не только помогут преодолеть языковые трудности в бытовых ситуациях, но и получить знания по предметам технических специальностей. Особенно актуальным становится вопрос о необходимости создания условий для развития познавательных интересов, творческого потенциала учащихся. Таким образом, основными целями преподавания РКИ являются приобретение коммуникативных навыков у студентов, навыков самостоятельной работы в изучение нейтрального и научного стилей речи, формирование мотивации к обучению (поиску информации), создание условий для появления личностной психологической установки, подготовка к дальнейшему обучению в российском вузе, сдача сертификационных и квалификационных экзаменов, адаптация к проживанию в России, и т.д.

Успешность обучения иностранного гражданина в российском вузе во многом определя-

ется качеством до-вузовской подготовки студента. Практика обучения иностранных граждан на подготовительных факультетах вузов России показывает, что указанные цели достигаются посредством решения следующих задач:

- разработка игр, тренингов, видео-кейсов и других игровых технологий наряду с традиционными заданиями,

- представление учебного материала с использованием современных информационно-коммуникационных технологий, что мотивирует учащихся к самостоятельному обучению и получению учебной информации как по русскому языку, так и по языку технических специальностей;

- создание учебного материала, обеспечивающего социальную и культурную адаптацию иностранного учащегося.

Учебная работа с иностранными студентами учитывает трехуровневую модель обучения (приобретение – демонстрация – применение), которая используется в каждом информационно-тематическом блоке.

Первый этап (приобретение) предполагает традиционные методы обучения, когда преподаватель доносит до учащегося и студента новый лексико-грамматический материал.

На дальнейших этапах (демонстрация и применение) реализация этой модели происходит с помощью интерактивного обучения, при котором обучаемые побуждаются к такой деятельности, которая требует самостоятельного поиска информации. Тут уместно использование разнообразных

игротехнических и мультимедийных средств.

Игровые технологии в обучении активно используются при преподавании РКИ.

На сегодняшний момент игровые технологии для изучения РКИ реализованы в таких системах как «1С: Репетитор. Русский как иностранный» [1], а также ряд мобильных приложений: «Уроки русского», «Изучение русского языка» и др. Однако, как отмечалось выше, следует учитывать специфику преподавания РКИ для прибывших в новую языковую среду студентов.

Далее в качестве примера, демонстрирующего принципы реализации трехуровневой системы обучения РКИ, приводится созданная коллективом авторов игра «Мой город». Она является частью системы игротехнических и мультимедийных материалов, направленных на решение как привыкания к новым условиям жизни в незнакомом для студента-иностранца социуме, так и академической адаптации. Так, игра учитывает запросы учащихся, способствует развитию мотивации студентов-иностранцев, и отвечает необходимой методической направленности и реализации целевых установок, перечисленных выше.

1. Описание игры для изучения РКИ

Изучение материала в игровой форме связано с возможностью обучающегося ассоциировать себя с персонажем, но при этом полностью отсутствует внешнее давление и стресс, которые человек может испытывать, например, в быту, при попытке говорить на чужом языке с носителем, который не может понять плохо сформулированную речь.

При обучении РКИ, в игровой форме, предполагается соблюдение следующих требований:

1. Игрока необходимо ассоциировать с одним из персонажей. Возможность такой «кастомизации» личности в игре помогает установить психологическую связь с обучающимся, стимулируя его на погружение. Очень важно на этом этапе проработать легенду персонажа. Чем ближе характер и история персонажа для игрока – тем выше интерес.

2. Необходимо проработать ситуации, которые чаще всего могут возникнуть в жизни обучающегося. Такие стандартные ситуации, как поход в магазин или прогулка, сразу создают в памяти человека логические цепочки, связанные с его опытом. Игрок, зная, как бы он поступил, и что бы он сказал на своём родном языке, гораздо лучше будет ориентироваться в иностранном окружении (при условии малого количества традиционных отличий между носителем родного и иностранного языка).

3. Задания необходимо формулировать таким образом, чтобы сохранялся баланс между необходимостью использовать наработанный словарный запас (из учебных курсов и предыдущих уровней) и необ-

ходимость логически думать, совершая в игре то или иное действие.

4. Так как игра, прежде всего, обучающая – в каждом задании должна быть предусмотрена возможность подсказки (не обязательно прямой) или возможность повторить те или иные правила (ссылки на них), связанные с решением данного задания.

5. Одно из основных правил проектирования как развлекательных игр, так и игрофицированных тренажёров – аркадный момент, позволяющий, в соревновательной форме стимулировать игрока на наиболее успешное прохождение уровней. Это включает в себя систему очков, рекордов, достижений и, возможно, награду за идеальное прохождение задания. При этом возможен вариант снижения количества очков за использование подсказок или пропуск уровней.

При правильном подходе разработчиков к реализации каждого из этих этапов, игроку будет интересно играть, а значит и результат от такого способа обучения значительно выше.

Так же очень важная деталь игрофицированных трена-



Рис. 1. Диаграмма использования игры для изучения РКИ

жёрв — визуальная составляющая. Игра должна вызывать симпатию к внешнему виду, а также должна реализовывать качественную обратную связь с игроком при взаимодействии с интерактивными элементами. Помимо анимаций при наведении курсора или клика по определённым элементам стоит брать во внимание и аудио-составляющую игры: некоторые события должны отвечать звуковыми сигналами, а к своей игре можно подобрать подходящую фоновую музыку — с хорошим аудио-рядом человек будет стремиться как можно дольше оставаться в игре.

Опыт преподавания РКИ показал, что для адаптации студента к проживанию на территории России в первую очередь следует изучать специфику проживания в городе пребывания. В текущей версии игры «Мой город», присутствует раздел «Экскурсия», в котором демонстрируются основные достопримечательности и история Волгограда, в адаптированном варианте. Это сделано с целью культурной ассимиляции в новой для студента среде.

Как видно из рис. 1, игра позволяет не только проходить по различным уровням, но и выбирать персонажа для прохождения, а также выбирать разделы и просматривать результаты прохождения заданий игроком, как поэтапно, так и в целом по разделам игры. Зная прозорливость студентов и быструю их адаптацию к новым информационным технологиям задания игры шифруются, варианты ответов при повторном прохождении уровня перемешиваются случайным образом.

Наполнение базы заданий осуществлялось на кафедре русского языка факультета подготовки иностранных специалистов ВолгГТУ.

Приложение написано на PHP 7.0 (HTML/CSS/JS) без



Рис. 2. Шаблон задание «Грамматика»



Рис. 3. Шаблон задания «Лексика»



Рис. 4. Шаблон «Работа с текстом»



Рис. 5. Шаблон «Лексика» второй тип



Рис. 6. Шаблон «Грамматика» второй тип



Рис. 7. Шаблон «Грамматика» третий тип

сторонних фреймворков и использует браузер пользователя для ввода\вывода данных. Для работы не требуется СУБД, но необходим веб-сервер с поддержкой mod_php (Apache/NGINX).

Для каждого варианта задания в игре разработаны шаблон с пустыми текстовыми полями (рис. 2–7). Разработаны функции, импортирующие нужные именно для этого задания файлы и выводящие данные на экран [2]. Это позволяет использовать один шаблон несколько раз для однотипных заданий (поставить слово в нужном падеже) или для загрузки в текстовые поля разных файлов, в зависимости от номера попытки игрока.

Фрагмент сценария работы игры приведен в таблице 1, иллюстрации к сценарию игры приведены на рисунках 8–12.

Игрок выполняет задания, нажимая на кнопки (стрелки),

указывающие на один из вариантов ответа.

База уровней игры и вопросов ответов хранится в папке приложения.

Задания хранятся в папках (по разделам), в отдельных подкаталогах, пронумерованных от 0 до N. В каждом каталоге находится файл «task.json» с описанием типа задания, файл «quest.json» с вопросами и ответами и, по необходимости, подпапка «assets» с изображениями.

Правильность ответа регламентируется в импортируемом файле с помощью чисел. В заданиях, где один правильный ответ — правильному ответу соответствует единица, а ошибочному — ноль. В задании, где нужно распределить объекты на две группы единица означает, что объект принадлежит к левому столбцу, а ноль — к правому. В заданиях, где нужно соотнести слова с картинками, картин-

Фрагмент сценария игры: стартовая страница, выбор персонажа и история персонажа

Номер экрана	Название	Происходящее
Стартовая страница, выбор персонажа и история персонажа		
1	Стартовая страница	Пользователь, запустив игру, видит её заголовок, фон в виде карты Российской Федерации окрашенной в цвета флага и стоящих на ней людей разных рас и национальностей. Снизу экрана присутствует кнопка с надписью «Играть»
2	Выбор персонажа	Пользователь видит заголовок «Выбор персонажа». На экране расположены три девушки — представительницы разных культур. Пользователю необходимо нажать на понравившегося персонажа, чтобы выбрать ее.
3	История о выбранном персонаже	Пользователь видит выбранного персонажа и небольшой текст о нем, расположенный в диалоговом облаке. Снизу присутствует кнопка «Далее»
Начало путешествия «Мой город» и выполнение задания по лексике в разделе «Супермаркет»		
4	Начало путешествия «Мой город»	Выбранный персонаж сообщает игроку, что приехал в Волгоград. Пользователь узнает, что первый раздел — «Супермаркет». Также пользователю дается возможность пропустить первый раздел.
5–14	Задание по лексике в разделе «Супермаркет»	Пользователь видит список продуктов по центру экрана. Одно название из списка выделено зеленым цветом. Слева расположена продуктовая корзина «овощи», справа — «фрукты». На корзины указывают стрелки. При распределении первого продукта, он потухает и зеленым цветом загорается следующий. Снизу присутствуют кнопки «Пропустить задание», «Подсказка», «Заново»
15	Получение подсказки	Подсказкой является перевод всех названий продуктов из задания на английский язык.
16	Результат выполнения задания по лексике в разделе «Супермаркет»	Пользователь видит число правильно распределенных продуктов. Если пользователь набрал достаточно правильных ответов — ему предлагается перейти к следующему заданию, если нет — игроку предлагается попробовать еще раз.
17–19	Задания по грамматике в разделе «Супермаркет»	Игрок видит фразу, которую необходимо закончить, выбрав последнее слово в нужном падеже.
20	Подсказка для задания по грамматике в разделе «Супермаркет»	Подсказкой являются таблицы, объясняющие правильные окончания и формы местоимений для родительного падежа.
21	Результат выполнения задания по грамматике в разделе «Супермаркет»	Пользователь видит число правильных ответов. В зависимости от результата на экране присутствуют веселые или грустные смайлики. Если пользователь набрал достаточно правильных ответов — ему предлагается перейти к следующему заданию, если нет — игроку предлагается попробовать еще раз.
22–36	Задание по обработке текста в разделе «Супермаркет»	Игрок видит в верхней части экрана текст, в котором часть слов стоит в скобках. Текущее слово, форму которого необходимо выбрать, выделено зеленым цветом. Выбирая формы слов, игрок собирает текст. Пройти дальше, не выбрав правильную форму — нельзя, появляется надпись «ошибка», переход происходит только при выборе правильного варианта. Снизу присутствуют кнопки «Пропустить задание» и «Заново».

ки пронумерованы и в текстовом файле содержится номер картинки, подходящей к данному слову.

В каждом разделе находится файл «level.json» с названием и описанием уровня, а также фоновое изображение.

В корне приложения находится «map.json», в котором расписана карта уровней, с порядком заданий и переходом между ними.

При нажатии на кнопку вызывается функция определения правильности ответа и перехода на следующий экран.

Предлагаются следующие типы заданий:

— сортировать продукты по типам (например, фрукты: яблоки, апельсины и др.; овощи: огурцы, помидоры и др.),

— поместить предмет в соответствии со значением предлогов (например, в столе, на столе и др.),

— выбрать правильный вариант окончания (например, формы падежа, личные окончания глаголов и др.),

— дополнить текст словами в правильном падеже и с правильными предлогами,

— сопоставить существительные предмету или профессии.

К каждому блоку прикрепляется система подсказок, которая состоит из таблиц. В таблицах представлены: предложно-падежная система, связанная с образованием в речи падежных форм, а также таблицы, демонстрирующие глаголы к конкретному падежу и др.

На всех этапах каждого блока, в каждом разделе игры присутствует кнопка «Заново». Для каждого блока реализована функция, обрабатывающая нажатие этой кнопки. При нажатии кнопки в большинстве разделов происходит не просто возврат к началу блока, но и обновление задания (перестановка вариантов ответа).

2. Пример работы игры для изучения РКИ

В начале игры пользователю предоставляется возможность выбрать персонаж и ознакомиться с историей выбранного персонажа. Экранные формы начала игры показаны на рис. 8–11.



Рис. 8. Стартовая страница игры



Рис. 10. Страница истории персонажа



Рис. 9. Страница выбора персонажа игры



Рис. 11. Заставка раздела «Мой город»



Рис. 12. Задания в разделе «Супермаркет: Лексика»



Рис. 13. Задания при повторе

Выбрав персонажа, пользователь приступает к выполнению заданий выбранного раздела.

В игре «Мой город» каждый раздел включает три блока заданий: лексика по заданной теме, грамматика отрабатываемого падежа и текст или упражнение, в которых присутствуют глаголы, используемые с этим падежом.

В первых пяти разделах из шести присутствуют блоки с заданиями по лексике, грамматике и обработке текста. Заключительный, шестой раздел имеет особое задание.

Рассмотрим задания по первому разделу — Супермаркет».

В задание по лексике игроку предлагается отсортировать продукты на овощи и фрукты (рис. 12). При нажатии кнопки

«Заново» игрок видит тот же список продуктов, но в другом порядке (рис. 13).

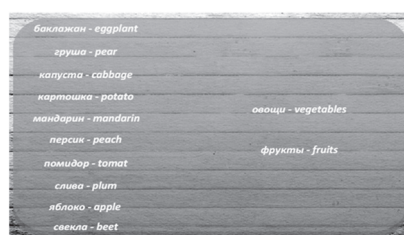


Рис. 14. Подсказка в разделе «Супермаркет: Лексика»



Рис. 16. Пример страницы результата прохождения раздела. Отрицательный пример

Игрок может воспользоваться подсказкой — переводом названий всех продуктов на английский язык (рис. 14, 15).

После завершения каждого блока заданий, на экран выводится результат. В зависимости от набранных баллов, игрок может перейти к блоку грамматики, либо пройти задание по лексике заново (рисунок 16, 17).

Заключение

Игра «Мой город» входит в систему игр, имеющих следующие тематические блоки: «Мой город», «Русская культура», «Великие русские ученые», «Великие русские писатели», «Великие русские деятели искусств» и др. Эти Тематические блоки направлены в большей степени на социальную адаптацию иностранных студентов. В настоящее время разработан прототип игры «Мой город», включающей шесть разделов: «Супермаркет», «Поликлиника», «Университет», «Банк», «Общежитие», «Столовая». Каждый раздел содержит задания по грамматике, лексике и обработке текста. В настоящее время игра находится на стадии тестирования на целевой группе студентов подготовительного факультета, начинающих изу-

Именительный падеж кто? что?	Творительный падеж (с) кем? чем?
Я	(с) мной
Ты	(с) тобой
Он	(с) им
Она	(с) ней
Мы	(с) нами
Вы	(с) вами
Они	(с) ними

Рис. 15. Фрагмент подсказки в разделе «Столовая: Грамматика»

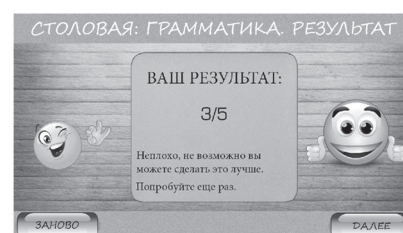


Рис. 17. Результат прохождения задания. Положительный пример

чать РКИ в ВолгГТУ. Предполагается применять игру после прохождения студентами учебника [5], который обеспечивает подготовку в объеме Государственного стандарта элементарного уровня обучения, для контроля полученных знаний. По результатам тестирования концепция игры будет доработана и начнется реализация ее полнофункциональной версии.

Дальнейшее развитие системы идет по следующим направлениям:

1) подготовка материалов к лексическим темам первого сертификационного уровня и добавление таких разделов, как:

— Биография ученого;

— Биография деятеля искусства;

— Система образования в вашей стране;

— Наука;

— Увлечения молодежи и т.д. и реализация их в аудио и видеоматериалах.

2) работа над созданием видео-уроков по чтению.

С целью академической адаптации к обучению в российском вузе преподавателями кафедры русского языка ведется работа:

3) по подготовке тренажеров и тестовых материалов к урокам научного стиля речи для студентов инженерных специальностей;

4) по систематизации материалов по подготовке к написанию курсовых работ.

Таким образом, рассмотренные выше содержательно-организационные решения в обучении иностранных студентов в современном российском вузе представляют примеры конкретной реализации системы формирования мотивов, ориентированных на формирование навыков и личных качеств, составляющих основу профессиональной коммуникативной компетенции личности современного студента-иностранца. Они направлены на формирование у студентов навыков свободной коммуникации, что в итоге приводит к формированию новых черт языковой личности. Это позволяет не только развивать «языковую компетентность» (термин предложен в [4]) и способность строить речевое высказывание с применением грамматических конструкций, но и способность к свободной коммуникации, основанной на умении улавливать и осмысливать ключевые моменты беседы, диалогов и монологов на учебно-профессиональные темы, а также способствуют выражению своей мысли в доступной для понимания собеседника форме. Трехуровневая система преподавания как нейтрального, так и научного стилей речи реализуется во всех перечисленных направлениях методической деятельности преподавателя РКИ. При такой системе, у студента

происходит интеграция ранее полученных знаний и умений с теми, которые добываются в данный момент, с одновременным автозакреплением ранее полученных; проявляется устойчивый интерес к деятельности; используются умения творческого характера.

Преимущества интенсивных интерактивных технологий перед традиционным обучением очевидны. Данная форма организации учебного процесса наполнена обратной связью, способствует большей вовлеченности участников урока в процесс обучения, побуждает всех студентов к неподготовленной, спонтанной речевой активности. Этот подход порождает у обучаемых навыки к свободной коммуникации (не только в учебной ситуации), снимает присущий многим студентам страх перед выходом в свободную речь. В итоге все вышеперечисленное приводит к формированию новых черт языковой личности. Это не только языковая компетентность и способность строить речевое высказывание с применением грамматических конструкций, но и способность к свободной коммуникации, основанной на умении улавливать и осмысливать важные моменты беседы, диалога, способность выражать свои мысли в доступной пониманию собеседника форме.

Литература

1. Румянцева Н.М., Царева Н.Ю. 1С: Репетитор. Русский как иностранный. CD. 2005.
2. А.В. Матохина, Н.В. Харламова, О.А. Шабалина, Е.В. Тюменцева, Е.К. Угновенок. Применение игровых технологий для преподавания русского языка как иностранного в вузе // Известия ВолгГТУ. Волгоград. 2017. Сер. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. No. 1 (196). С. 83–89.
3. Государственный образовательный стандарт по русскому языку. Элементарный уровень. Базовый уровень. 1, 2, 3, 4 сертификационные уровни. М.: СПб. 1999 – 2000.

References

1. Rumyantseva N.M., Tsareva N.Yu. 1S: Repetitor. Russkii kak inostranniy. SD. 2005. (In Russ.)
2. A.V. Matokhina, N.V. Kharlamova, O.A. Shabalina, E.V. Tyumentseva, E.K. Ugnovenok. Primenenie igrovykh tekhnologii dlya prepodavaniya russkogo yazyka kak inostrannogo v vuze. Izvestiya VolgGTU. Volgograd. 2017. Ser. Aktual'nye problemy upravleniya, vychislitel'noi tekhniki i informatiki v tekhnicheskikh sistemakh. No. 1 (196). P. 83–89. (In Russ.)
3. Gosudarstvennyi obrazovatel'nyi standart po russkomu yazyku. Elementarnyi uroven'. Bazovyi uroven'. 1, 2, 3, 4 sertifikatsionnye urovni. Moscow: SPb. 1999–2000. (In Russ.)

4. Лингводидактическая программа по русскому языку как иностранному: Элементарный уровень. Базовый уровень. Первый сертификационный уровень / учебное пособие. М.: РУДН. 2010.
5. *Ионкина Е.С.* Экспериментальное исследование факторов и условий формирования профессионально-языковой компетентности. Изв. Вологogr. гос. пед. ун-та. 2012. Сер. Педагогические науки. No. 1 (65). С. 50–53.
6. Дорога в Россию. Учебник русского языка (элементарный уровень). 2-е изд., испр. М.: ЦМО МГУ им. М.В. Ломоносова. СПб.: Златоуст. 2003. 344 с.
7. *Шабалина О.А.* Применение компьютерных игр для обучения разработке программного обеспечения // Открытое образование. 2010. No. 6. С. 19–26.
8. *Парыгин Д.С.* Модель интеркоммуникационной системы обеспечения потребностей жителей города // Известия Волгоградского государственного технического университета. межвуз. сб. науч. ст. ВолгГТУ. 2013. Сер. Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в технических системах. Вып. 17. No. 14 (117). С. 90–95.
9. *Шабалина О.А., Воробкалов П.Н., Катаев А.В.* 3I-подход к разработке компьютерных игр для обучения техническим дисциплинам // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2011. No. 4. С. 45–51.
10. *Крючкова Л.С., Н.В. Мощинская.* Практическая методика обучения русскому языку как иностранному: учебное пособие. М.: Флинта. Наука. 2011.
11. *Новикова О.А., Сурыгин А.И., Чайкина Т.А.* Методическое обеспечение самостоятельной работы иностранных студентов предвузовского этапа обучения // Международное сотрудничество в образовании: Материалы IV Международной научно-практической конференции. Ч.2. СПб.: Изд-во СПбГПУ. 2004. 300 с.
12. *Харламова Н.В., Филимонова Н.Ю., Горьковская В.Д.* Значение ролевых игр при обучении русскому языку как иностранному // Актуальные вопросы профессионального образования. 2013. Т.10. No. 13 (116). С. 152–154.
13. *Серова Л.К.* Компьютерные технологии на начальном этапе преподавания РКИ // Традиции и новации в профессиональной деятельности преподавателя русского языка как иностранного: Учебная монография // Под общей ред. С.А. Хаврониной, Т.М. Балыхиной. М.: Российский Университет дружбы народов. 2002.
14. *Михайленко Т.М.* Игровые технологии как вид педагогических технологий // Педагогика: традиции и инновации: материалы Междунар. науч. конф. (г. Челябинск, октябрь 2011 г.). Челябинск: Два комсомольца, 2011. Т. I. С. 140–146. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/19/1084/>
4. Lingvodidakticheskaya programma po russkomu yazyku kak inostrannomu: Elementarnyi uroven'. Bazovyi uroven'. Pervyi sertifikatsionnyi uroven'. uchebnoe posobie. Moscow: RUDN. 2010. (In Russ.)
5. *Ionkina E.S.* Eksperimental'noe issledovanie faktorov i uslovii formirovaniya professional'no-yazykovoi kompetentnosti. Izv. Vologogr. gos. ped. un-ta. 2012. Ser. Pedagogicheskie nauki. No 1 (65). P. 50–53. (In Russ.)
6. Doroga v Rossiyu. Uchebnik russkogo yazyka (elementarnyi uroven'). Moscow: TsMO MGU im. M.V. Lomonosova. Saint Petersburg.: Zlatoust. 2003. P. 344. (In Russ.)
7. *Shabalina O.A.* Primenenie komp'yuternykh igr dlya obucheniya razrabotke programmnogo obespecheniya. Otkrytoe obrazovanie. 2010. No. 6. P. 19–26. (In Russ.)
8. *Parygin D.S.* Model' interkommunikatsionnoi sistemy obespecheniya potrebnosti zhiteli goroda. Izvestiya Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. mezhvuz. sb. nauch. st. VolgGTU. 2013. Ser. Aktual'nye problemy upravleniya, vychislitel'noi tekhniki i informatiki v tekhnicheskikh sistemakh. Iss. 17. No. 14 (117). P. 90–95. (In Russ.)
9. *Shabalina O.A., Vorobkalov P.N., Kataev A.V.* 3I-podkhod k razrabotke komp'yuternykh igr dlya obucheniya tekhnicheskimi distsiplinam. Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologii. 2011. No 4. P. 45–51. (In Russ.)
10. *Kryuchkova L.S., N.V. Moshchinskaya.* Prakticheskaya metodika obucheniya russkomu yazyku kak inostrannomu: uchebnoe posobie. Moscow: Flinta. Nauka. 2011. (In Russ.)
11. *Novikova O.A., Surygin A.I., Chaikina T.A.* Metodicheskoe obespechenie samostoyatel'noi raboty inostrannykh studentov predvuzovskogo etapa obucheniya. Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo v obrazovanii: Mater. IV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Part 2. Sankt-Peterburg: Izd-vo SPbGPU. 2004. P. 300. (In Russ.)
12. *Kharlamova N.V., Filimonova N.Yu., Gor'kovskaya V.D.* Znachenie rolevykh igr pri obuchenii russkomu yazyku kak inostrannomu. Aktual'nye voprosy professional'nogo obrazovaniya. 2013. V.10. No. 13 (116). P. 152–154. (In Russ.)
13. *Serova L.K.* Komp'yuternye tekhnologii na nachal'nom etape prepodavaniya RKI. Traditsii i novatsii v professional'noi deyatel'nosti prepodavatelya russkogo yazyka kak inostrannogo: Uchebnaya monografiya. Ed. S.A. Khavroninoy, T.M. Balykhinoy. Moscow: Rossiiskii Universitet druzhby narodov. 2002. (In Russ.)
14. *Mikhailenko T.M.* Igrovye tekhnologii kak vid pedagogicheskikh tekhnologii. Pedagogika: traditsii i innovatsii: materialy Mezhdunar. nauch. konf. (Chelyabinsk, October 2011). Chelyabinsk: Dva komsomol'tsa, 2011. V. I. P. 140–146. URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/19/1084/> (In Russ.)

15. Гренарова Р. Применение игр на уроках русского языка // Русский язык как иностранный и методика его преподавания: XXI век. МПГУ. ч. 1. 2007.

15. Grenarova R. Primenenie igr na urokakh russkogo yazyka. Russkii yazyk kak inostranniy i metodika ego prepodavaniya: XXI vek. MPGU. 2007. Part. 1. (In Russ.)

Сведения об авторах

Анна Владимировна Матохина

Кандидат технических наук,
доцент кафедры САПР и ПК
ФГБОУ ВО Волгоградский государственный
технический университет, Волгоград, Россия
Эл. почта: matokhina.a.v@gmail.com
Тел.: 8 (844) 224-81-00

Наталья Владимировна Харламова

Кандидат философских наук,
доцент кафедры Русского языка
ФГБОУ ВО Волгоградский государственный
технический университет, Волгоград, Россия
Эл. почта: gorkovskaya@mail.ru

Ольга Аркадьевна Шабалина

Кандидат технических наук,
доцент кафедры САПР и ПК
ФГБОУ ВО Волгоградский государственный
технический университет, Волгоград, Россия
Эл. почта: o.a.shabalina@gmail.com

Евгений Александрович Куликов

Бакалавр
ФГБОУ ВО Волгоградский государственный
технический университет, Волгоград, Россия
Эл. почта: f1_kulikov@mail.ru

Information about the authors

Anna V. Matokhina

Cand. Sci. (Eng.),
Associate Professor
Volgograd State Technical University,
Volgograd, Russia
E-mail: matokhina.a.v@gmail.com
Tel.: 8 (844) 224-81-00

Natal'ya V. Kharlamova

Cand. Sci. (Philosophy), Associate Professor,
Department of the Russian Language
Volgograd State Technical University, Volgograd,
Russia
E-mail: gorkovskaya@mail.ru

Ol'ga A. Shabalina

Cand. Sci. (Eng.),
Associate Professor
Volgograd State Technical University,
Volgograd, Russia
E-mail: o.a.shabalina@gmail.com

Evgeniy A. Kulikov

Bachelor
Volgograd State Technical University,
Volgograd, Russia
E-mail: f1_kulikov@mail.ru

Особенности разработки и анализа имитационной модели мультипроцессорной вычислительной системы

За последнее десятилетие мультипроцессорные системы нашли всеобщее применение в вычислительной технике. На сегодняшний день многоядерными процессорами оснащаются не только суперкомпьютеры, но и подавляющее большинство мобильных устройств, в связи с чем возникает необходимость обучения студентов основным принципам их построения и работы. Одним из возможных методов анализа функционирования мультипроцессорных систем является имитационное моделирование. Его применение способствует лучшему пониманию не только их организации, но и влияния параметров рабочей нагрузки и структуры на производительность.

В статье рассматриваются особенности разработки имитационной модели для оценки временных характеристик мультипроцессорной вычислительной системы, а также использование регенеративного метода анализа модели. В качестве рабочей нагрузки принимаются характеристики программной реализации решения обратной задачи кинематики робота. Данная задача заключается в определении разворотов в сочленениях манипулятора по известному угловому и линейному положению его схвата. Был выбран аналитический алгоритм решения задачи, а именно метод простых кинематических связей.

Работа программы характеризуется наличием распараллеленных вычислений, в ходе которых возникают ресурсные конфликты между задействованными ядрами процессора при одновременных обращениях к памяти через общую шину. В связи с высокой информа-

ционной связностью между параллельно выполняющимися потоками программы предполагается, что все процессорные ядра используют разделяемую оперативную память.

Имитационная модель учитывает вероятностные обращения к памяти и отслеживает возникающие очереди к общим ресурсам. В ходе моделирования накапливается статистика, выявляющая производительные и накладные временные затраты на выполнение программы для каждого задействованного процессорного ядра. Результаты моделирования показывают неравномерность загрузки ядер, простои в очередях к общим ресурсам и временные потери при ожидании других ядер из-за информационных зависимостей. Результаты моделирования оцениваются регенеративным методом, что позволяет определить среднее время нахождения заявок на обращение к памяти в очередях и доверительные интервалы этих значений для различных степеней доверия.

Приведённый подход к построению имитационной модели мультипроцессорной вычислительной системы и её анализ могут использоваться для анализа функционирования параллельных вычислительных систем, а также в образовательных целях для обучения студентов по курсам «Вычислительные системы» и «Имитационное моделирование».

Ключевые слова: имитационное моделирование, регенеративный метод, GPSS, разделяемая память, мультипроцессорные системы.

Oleg M. Brekhov, Galina A. Zvonareva, Vladimir V. Ryabov

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

Features of development and analysis of the simulation model of a multiprocessor computer system

Over the past decade, multiprocessor systems have been applied in computer technology. At present, multi-core processors are equipped not only with supercomputers, but also with the vast majority of mobile devices. This creates the need for students to learn the basic principles of their construction and functioning. One of the possible methods for analyzing the operation of multiprocessor systems is simulation modeling. Its use contributes to a better understanding of the effect of workload and structure parameters on performance.

The article considers the features of the development of the simulation model for estimating the time characteristics of a multiprocessor computer system, as well as the use of the regenerative method of model analysis. The characteristics of the software implementation of the inverse kinematics solution of the robot are adopted as a workload. The given task consists in definition of turns in joints of the manipulator on known angular and linear position of its grasp. An analytical algorithm for solving the problem was chosen, namely, the method of simple kinematic relations.

The work of the program is characterized by the presence of parallel calculations, during which resource conflicts arise between the processor cores, involved in simultaneous access to the memory via a common bus. In connection with the high information connectivity

between parallel running programs, it is assumed that all processing cores use shared memory.

The simulation model takes into account probabilistic memory accesses and tracks emerging queues to shared resources. The collected statistics reveal the productive and overhead time costs for the program implementation for each processor core involved. The simulation results show the unevenness of kernel utilization, downtime in queues to shared resources and temporary losses while waiting for other cores due to information dependencies. The results of the simulation are estimated by the regenerative method, which allows determining the average time spent searching for memory access in queues and the confidence intervals of these values for various degrees of trust.

The given approach to the construction of the simulation model of a multiprocessor computer system and its analysis can be used to analyze the functioning of parallel computing systems and for educational purposes for teaching students at the courses "Computer Systems" and "Simulation Modeling".

Keywords: simulation modeling, regenerative method of analysis, GPSS, shared memory, multiprocessor systems.

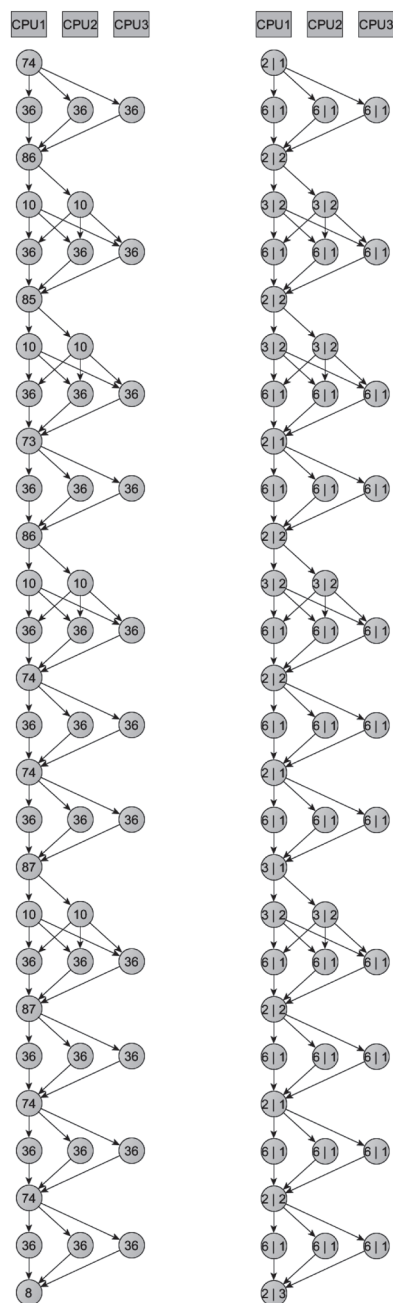


Рис. 2. Графы, показывающие последовательность выполнения линейных и распараллеленных вычислений

студентов по курсам «Вычислительные системы» и «Имитационное моделирование».

1. Особенности разработки имитационной модели мультипроцессорной вычислительной системы

При моделировании мультипроцессорной вычислительной системы в качестве рабочей нагрузки принимаются временные затраты, возника-

ющие в ходе выполнения программы, реализующей решение обратной задачи кинематики робота. Данная задача заключается в определении разворотов в сочленениях манипулятора по известному угловому и линейному положению его схвата. Был выбран аналитический алгоритм решения задачи, а именно метод простых кинематических связей [2].

Работа программы характеризуется наличием распределенных вычислений, в ходе которых возникают ресурсные конфликты между задействованными ядрами процессора при одновременных обращениях к памяти через общую шину. В связи с высокой информационной связностью между параллельно выполняющимися

потоками программы предполагается, что все процессорные ядра используют разделяемую оперативную память. Архитектура ядра мультипроцессорной вычислительной системы представлена на рис. 1.

Количество параллельно работающих процессоров зависит от конкретной реализации программы. В ходе выполнения программы постоянно задействовано только одно из процессорных ядер, а остальные подключаются только при выполнении параллельных вычислений. Предполагается, что каждое ядро выполняет только один из потоков программы. При завершении исполнения распараллеленного участка программы, основное ядро приостанавливает свою работу, до тех

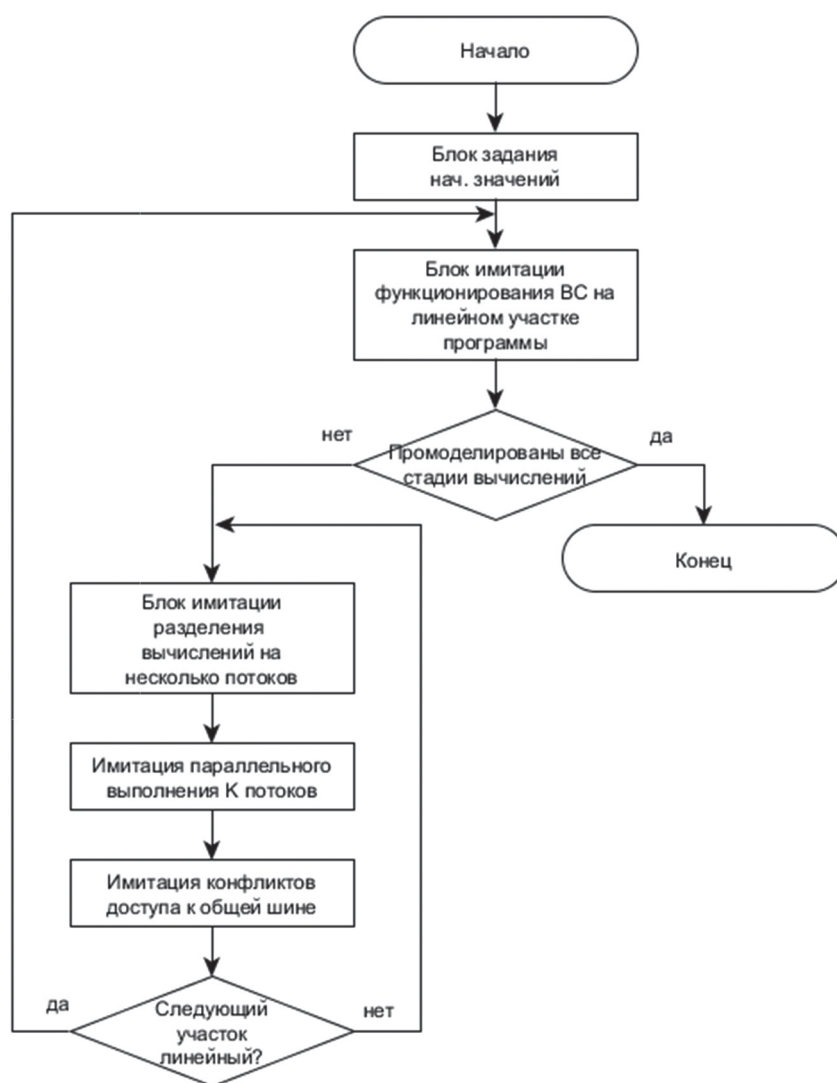


Рис. 3. Схема алгоритма функционирования имитационной модели

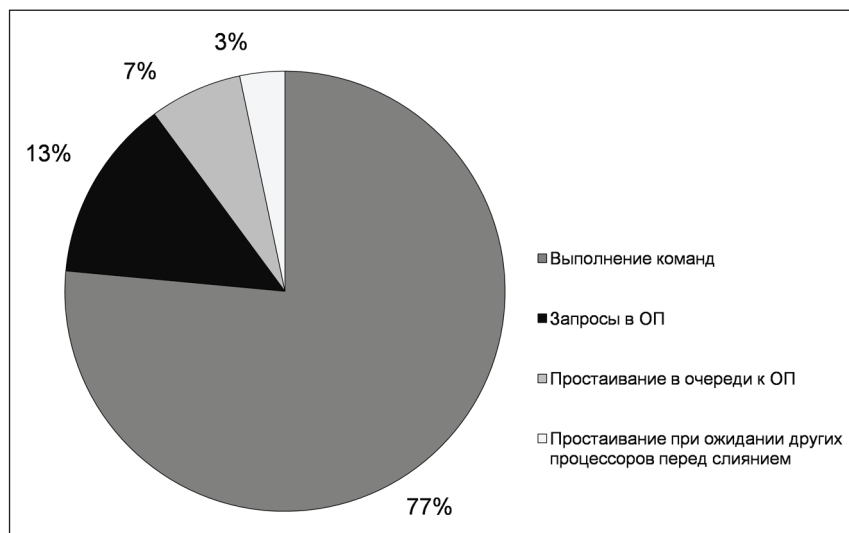


Рис. 4. Временная диаграмма работы основного процессора

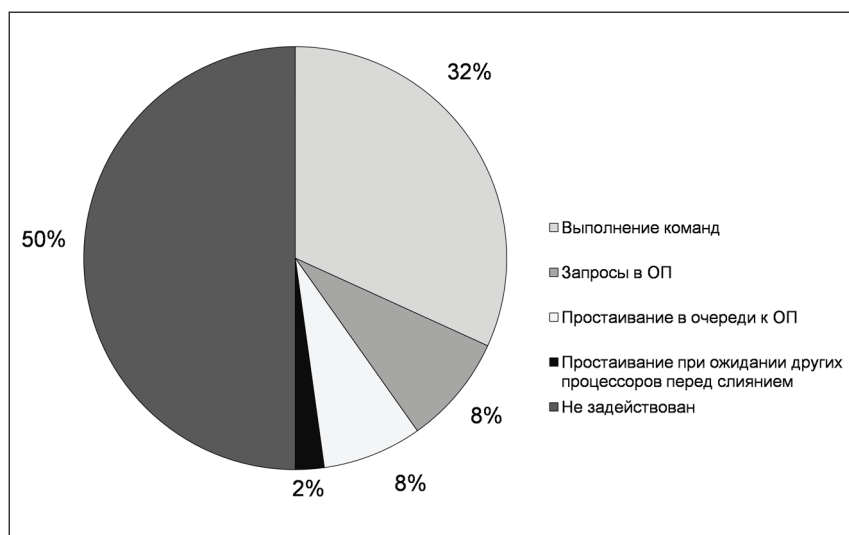


Рис. 5. Временная диаграмма работы второго процессора

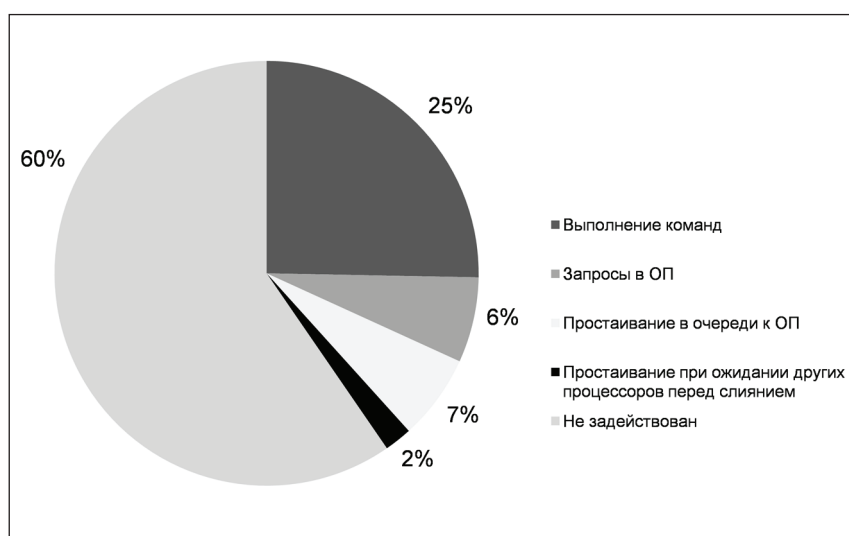


Рис. 6. Временная диаграмма работы третьего процессора

пор пока не будут завершены вычисления на остальных задействованных ядрах, что обусловлено информационными зависимостями между различными стадиями выполнения программы. Данная особенность функционирования системы приводит к дополнительным временным затратам при работе процессоров, что будет учтено при составлении имитационной модели. На рисунке 2 представлены графы, демонстрирующие следование линейных и распараллеленных участков программы, решающие обратную задачу кинематики робота. В вершинах левого графа указаны количества выполняемых процессорных инструкций на соответствующих стадиях вычислений, а правом — количества обращений к памяти в начале и конце стадий.

Данные, приведённые выше на рис. 2, легли в основу разработанной имитационной модели в виде её параметров, характеризующих рабочую загрузку мультипроцессорной системы.

Имитационная модель была написана на языке GPSS/H [3]. Составленная модель учитывает вероятностные обращения к памяти и отслеживает возникающие очереди к общим ресурсам. В ходе моделирования накапливается статистика, выявляющая производительные и накладные временные затраты на выполнение программы для каждого задействованного процессорного ядра. Результаты моделирования показывают неравномерность загруженности ядер, простои в очередях к общим ресурсам и временные потери при ожидании других ядер из-за информационных зависимостей. На рисунке 3 приводится схема алгоритма функционирования имитационной модели.

Имитационная модель использовалась для оценки времени выполнения программы на мультипроцессорной вычислительной системе с учётом

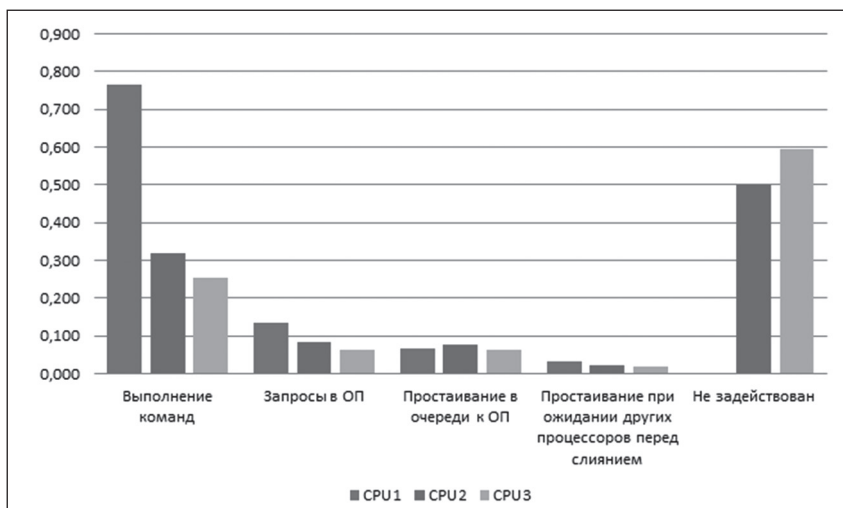


Рис. 7. Гистограмма сравнения загрузки ядер на различных стадиях выполнения программы

ресурсных и информационных конфликтов. Было установлено, что ускорение вычислений за счёт их распараллеливания сократило время работы программы на 41%.

Далее на рисунках 4, 5 и 6 приводятся диаграммы, показывающие временную загрузку процессоров, а на рисунке 7 содержится гистограмма, позволяющая сравнить их загрузку.

2. Использование регенеративного метода для анализа имитационной модели мультипроцессорной вычислительной системы

Для оценки среднего числа заявок в очередях к общей шине результаты работы модели оценивались регенеративным методом [4,5,6]. Работу составленной имитационной модели можно рассматривать как последовательность одинаково распределённых и независимых друг от друга циклов, а именно промежутков времени от возникновения очереди к общему ресурсу до её устранения. В качестве точек регенерации принимаются моменты времени разделения и объединения вычислений (транзактов) на 2 либо 3 потока. Состояние системы в точности повторяется в начале каждого

цикла. Для каждого цикла вычисляется пара величин Y_j – суммарное время нахождения транзактов в очереди к общей шине и α_j – количество транзактов на j -ом цикле. Критерий, по которому оценивается работа системы – среднее время нахождения транзакта в очереди.

Далее приводятся расчёты для случая разделения на 3 потока (формулы 1–10):

$$\text{Число циклов регенерации} \quad n := 33 \quad (1)$$

Число циклов регенерации принимается равным 33 в случае, если программа выполняется 3 раза подряд (на каждой итерации присутствует 11 участков с разделением вычислений на 3 потока).

Общее время нахождения транзактов в очереди в циклах:

$$Y := \begin{pmatrix} 121 & 132 & 163 \\ 148 & 140 & 168 \\ 147 & 149 & 132 \\ 145 & 130 & 186 \\ 132 & 120 & 157 \\ 127 & 133 & 141 \\ 158 & 143 & 132 \\ 143 & 117 & 130 \\ 125 & 122 & 135 \\ 130 & 143 & 147 \\ 178 & 130 & 144 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Количество обращений к ОП в циклах:

$$\alpha := \begin{pmatrix} 35 & 37 & 36 \\ 35 & 39 & 35 \\ 39 & 39 & 38 \\ 36 & 34 & 36 \\ 35 & 35 & 39 \\ 35 & 38 & 34 \\ 35 & 35 & 33 \\ 35 & 31 & 35 \\ 34 & 33 & 41 \\ 34 & 36 & 33 \\ 35 & 33 & 33 \end{pmatrix} \quad (3)$$

Математическое ожидание Y (среднее время нахождения транзактов в очереди в цикле):

$$\hat{Y} := \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i = 140.556 \quad (4)$$

Математическое ожидание α (среднее количество обращений к ОП):

$$\hat{\alpha} := \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i = 35.472 \quad (5)$$

Математическое ожидание $E\{Y_i\}/E\{\alpha_i\}$ (среднее время нахождения транзакта в очереди к ОП):

$$\hat{r} := \frac{\hat{Y}}{\hat{\alpha}} = 3.962 \quad (6)$$

Оценка дисперсии Y :

$$s_{11} := \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y})^2 = 263.168 \quad (7)$$

Оценка дисперсии α :

$$s_{22} := \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \hat{\alpha})^2 = 4.771 \quad (8)$$

Второй смешанный момент от (Y_j, α_j) :

$$s_{12} := \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [(Y_i - \hat{Y})(\alpha_i - \hat{\alpha})] = 11.273 \quad (9)$$

Оценка дисперсии:

$$s^2 = s_{11} - 2\hat{r}s_{12} + \hat{r}^2 s_{22} \quad (10)$$

$$s = 15.771$$

Результаты аналогичных расчётов для случая разделения на два потока приводятся ниже (формулы 11–20):

$$\text{Число циклов регенерации:} \quad n := 12 \quad (11)$$

Число циклов регенерации принимается равным 12 в случае, если программа выполняется 3 раза подряд (на каждой итерации присутствует 4 участка с разделением вычислений на 2 потока).

Общее время нахождения транзактов в очереди к общей шине в циклах регенерации:

$$Y = \begin{pmatrix} 41 \\ 41 \\ 31 \\ 22 \\ 29 \\ 22 \\ 43 \\ 46 \\ 22 \\ 22 \\ 22 \\ 22 \end{pmatrix} \quad (12)$$

Количество обращений к ОП в циклах регенерации:

$$\alpha = \begin{pmatrix} 17 \\ 20 \\ 19 \\ 20 \\ 22 \\ 19 \\ 19 \\ 20 \\ 18 \\ 22 \\ 17 \\ 19 \end{pmatrix} \quad (13)$$

Математическое ожидание Y (среднее время нахождения транзактов в очереди в цикле):

$$\hat{Y} = 30.25 \quad (14)$$

Математическое ожидание α (среднее количество обращений к ОП):

$$\hat{\alpha} = 19.333 \quad (15)$$

Математическое ожидание $E\{Y_i\}/E\{\alpha_i\}$ (среднее время нахождения транзакта в очереди к ОП):

$$\hat{\rho} = 1.565 \quad (16)$$

Оценка дисперсии Y :

$$s_{11} = 95.659 \quad (17)$$

Оценка дисперсии α :

$$s_{22} = 2.606 \quad (18)$$

Второй смешанный момент от (Y_j, α_j) :

$$s_{12} = -0.636 \quad (19)$$

Оценка дисперсии:

$$s = 10.2 \quad (20)$$

3. Оценка результатов моделирования

Анализ регенеративным методом производился с целью вычисления доверительных интервалов среднего времени пребывания заявок в очереди к общей шине при обращении к памяти для различных степеней достоверности. Доверительные интервалы вычислялись по формуле (21):

$$\hat{I} = \hat{\rho} \pm \frac{\zeta_{\delta}^2 s}{\hat{\alpha} \sqrt{n}} \quad (21)$$

где:

$$\zeta_{\delta}^2 = \Phi^{-1}\left(1 - \frac{\delta}{2}\right) \quad (22)$$

Φ^{-1} — функция стандартизованного нормального распределения.

Далее приводятся вычисленные доверительные интервалы для случая разделения на 3 потока (23–25).

Доверительный интервал при 90% уровне доверия:

$$\hat{I} = 3.962 \pm 0.095 \quad (23)$$

Доверительный интервал при 95% уровне доверия:

$$\hat{I} = 3.962 \pm 0.122 \quad (24)$$

Доверительный интервал при 99% уровне доверия:

$$\hat{I} = 3.962 \pm 0.172 \quad (25)$$

В соответствии с формулами (26–28) получены доверительные интервалы для случая разделения на 2 потока.

Доверительный интервал при 90% уровне доверия:

$$\hat{I} = 1.565 \pm 0.195 \quad (26)$$

Доверительный интервал при 95% уровне доверия:

$$\hat{I} = 1.565 \pm 0.251 \quad (27)$$

Доверительный интервал при 99% уровне доверия:

$$\hat{I} = 1.565 \pm 0.354 \quad (28)$$

Разработанная имитационная модель позволила оценить время работы мультипроцессорной вычислительной системы с учётом ресурсных и информационных конфликтов. Было установлено, что использование параллельных вычислений ускорило работу системы на 41%. Были оценены накладные временные расходы для каждого из задействованных процессорных ядер. Возникшие при одновременных обращениях к памяти через общую шину ресурсные конфликты были проанализированы регенеративным методом, с целью определения доверительных интервалов значений временных простоев заявок в очередях.

Заключение

На сегодняшний день изучение вычислительных систем немислимо без подробного ознакомления с основными принципами функционирования многоядерных процессоров. Особенности их структуры и функционирования могут быть наглядно продемонстрированы путём построения имитационных моделей.

Рассмотренная в статье модель и анализ результатов её работы наглядно демонстрируют характерные для выполнения распараллеленных вычислений проблемы, а именно ресурсные конфликты и информационные зависимости, возникающие между параллельными потоками. Эти проблемы являются основной преградой на пути развития мультипроцессорных систем, в связи с чем их изучение невозможно обойти стороной при обучении по дисципли-

нам, связанными с вычислительной техникой.

Данный материал способствует лучшему пониманию основных принципов работы мультимикросистем и

может быть использован в образовательных целях для обучения студентов по курсам «Вычислительные системы» и «Имитационное моделирование», а примененный подход к построению

имитационной модели мультимикросистемной вычислительной системы и её анализ могут использоваться для анализа функционирования параллельных вычислительных систем.

Литература

1. О.М. Брехов, Г.А. Звонарёва, А.В. Корнеев. Имитационное моделирование: учебное пособие — М.: Издательство МАИ, 2015. — 323 с.
2. Конюх В.Л., Игнат'ев Я. Б., Зиновьев В.В. Методы имитационного моделирования систем. Применение программных продуктов. Электронное изд. зарег. в Федеральном депозитарии электронных изданий, No 0320401123. Рег. свид. ФГУП НТЦ «Информрегистр» от 06.09.2004. No 4753.
3. В.А. Сигнаевский. Я.А. Коган. Методы оценки быстродействия вычислительных систем, Москва: «Наука», 1990.
4. R. Humayu, Kh. David J. Morse. System Performance Analysis: Tools, Techniques, and Methodology // Dell magazin's, 2001, Issue 3.
5. G. Latouche, V. Ramaswami, J. Sethuraman, K. Sigman, M.S. Squillante, D. Yao. Matrix-Analytic Methods in Stochastic Models. Springer Science & Business Media, 2012, 258 p.
6. A. Morecki, G. Bianchi, C. Rzymkowski. ROMANSY 11: Theory and Practice of Robots and Manipulators. — Berlin: Springer, 2014. — 432 с.
7. D. Tolani, A. Goswami, N. Badler. Real-Time Inverse Kinematics Techniques for Anthropomorphic Limbs — Philadelphia: University of Pennsylvania, 2000. — 36 с.
8. Луговской К.С., Казанин П.И. Автоматизация обратной задачи кинематики двухзвенного манипулятора. — Саратов: Институт управления и социально-экономического развития, 2016. — 8 с.
9. Волков, Н.Н. Верификация и валидация ИВС: предварительное проектирование и компьютерное моделирование информационно-вычислительных систем — М.: ТЕХПОЛИГРАФ-ЦЕНТР, 2015. — 629 с.
10. S.L. Frenkel. Performance measurement methodology -and-tool for computer systems with migrating applied software, in BRICS Notes Series, NS-98-4, pp.83-86, Aalborg, Denmark, June 1998.
11. Орлов С.А., Цилькер Б.Я. Организация ЭВМ и систем. 3-е изд. — СПб.: Питер, 2014. — 688 с.

References

1. O.M. Brekhov, G.A. Zvonaryova, A.V. Korneeva. Imitacionnoe modelirovanie: uchebnoe posobie — M.: Izdatel'stvo MAI, 2015. — 323 s.
2. Konyuh V.L., Ignat'ev YA. B., Zinov'ev V.V. Metody imitacionnogo modelirovaniya sistem. Primenenie programmnyh produktov. EHlektronnoe izd. zareg. v Federal'nom depozitarii ehlektronnyh izdanij, No 0320401123. Reg. svid. FGUP NTC «Informregistr» ot 06.09.2004. No 4753.
3. V.A. Signaevskij. YA.A. Kogan. Metody ocenki bystrodejstviya vychislitel'nyh sistem, Moskva: "Nauka", 1990.
4. R. Humayu, Kh. David J. Morse. System Performance Analysis: Tools, Techniques, and Methodology // Dell magazin's, 2001, Issue 3.
5. G. Latouche, V. Ramaswami, J. Sethuraman, K. Sigman, M.S. Squillante, D. Yao. Matrix-Analytic Methods in Stochastic Models. Springer Science & Business Media, 2012, 258 p.
6. A. Morecki, G. Bianchi, C. Rzymkowski. ROMANSY 11: Theory and Practice of Robots and Manipulators. — Berlin: Springer, 2014. — 432 с.
7. D. Tolani, A. Goswami, N. Badler. Real-Time Inverse Kinematics Techniques for Anthropomorphic Limbs — Philadelphia: University of Pennsylvania, 2000. — 36 с.
8. Lugovskoj K.S., Kazanin P.I. Avtomatizaciya obratnoj zadachi kinematiki dvuhzvennogo manipulyatora. — Saratov: Institut upravleniya i social'no-ehkonomicheskogo razvitiya, 2016. — 8 s.
9. Volkov, N.N. Verifikaciya i validaciya IVS: predvaritel'noe proektirovanie i komp'yuternoe modelirovanie informacionno-vychislitel'nyh sistem — M.: TEHPOLIGRAFCENTR, 2015. — 629 s.
10. S.L. Frenkel. Performance measurement methodology -and-tool for computer systems with migrating applied software, in BRICS Notes Series, NS-98-4, pp.83-86, Aalborg, Denmark, June 1998.
11. Orlov S.A., Cil'ker B.Ya. Organizaciya EHVM i sistem. 3-e izd. — SPb.: Piter, 2014. — 688 s.

12. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS. — М.: Бестселлер, 2003. — 416 с.
13. Axelrod T. Effects of Synchronization Barriers on Multiprocessor Performance. *Parallel Computing*, 1986, №3, p. 129–140.
14. Н.Н. Иванов, А.Ю. Игнатущенко, А.Ю. Михайлов. Статистическое Прогнозирование Времени Выполнения Комплексов Взаимосвязанных Работ в Микропроцессорных Вычислительных Системах. *Автоматика и Телемеханика*, 2005, № 6. с. 89–103.
15. Танненбаум Э., Остин Т. Архитектура компьютера. — СПб.: Питер, 2013. — 816с.
16. S.C. Allmaier, M. Kowarschik, G. Horton. State space construction and steady-state solution of GSPNs on a shared-memory multiprocessor // *Proc. 7th Int. Workshop on Petri Nets and Performance Models (PNPM'97)*, June 1997, St. Malo, France, p. 112–121.
17. Смелянский Р.Л. Об инварианте поведения программ // *Вестник МГУ, сер.15, Вычисл. матем. и киберн.*, 1990, №4, с. 54–60.
18. S.L. Frenkel. Random Summation and its Application to the Performance Modelling Computer Systems // *Proceedings of 17th European simulation multiconference ESM2003*, June, 2003, England, p. 278–283.
19. Д.В. Калинин, А.П. Капитонова, Н.В. Ющенко. Методы и средства прогнозирования времени выполнения последовательных программ. // *Методы математического моделирования МГУ*, 1997.
20. М. Крэйн, О. Лемуан. Введение в регенеративный метод анализа моделей. — М.: Наука, 1982 — 104 с.
21. Р.С. Некрасова. Регенеративное оценивание и его применение к системам с конечным буфером. Автореферат диссертации. Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра Российской академии наук. Петрозаводск, 2015. 124 с.
22. Л.В. Потахина. Анализ стационарности стохастических моделей телекоммуникационных систем методами теории восстановления. Автореферат диссертации. Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра Российской академии наук. Петрозаводск, 2015. 114 с.
12. Tomashevskij V., Zhdanova E. Imitacionnoe modelirovanie v srede GPSS. — М.: Bestseller, 2003. — 416 s.
13. Axelrod T. Effects of Synchronization Barriers on Multiprocessor Performance. *Parallel Computing*, 1986, №3, p. 129–140.
14. N.N. Ivanov, A.YU. Ignatushchenko, A.Yu. Mihajlov. Statisticheskoe Prognozirovanie Vremeni Vypolneniya Kompleksov Vzaimosvyazannyh Rabot v Mikroprocessornyh Vychislitel'nyh Sistemah. *Avtomatika i Telemekhanika*, 2005, № 6. s. 89–103.
15. Tannenbaum EH., Ostin T. Arhitektura komp'yutera. — SPb.: Piter, 2013. — 816s.
16. S.C. Allmaier, M. Kowarschik, G. Horton. State space construction and steady-state solution of GSPNs on a shared-memory multiprocessor // *Proc. 7th Int. Workshop on Petri Nets and Performance Models (PNPM'97)*, June 1997, St. Malo, France, p. 112–121.
17. Smelyanskij R.L. Ob invariante povedeniya programm // *Vestnik MGU, ser.15, Vychisl. matem. i kibern.*, 1990, №4, s. 54–60.
18. S.L. Frenkel. Random Summation and its Application to the Performance Modelling Computer Systems // *Proceedings of 17th European simulation multiconference ESM2003*, June, 2003, England, p. 278–283.
19. D.V. Kalinichenko, A.P. Kapitonova, N.V. YUshchenko. Metody i sredstva prognozirovaniya vremeni vypolneniya posledovatel'nyh programm. // *Metody matematicheskogo modelirovaniya MGU*, 1997.
20. M. Krehjn, O. Lemuan. Vvedenie v regenerativnyj metod analiza modelej. — М.: Nauka, 1982 — 104 s.
21. R.S. Nekrasova. Regenerativnoe ocenivanie i ego primenenie k sistemam s konechnym buferom. Avtoreferat dissertacii. Institut prikladnyh matematicheskikh issledovanij Karel'skogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. Petrozavodsk, 2015. 124 s.
22. L.V. Potahina. Analiz stacionarnosti stohasticheskikh modelej telekommunikacionnyh sistem metodami teorii vosstanovleniya. Avtoreferat dissertacii. Institut prikladnyh matematicheskikh issledovanij Karel'skogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. Petrozavodsk, 2015. 114 s.

Сведения об авторах

Олег Михайлович Брехов

Доктор технических наук,
заведующий кафедрой 304
Московский Авиационный Институт
(национальный исследовательский университет),
Москва, Россия
Эл. почта: obrekhov@mail.ru

Галина Александровна Звонарёва

Кандидат технических наук,
доцент кафедры 304
Московский Авиационный Институт
(национальный исследовательский университет),
Москва, Россия
Эл. почта: zvonarev@umail.ru

Владимир Вячеславович Рябов

Магистрант 2-го курса
Московский Авиационный Институт
(национальный исследовательский университет),
Москва, Россия
Эл. почта: vv.ryabov@mail.ru

Information about the authors

Oleg M. Brekhov

Dr. Sci. (Eng.), Head of department 304
Moscow Aviation Institute (National Research
University), Moscow, Russia
E-mail: obrekhov@mail.ru

Galina A. Zvonareva

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor
Moscow Aviation Institute (National Research
University), Moscow, Russia
E-mail: zvonarev@umail.ru

Vladimir V. Ryabov

Undergraduate
Moscow Aviation Institute (National Research
University), Moscow, Russia
E-mail: vv.ryabov@mail.ru

Применение инструментов для работы со знаниями в обучении на основе решения проблем: методология и ИТ-поддержка¹

Целью работы является разработка методологии применения инструментов для работы со знаниями в проблемно-ориентированном обучении, которая будет использоваться для формирования соответствующей информационно-образовательной среды. Актуальность работы обусловлена важностью проблемно-ориентированного обучения, а также возникновением множества инструментов и технологий для получения, структурирования и передачи знаний.

Традиционное образование ориентируется на передачу знаний в основном в рамках изучаемой области, однако меньше внимания уделяется развитию общих метакогнитивных способностей, в том числе решению проблем. При проблемно-ориентированном обучении получение знаний происходит за счет взаимодействия с окружающим миром и выработки собственных суждений. Эта образовательная методика известна давно, но наша цель заключается в поддержке этого процесса за счет использования инструментов для работы со знаниями на разных этапах решения проблем.

Развитие доступности информации в XXI веке обуславливает необходимость продуцирования собственных знаний в процессе обучения, а не просто передачи информации. Компьютер должен использоваться как универсальное средство для работы со знаниями, с помощью которого происходит изучение мира, получение информации, организация и структурирование своих собственных знаний и представление их другим людям. В работе приведен теоретический обзор предыдущих исследований и текущего состояния в области проблемно-ориентированного обуче-

ния и работы со знаниями. Нами исследованы инструменты по работе со знаниями на основе нескольких классификаций и выбраны наиболее подходящие из них для поддержки обучения на основе решения проблем. Предложено распределение инструментов работы со знаниями по этапам процесса решения проблем.

Нами был рассмотрен вопрос применения компьютерных средств и варианты создания информационной образовательной среды для реализации предложенных идей проблемно-ориентированного обучения и работы со знаниями. Более детально рассмотрен вариант реализации информационной образовательной среды на основе открытой системы электронного обучения MOODLE и шаблонов интеграции на примере общедоступных плагинов.

Возможности использования предлагаемого подхода продемонстрированы на реальных примерах. Демонстрация подхода включает внедрение выдвинутых предложений в курсы для школьников и студентов университета. Апробацию и предварительные результаты внедрения можно считать положительными, однако обоснование эффекта от предложенного подхода требует более полной и тщательной оценки, чему посвящены дальнейшие исследования.

Ключевые слова: обучение на основе решения проблем, инструменты знаний, инженерия знаний, технологии расширенного обучения, образовательная среда.

Dmitriy V. Kudryavtsev¹, Sergey A. Kostousov²

¹Graduate School of Management, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

²Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

Application of knowledge tools in training, based on problems' solving: methodology and it support

The development of information accessibility in the 21st century necessitates the production of own knowledge in the learning process, and not just the transfer of information. The computer should be used as a universal tool for working with knowledge, which is the study of the world, information obtaining, the organization and structuring of their own knowledge and presentation to other people.

The aim of the work is to develop a methodology for the use of tools for working with knowledge in problem-based learning, which will be used to form an appropriate information and educational environment. The relevance of the paper is due to the importance of problem-based learning, as well as the emergence of many tools and technologies for obtaining, structuring and transferring knowledge.

Traditional education focuses on the transfer of knowledge mainly in the study area, but less attention is paid to the development of common metacognitive abilities, including problems' solving. With problem-based learning, knowledge is acquired through interaction with the surrounding world and the development of one's own judgments. This educational methodology has been known for a long time, but our goal is to support this process by using tools for working with knowledge at different stages of problems' solving. The paper provides a theoretical overview of previous studies and the cur-

rent state of the problem-based learning area and work with knowledge. We have studied knowledge management tools based on several classifications and selected the most suitable ones to support problem-based learning. The distribution of work tools with knowledge on the stages of the problem-solving process is proposed.

We have considered the use of computer tools and options for creating an informational educational environment for implementing the proposed ideas of problem-based learning and working with knowledge. A more detailed consideration is given to the implementation of the information educational environment based on the open system of e-learning MOODLE and integration templates using public plug-ins as an example.

The possibilities of using the proposed approach are demonstrated on real examples. Demonstration of the approach includes the introduction of proposals in the courses for pupils and students of the University. Approbation and preliminary results of implementation can be considered positive, but the justification of the effect from the proposed approach requires a more detailed assessment, which further studies are devoted to.

Keywords: problem-based learning, knowledge tools, knowledge management, technology-enhanced learning, learning environment.

¹Работа выполнена при поддержке гранта РНФ, проект 15–18–30048.

Введение

Проблемно-ориентированное обучение позволяет не просто передавать и получать знания, а направлено на развитие способностей учащихся ставить и решать актуальные проблемы, используя знания из одной или нескольких предметных областей. Обучение в данном случае сконцентрировано на получении необходимой для решения проблем информации самими студентами и выработке ими собственного решения, актуализируя полученные сведения. Преподаватель же выступает в роли наставника, осуществляющего мониторинг и обеспечивающего нужное направление дискуссии [1, 2, 3]. Применение решения проблем в процессе обучения поможет в получении знаний учеником, позволит индивидуализировать процесс обучения, а также будет формировать компетенции учащихся. Компьютерные системы, в данном случае, должны служить катализатором приобретения знаний, умений и навыков.

Информатизация в сфере образования создает предпосылки для внедрения в обучение новых средств и методик, позволяющих интенсифицировать учебный процесс и реализовать идеи развивающего обучения [4]. Однако применение информационных технологий в образовании не должно ограничиваться лишь использованием телекоммуникационного канала передачи информации. Технологии должны давать возможность учащимся конструировать собственные знания. Взаимодействие учащегося с компьютером (в том числе с различными мобильными устройствами) может быть передано в том или ином объеме в ведение самих обучаемых, вместо следования заранее запрограммированной учителем схеме. Компьютер в данном случае можно использовать как универсальный инстру-

мент для работы со знаниями, с помощью которого происходит изучение мира, получение информации, организация и структурирование своих собственных знаний и представление их другим людям [5].

Целью работы является разработка среды, в которой учащимся будет предоставлена возможность решать проблемы с использованием инструментов для работы со знаниями. Во-первых, работа со знаниями позволит ученику более эффективно осуществлять конструирование собственных знаний. Во-вторых, работа со знаниями поможет при передаче знаний от преподавателя ученику, сделав процесс более наглядным и понятным, поскольку проблемно-ориентированный подход не является в полном смысле альтернативой лекционным занятиям, но дополняет их.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- анализ и обобщение методологии применения решения проблем в качестве обучающего инструмента;
- определение инструментов работы со знаниями, поддерживающих различные этапы решения проблемы;
- обзор программных средств и разработка рекомендаций по созданию информа-

ционно-образовательной среды для обучения при помощи решения проблем с применением технологий управления знаниями.

1. Обучение на основе решения проблем

Решение проблем, как правило, является одним из наиболее важных когнитивных навыков, как в повседневной жизни, так и в профессиональной. Проблемой мы будем считать некоторую задачу, требующую изучения и последующего решения [2]. Однако, не всегда проблемы и их решения очевидны: необходимо учесть контекст, понять правила, применимые для решения, определить целевое состояние.

Можно выделить хорошо и плохо структурированные проблемы. Описание и систематизация типов проблем по степени их структурированности были проведены нами в работе [6]. Концептуальная карта понятия «проблема» представлена на рис. 1. В предыдущих исследованиях [1, 2, 3, 7, 8] приводятся различные способы выделения этапов в процессе решения проблемы. Выбранное нами деление на этапы основано на том, какая информация используется и какие знания можно продуцировать на каждом из этапов.

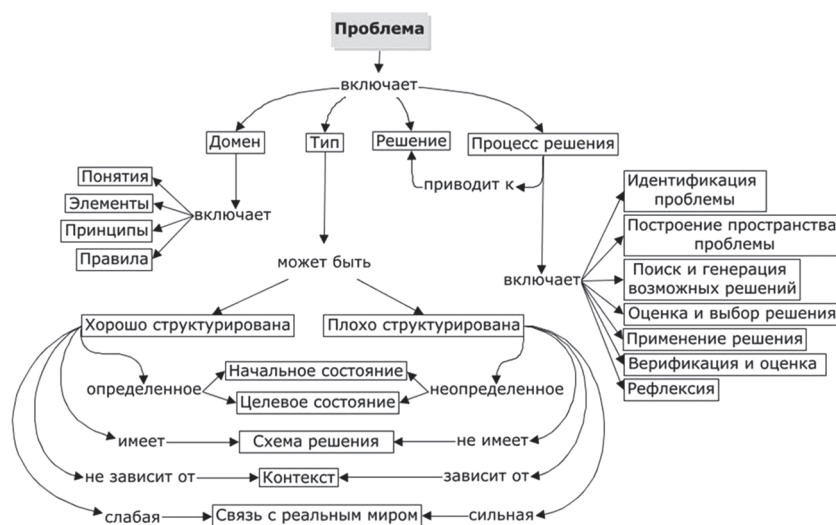


Рис. 1. Концептуальная карта понятия «проблема»

В качестве примера хорошо структурированной проблемы можно привести написание учебного программного приложения, где понятны входные и выходные данные и есть общий алгоритм, но возможны разные варианты его реализации и оптимизации. В области биологии хорошо структурированной проблемой можно считать определения генотипа родителей по фенотипу потомков. В обоих примерах есть набор принципов и правил, исходя из специфики области, и есть познаваемое верное решение, более того есть описанные схемы решений сходных проблем. Однако в реальной жизни редко можно встретить полное отсутствие влияния неизвестных факторов и полную и достаточную информацию для принятия решений. Примером плохо структурированной проблемы может служить разработка предложений по оптимизации работы предприятия, основываясь на неполном наборе данных о нём. Также, например, проблемой может быть необходимость улучшения некоторого известного алгоритма новым, неизученным способом. В этих случаях непонятен конечный результат, а также от чего он зависит или не зависит. Также можно отметить неполноту или недостоверность части информации.

Исследования о применении проблем в качестве обучающего инструмента проводятся примерно с 70-х годов прошлого века. Наиболее актуальны и интересны недавние работы с экспериментальными данными о внедрении. Например, исследование [7] посвящено разработке методологии проектирования некомпьютерных учебных сред, основанных на решении проблем. В качестве ключевых компетенций помимо знаний изучаемых областей выступают такие навыки, как поиск решений, саморегулирование обучения и рефлексия образовательного процесса. В работе

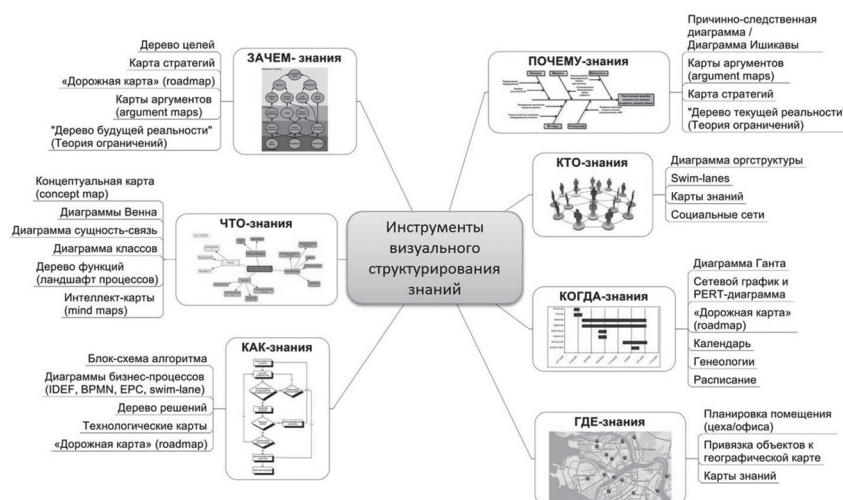


Рис. 2. Классификация инструментов визуального структурирования знаний [10]

описаны эксперименты с разделением учеников на группы традиционного обучения и группы, где применялась предложенная методология. Результаты исследования показывают, что итоговые оценки тестирований и экзаменов были выше для второй группы. Кроме того, учащиеся, прошедшие обучение с использованием решения проблем, и в будущем продемонстрировали более высокие результаты обучения, а также лучшие навыки в области адаптации и коммуникации.

В работе [8] внимание уделяется методам поддержки решения проблем с применением информационных сред. Были исследованы и определены основные направления поддержки со стороны преподавателя на различных этапах решения учебных проблем и разработан шаблон применения компьютерных средств для осуществления поддержки. Полученные результаты также показывают эффективность решения проблем как образовательного метода.

2. Инструменты работы со знаниями в обучении решению проблем

В предыдущих исследованиях были описаны возможности усиления информационных сред ориентированных на

решение проблем с помощью компьютерных средств. Однако в этих работах не были рассмотрены инструменты для работы со знаниями, которые позволят ученикам конструировать собственные знания. Применение таких инструментов будет способствовать глубокому усвоению знаний и пониманию, а не только воспроизведению из памяти того, что было получено от преподавателя или другого источника знаний. Такие инструменты помогают упорядочить действия учащихся в процессе организации и представления своих знаний. Активность действий учащихся проявляется не в том, что они активно слушают, а затем отображают один правильный взгляд на реальность, а в том, что они взаимодействуют с окружающей средой, чтобы создать свой собственный взгляд на предмет [5]. Использование инструментов структурирования знаний позволяет их визуализировать, что способствует интуитивному пониманию темы [9]. Обзор инструментов визуального структурирования знаний представлен в [10], для разного типа знаний можно выбрать наиболее подходящий инструмент (рис. 2).

Нами был предложена схема (шаблон) применения инструментов и методов по работе

Таблица 1

Соответствие визуальных инструментов структурирования знаний этапам решения проблем различного типа

Этап решения проблемы	Хорошо структурированные проблемы	Плохо структурированные проблемы
1. Идентификация проблемы	Интеллектуальные карты (Интеллект-карты, mind maps)	
2. Построение пространства проблемы	Концептуальные карты	
	—	Причинно-следственные модели
3. Поиск и генерация возможных решений	Деревья решений	
	—	Деревья целей
4. Оценка решений и выбор оптимального	—	Карты аргументов
5. Применение решения	Диаграммы для планов проектов (Гантт и т.п.) Диаграммы процессов	
6. Верификация и оценка	Карты аргументов	
7. Рефлексия	Интеллектуальные карты (Интеллект-карты, mind maps)	

Таблица 2

Соответствие инструментов для получения и накопления знаний этапам решения проблем различного типа

Этап решения проблемы	Хорошо структурированные проблемы	Плохо структурированные проблемы
1. Идентификация проблемы	Мозговой штурм	
2. Построение пространства проблемы	Библиотека примеров решений	Библиотека кейсов
3. Поиск и генерация возможных решений		
	Составление таблицы решений	
	Анализ средств и целей	Мозговой штурм
4. Оценка решений и выбор оптимального	Применение таблицы решений	
	Многокритериальная оптимизация	Многокритериальное оценивание
5. Применение решения	Симуляции	
6. Верификация и оценка	Постфактумный анализ	
7. Рефлексия	Извлеченные уроки	

со знаниями на этапах решения проблем различного типа: выбраны инструменты визуального структурирования и представления знаний, а также инструменты для получения и накопления знаний. Впервые данная схема была нами представлена в работе [11], потом она была обновлена в [12] и имеет вид, представленный в таблицах 1 и 2, а также в обобщенном виде на рис. 3. Выбор инструментов для работы со знаниями был основан на обзорах [10, 13, 14, 15, 16, 17]. Критерием выбора инструментов служило то, какие знания необходимы на том или ином этапе решения. Также выбирались те инструменты, которые просты в освоении и не требуют большого количества времени на изучения, поскольку являются вспомогательными.

Прежде всего, обучающиеся должны определить проблему. Для понимания характера проблемы можно использовать интеллектуальные карты. Если решение проблем происходит в группе, то возможны техники коллективного обсуждения, например, мозговой штурм.

Затем должно быть построено пространство проблемы: изучение схожих проблем, описанных в кейсах, поможет установить отношения между элементами и понятиями проблемы, а концептуальные карты могут визуализировать эти отношения. Для плохо структурированных проблем мы должны также учитывать контекст, поэтому будет полезен более детальный анализ причин проблем и их последствий, а также факторов влияния. Для этого могут быть использованы причинно-следственные модели.

На этапе генерации или поиска решений также необходимо рассмотреть похожие проблемы, способы их решения и использованные правила, которые могут быть применены для решаемой проблемы. Если целевых состояний у плохо

структурированной проблемы несколько, то оправдано применение дерева целей. Как хорошо, так и плохо структурированные проблемы могут иметь несколько путей решения — в этом случае следует применить деревья решений для их визуализации, а составление таблицы решений поможет формализовать полученные знания. Для хорошо структурированных проблем может быть использован анализ средств и целей — будет понятно, как достичь целевого состояния, однако для плохо структурированных проблем

лучше использовать менее формальные инструменты для генерации решения, такие как, например, мозговой штурм.

Оценка сгенерированных решений и выбор оптимального для хорошо-структурированных проблем в общем случае не требует специализированных инструментов структурирования знаний: либо существует только одно корректное решение, либо решения можно сравнить с помощью явных показателей, таких как время или ресурсы, и выбрать оптимальное. Также можно оценить выбран-

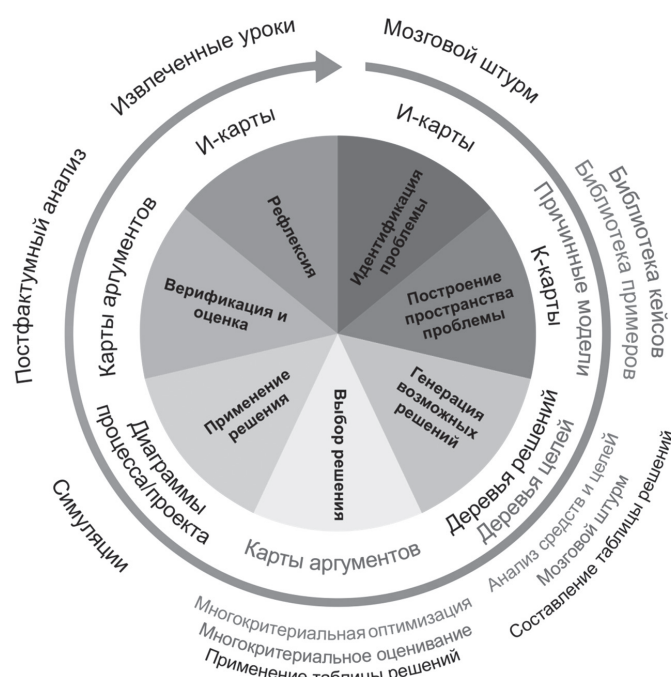


Рис. 3. Схема применения инструментов для работы со знаниями в процессе решения проблем

ную схему решения. В рамках работы над плохо структурированной проблемой могут быть выработаны качественно разные решения, представленные разными обучающимися и приводящие к разным целевым состояниям. Для оценки и выбора наилучшего из них в рамках контекста решаемой проблемы применимы карты аргументов, а создание таблиц принятия решения поможет обобщить опыт.

На этапе применения решения может помочь его визуальное описание: например, диаграммы планов проекта, где указываются задачи, временные рамки и участники, ответственные за их решение, и диаграммы процессов. Для обоих типов проблем мы можем моделировать решение через симуляции, если это возможно.

Для верификации и оценки решения и его результатов можно применить карту аргументаций для формализации плюсов и минусов полученных результатов и провести постфактумный анализ, который можно считать своеобразным «разбором полётов».

Учебный процесс не останавливается после применения решения. Знания следует закрепить и обобщить: сформулировать выученные уроки, представить результаты в виде интеллектуальной карты.

Обобщение предложенного подхода представлено в виде схемы на рис. 3 (черный

шрифт — инструменты, применимые для любого типа проблем; красный — инструмент больше подходит для плохо структурированных проблем; синий — для хорошо структурированных проблем).

3. ИТ-поддержка предлагаемого подхода

Для поддержки применения инструментов по работе со знаниями нами был выполнен обзор различных компьютерных программ, которые могут быть использованы в обучении. ИТ-поддержка может быть основана как на специальных самостоятельных программных средствах (табл. 3), так и на встроенных (табл. 4).

Кроме специализированных самостоятельных программных средств для структурирования знаний, могут использоваться средства встроенные в LMS-системы, например, в Moodle (табл. 4). На основе плагинов для интеллектуальных карт можно также реализовать построение карт аргументов, используя работа с цветом, и деревьев решений, придерживаясь при построении строгой иерархической структуры.

Таблица 3

Программные средства для визуального структурирования знаний

Инструменты работы со знаниями	Программные средства
Общие инструменты для диаграмм	Microsoft Visio, Gliffy, Omnigraffle
Интеллектуальные карты	Xmind, MindManager, Coogler, FreeMind
Концептуальные карты	CmapTool, Inspiration
Карты аргументаций	Argumentative, Reason!Able, Athena, Debatabase
Деревья решений	PrecisionTree, Flying Logic
Диаграммы проектов	Microsoft Project
Диаграммы процессов	Microsoft Visio

Таблица 4

Плагины в системе Moodle для визуального структурирования знаний

Инструменты работы со знаниями	Названия плагина	Тип плагина
Интеллектуальные карты	Mind Map	Activities
	Advanced MindMap	Activities
	Mappa	Activities
Концептуальные карты	Concept Map	Question Type
Диаграммы проектов	Timeline Widget	Filters
Диаграммы процессов	Flowhart	Filters

Совместно используя эти плагины с чатом, можно провести дистанционный мозговой штурм. Плагин для концептуальных карт можно применять для построения причинных моделей, заменив отношения между узлами на «+» в случае прямой корреляции между причиной и следствием и на «-» в случае обратной.

Для извлечения и сбора знаний также возможно применение компьютерных инструментов. Для создания и сохранения вербальных моделей (мозговой штурм, описания кейсов, постфактумный анализ, выученные уроки) возможно применение общеизвестных средств, такие как чаты, блоги и форумы. Возможно применение и специализированных: Compendium для мозгового штурма, Lessons Management Hub для извлеченных уроков. Для симуляций может быть использован инструмент AnyLogic.

Реализовать среду можно разными способами: набор различных инструментов, интегрированная собственная разработка либо внедрение инструментов в существующую систему управления обучением. Гетерогенная среда может быть легко развернута путем независимой установки компонент. Однако в такой среде возникают трудности для поддержки со стороны преподавателя, а также при коллаборации учащихся. Вариант полностью собственной разработки предполагает высокую сложность реализации и, как следствие, стоимость, а также дублирование информации в системе таких сущностей, как ученик, преподаватель, курс и т.д. Вариант реализации с помощью системы управления обучением предполагает использование уже готовой информационной модели всего учебного процесса, а также имеет возможности для коллективных решений и поддержки преподавателем внутри

среды. Интеграция может быть осуществлена через внешние соединения (API), что предполагает зависимость от внешних сервисов и канала связи, либо с помощью установки плагинов. Нами был апробирован вариант интеграции с помощью плагинов, так как к его достоинствам можно отнести простоту реализации, а также широкие возможности поддержки со стороны преподавателя.

4. Апробация подхода

Предложенный подход сейчас находится на стадии первой апробации, решение проблем в качестве инструмента обучения используется нами в двух группах учащихся:

— группа 1: учащиеся дополнительных курсов по разработке программного обеспечения (АИШ СПбПУ) — школьники 8-9 классов;

— группа 2: студенты вуза, изучающие курс «Технологии бизнес-инжиниринга» (магистры первого года кафедры КИТ СПбПУ) и похожий курс «Архитектура предприятия» (бакалавры последнего года ВШМ СПбГУ).

В первую группу входят школьники 14–15 лет, которые учатся программированию и имеют курсовой проект. Они должны выбрать хорошо структурированную проблему и попытаться решить ее. Для поддержки этого процесса учащимся предлагается создать интеллект карту, чтобы упростить понимание решаемой проблемы и замотивировать на её решение. Затем проводится обзор примеров по решению подобных проблем для того, чтобы понять схему её решения. После того, как информационная модель программы была построена, студенты могут применять анализ средств и целей для создания эффективного и оптимизированного алгоритма. Если ученики не реализуют его, они могут выбрать первое придуманное ра-

бочее решение без сравнения альтернативных схем решения. По окончании следует провести общий постфактумный анализ между всеми учениками.

Студенты изучают технологии бизнес-инжиниринга и архитектуру предприятия с помощью семестрового проблемно-ориентированного проекта. Они должны выбрать одно предприятие, найти узкие места или неиспользованные возможности в текущем состоянии предприятия, предложить и обосновать решение, а также технологию его реализации. Эта проблема относится к плохо-структурированным. Студенты создают модели архитектуры предприятия на этапах анализа и синтеза решения проблем. Для построения и обобщения знаний о предприятии и лучшего понимания контекста, ученикам также как и в первом случае предлагается применить интеллект карту. Студенты создают причинно-следственные модели проблем и целей (карта стратегий), связанные с другими моделями предприятия. Обзор существующих решений для подобных проблем и работа с библиотекой кейсов и обсуждение в формате мозгового штурма могут помочь в поиске решения. Поскольку эта проблема плохо структурирована, то возможны множественные решения, так как мы не можем знать идеальное целевое состояние для предприятия. Карта аргументов может помочь выбрать лучшее решение и развить навыки рассуждения и защиты своей точки зрения. После того, как решение было принято, студенты должны консолидировать собранные знания, сформулировав уроки.

Выполненные учениками модели содержат типовые [17] ошибки: нарушение иерархии, несбалансированность, неверная категоризация. Это обуславливает необходимость поддержки преподавателем процесса работы со знаниями,

поскольку курсы направлены в первую очередь на овладение дисциплиной, а не методами работы со знаниями. Осуществлять поддержку удобнее в интегрированной среде, поскольку можно использовать некоторые заготовки моделей, созданные преподавателем и выгруженные в среду, а также иметь онлайн доступ к моделям учеников с возможностью их редактирования.

По окончании курсов нами был проведен опрос об использовании инструментов по работе со знаниями среди обучающихся. Более 70% отметили полезность их применение, при этом 25% отметили дополнительную нагрузку при их использовании. Из визуальных инструментов в качестве наиболее полезных слушатели отметили интеллектуальные карты (87%) и карты аргументации (62%), а также мозговой штурм и обзор кейсов и лучших практик из инструментов второй группы. Все слушатели отметили, что будут использовать некоторые инструменты в дальнейшем, но 25% обучающихся будут применять их

только в рамках учебной деятельности.

Стоит отметить, что использование инструментов для работы со знаниями и построение моделей — дополнительная когнитивная нагрузка. Однако ожидаемый эффект улучшения как навыков обучения и саморегуляции, так и более глубокое понимание предметной области, на наш взгляд, оправдывает их применение. Дальнейшие исследования будут направлены на более полное доказательство предложенного подхода.

Заключение

В работе проанализирован проблемно-ориентированный подход к обучению и даны рекомендации по его применению. Исследованы особенности решения хорошо и плохо-структурированных проблем. Проведен обзор инструментов для работы со знаниями и даны рекомендации по их использованию в процессе решения проблем — предложена привязка инструментов к этапам. Рекомендации учитывают степень

структурированности проблемы. Выполнен обзор программных средств для поддержки работы со знаниями и предложены варианты создания информационно-образовательной среды: использование слабосвязанных гетерогенных продуктов и создание интегрированной среды на основе системы Moodle и её плагинов. Продемонстрированы возможности применения подхода для двух типов проблем на примере двух учебных курсов.

Полученные результаты можно будет применить при разработке программ дистанционных курсов и подготовке очных занятий, как для школьников, так и для студентов, а так же для накопления и передачи знаний в компаниях и подготовки новых сотрудников. Дальнейшие исследования направлены на более детальное изучение процессов решения проблем, способов поддержки этих процессов, а также на оценку эффективности предложенных методов по сравнению с традиционными подходами.

Литература

1. Искренко Э.В., Полтон Т.А. Проблемно-ориентированное обучение: особенности методики преподавания в Великобритании (на примере St. George university of London, great Britain). Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. 2008. С. 214–218.
2. Jonassen D.H. Toward a design theory of problem solving. Educational technology research and development, 2000. No. 48.4. P. 63–85.
3. Jonassen D.H. Learning to solve problems: An instructional design guide. John Wiley & Sons, 2004.
4. Ю. Калонтаров, П. Кандов. Основные направления и тенденции использования информационных технологий в образовании. STUDIA. 2014. No.5. С. 70–75.
5. D.H. Jonassen. Computers as cognitive tools: Learning with technology, not from technology // Journal of Computing in Higher Education, Journal of Computing in Higher Education, 1996. No. 2. P. 117–131.
6. Костюсов С.А., Кудрявцев Д.В. Системати-

References

1. Iskrenko E.V., Polton T.A. Problemno-orientirovannoe obuchenie: osobennosti metodiki prepodavaniya v Velikobritanii (na primere St. George university of London, great Britain). Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Istoriya. Politologiya. 2008. P. 214–218.
2. Jonassen D.H. Toward a design theory of problem solving. Educational technology research and development, 2000. No. 48.4. P. 63–85.
3. Jonassen D.H. Learning to solve problems: An instructional design guide. John Wiley & Sons, 2004.
4. Yu. Kalontarov, P. Kandov. Osnovnye napravleniya i tendentsii ispol'zovaniya informatsionnykh tekhnologii v obrazovanii. STUDIA. 2014. No.5. P. 70–75.
5. D.H. Jonassen. Computers as cognitive tools: Learning with technology, not from technology // Journal of Computing in Higher Education, Journal of Computing in Higher Education, 1996. No. 2. P. 117–131.
6. Kostousov S.A., Kudryavtsev D.V. Sistemati-

зация обобщенных типов проблем по степени их структурированности для создания информационно-образовательных сред, ориентированных на решение проблем // Информатика и кибернетика (ComCon-2016). Сборник докладов студенческой научной конференции ИКНТ СПбПУ Петра Великого, 2016. С. 253–255.

7. E. De Corte, L. Verschaffel, C. Masui. The CLIA-model: A framework for designing powerful learning environments for thinking and problem solving // European Journal of Psychology of Education, 2004. No. 19.4. P. 365–384

8. Kim M.C., Hannafin M.J. Scaffolding problem solving in technology-enhanced learning environments (TELEs): Bridging research and theory with practice // Computers & Education, 2011. No. 56.2. P. 403–417.

9. Mayer R.E. Models for understanding. Review of Educational Research, 1989. No. 59.1. P. 43–64.

10. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Лещева И.А., Павлов Я.Ю. Об одном методе классификации визуальных моделей. // Бизнес-информатика. 2013. No. 4.26. С. 21–34.

11. Костюсов С.А., Кудрявцев Д.В. Инструменты и методы работы со знаниями для обучения решению проблем различного типа // Седьмая международная конференция по когнитивной науке. Тезисы докладов, 2016. С. 344–345.

12. Kostousov S., Kudryavtsev D. The design of the framework of using knowledge tools for teaching problem-solving. The 12th International Forum on Knowledge Assets Dynamics. Accepted poster.

13. Jonassen D.H. Instructional design models for well-structured and III-structured problem-solving learning outcomes // Educational Technology Research and Development. 1997. T. 45. No. 1. С. 65–94.

14. D.H. Jonassen. Tools for representing problems and the knowledge required to solve them. In Knowledge and information visualization – Springer Berlin Heidelberg, 2005. P. 82–94.

15. R. Young. Knowledge management tools and techniques manual // Asian Productivity Organization, 2010.

16. D. Kudryavtsev, T. Gavrilova. From Anarchy to System: A Novel Classification of Visual Knowledge Codification Techniques. – Knowledge and Process Management, 2017. No. 24.1 P. 3–13.

17. Гаврилова Т.А., Лещева И.А., Страхovich Э.В. Об использовании визуальных концептуальных моделей в преподавании. – Вестник Санкт-Петербургского университета, Серия 8, Менеджмент, 2011. P. 124–147.

zatsiya obobshchennykh tipov problem po stepeni ikh strukturirovannosti dlya sozdaniya informatsionno-obrazovatel'nykh sred, orientirovannykh na reshenie problem // Informatika i kibernetika (ComCon-2016). Sbornik dokladov studencheskoi nauchnoi konferentsii IKNT SPbPU Petra Velikogo, 2016. P. 253–255.

7. E. De Corte, L. Verschaffel, C. Masui. The CLIA-model: A framework for designing powerful learning environments for thinking and problem solving // European Journal of Psychology of Education, 2004. No. 19.4. P. 365–384

8. Kim M.C., Hannafin M.J. Scaffolding problem solving in technology-enhanced learning environments (TELEs): Bridging research and theory with practice // Computers & Education, 2011. No. 56.2. P. 403–417.

9. Mayer R.E. Models for understanding. Review of Educational Research, 1989. No. 59.1. P. 43–64.

10. Gavrilova T.A., Kudryavtsev D.V., Leshcheva I.A., Pavlov Ya.Yu. Ob odnom metode klassifikatsii vizual'nykh modelei. // Biznes-informatika. 2013. No. 4.26. P. 21–34.

11. Kostousov S.A., Kudryavtsev D.V. Instrumenty i metody raboty so znaniyami dlya obucheniya resheniyu problem razlichnogo tipa // Sed'maya mezhdunarodnaya konferentsiya po kognitivnoi nauke. Tezisy dokladov, 2016. P. 344–345.

12. Kostousov S., Kudryavtsev D. The design of the framework of using knowledge tools for teaching problem-solving. The 12th International Forum on Knowledge Assets Dynamics. Accepted poster.

13. Jonassen D.H. Instructional design models for well-structured and III-structured problem-solving learning outcomes // Educational Technology Research and Development. 1997. T. 45. No. 1. P. 65–94.

14. D.H. Jonassen. Tools for representing problems and the knowledge required to solve them. In Knowledge and information visualization – Springer Berlin Heidelberg, 2005. P. 82–94.

15. R. Young. Knowledge management tools and techniques manual // Asian Productivity Organization, 2010.

16. D. Kudryavtsev, T. Gavrilova. From Anarchy to System: A Novel Classification of Visual Knowledge Codification Techniques. – Knowledge and Process Management, 2017. No. 24.1 P. 3–13.

17. Gavrilova T.A., Leshcheva I.A., Strakhovich E.V. Ob ispol'zovanii vizual'nykh kontseptual'nykh modelei v prepodavanii. – Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta, Series 8, Menedzhment, 2011. P. 124–147.

Сведения об авторах

Дмитрий Вячеславович Кудрявцев

Высшая Школа Менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия

Эл. почта: dmitry.ku@gmail.com

Тел.: 8 (911) 739-02-48

Сергей Андреевич Костоусов

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Эл. почта: sergkosto94@gmail.com

Information about the authors

Dmitriy V. Kudryavtsev

Graduate School of Management, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

E-mail: dmitry.ku@gmail.com

Tel.: 8 (911) 739-02-48

Sergey A. Kostousov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

E-mail: sergkosto94@gmail.com

Программный комплекс PhaPI для автоматического построения и исследования фазовых портретов на плоскости

Целью работы является описание программного комплекса PhaPI для построения и исследования фазового портрета автономных систем двух дифференциальных уравнений на плоскости, предназначенного для использования в учебном процессе.

Интерактивные компьютерные учебные материалы позволяют демонстрировать задачи, наглядно описывая большое количество состояний изучаемых систем и вовлекая учащегося в процесс решения. Построение и исследование фазового портрета автономной системы двух дифференциальных уравнений на плоскости является важной задачей, входящей в дисциплину «Дифференциальные уравнения» и другие дисциплины, использующие динамические системы. Программный комплекс, предлагаемый в статье, позволяет легко визуализировать фазовые портреты и производить аналитические исследования, нужные для решения задачи. Построение фазового портрета связано с огромным количеством рутинных вычислений. Благодаря программному комплексу основной упор в обучении можно сделать на аналитических исследованиях качественных свойств автономных систем двух дифференциальных уравнений на плоскости. Программный комплекс позволяет строить фазовые портреты как линейных, так и нелинейных автономных систем дифференциальных уравнений.

Программный комплекс сильно отличается от существующих пакетов программ простотой пользовательского интерфейса и наглядностью, так как при его использовании демонстрируются все шаги решения задачи. Для полного решения задачи достаточно ввести исследуемую систему. Начальные условия для фазовых траекторий

выбираются автоматически. Графическое представление фазового портрета является интерактивным и позволяет проводить дополнительные фазовые траектории с заданными начальными условиями, наводя указатель на фазовый портрет. Программный комплекс основан на популярном свободном программном обеспечении (Maxima, Qt4, LaTeX) и сам является свободным программным обеспечением, что делает его доступным широкому кругу учащихся, включая студентов дистанционной формы обучения. Программный комплекс является переносимым программным обеспечением и работает на операционных системах Windows и Linux.

В статье описываются достоинства, недостатки и особенности программного комплекса и некоторые аспекты его применения в учебном процессе при изучении дисциплин, использующих динамические системы. Программный комплекс был внедрён в учебный процесс Московского государственного университета экономики, статистики и информатики (МЭСИ) и в учебный процесс механико-математического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова в 2013 году, а его обновленная версия – в РЭУ имени Г. В. Плеханова в 2016 году. В дальнейшем планируется развитие программного комплекса, сокращение размера бинарных пакетов, улучшение переносимости и увеличение количества аналитических исследований, выполняемых в процессе решения задачи.

Ключевые слова: программа, фазовый портрет, свободное программное обеспечение, Maxima, Qt, Qt4, LaTeX, обучающее программное обеспечение, линейная система, нелинейная система.

Aleksey A. Cherepanov

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

PhaPI: software to plot and research phase portraits automatically

The article aims to document PhaPI that's a teaching software to plot and research phase portraits of autonomous systems of 2 differential equations on a plane.

Interactive computer teaching materials allow to demonstrate tasks describing large number of states of investigated systems clearly and involving students into solving. Plotting and research of phase portraits of autonomous system of 2 differential equations is an important task in "Differential equations" course and other courses that use dynamic systems. The software allows to visualize phase portraits and to perform analysis easily. Plotting of phase portraits needs a lot of routine computations. The software allows teacher to focus on analytical research of autonomous systems of 2 differential equations. The software supports linear and non-linear autonomous systems of 2 differential equations.

The software differs is very different compared with previously known programs: it has very easy graphical user interface and it gives clarity because it demonstrates all steps of solution. To get the full solution, it is enough to just enter a system to research. Initial conditions to plot phase

trajectories are chosen automatically. Graphical representation of the phase plane is interactive and allows user to draw additional trajectories with specified initial conditions by mouse hovering over the phase plane. The software is based on popular Free Software (Maxima, Qt4, LaTeX) and it is Free Software itself, thus it is accessible to wider audience, including online students. The software is portable and works on Windows and Linux operating systems.

The article describes advantages, disadvantages and peculiar properties of the software, and some aspects of teaching experience. The software is deployed in Moscow State University of Economics, Statistics, and Informatics (MESI), Lomonosov Moscow State University (MSU) since 2013, and in Plekhanov Russian University of Economics since 2016. Further development will be focused on reduction of binary size of the software, portability improvements, and number of analytical results showed.

Keywords: software, phase plane, Free Software, Maxima, Qt, Qt4, LaTeX, educational software, linear system, non-linear system, phase portrait.

Введение

В статье описывается программное обеспечение, разработанное специально для решения следующей задачи: дана автономная система дифференциальных уравнений

$$\begin{cases} \dot{x} = P(x, y) \\ \dot{y} = Q(x, y) \end{cases}$$

где P и Q — функции, непрерывно дифференцируемые в некоторой области. Требуется исследовать систему и построить её фазовый портрет — совокупность траекторий системы в фазовой плоскости переменных x, y .

Фазовые портреты используются в современных работах в различных областях науки отечественными и зарубежными авторами, так как позволяют получить представление о качественных свойствах нелинейных систем дифференциальных уравнений, составляющих основу различных математических моделей. Например, см. [1–10].

Построение фазового портрета вручную трудоёмко, и этот процесс можно упростить, используя для этого вычислительную технику. Однако имеющиеся программные решения для визуализации фазовых портретов не решают задачу построения и исследования фазового портрета целиком с аналитической точки зрения. Нахождение особых точек, нахождение собственных значений, исследование устойчивости особых точек требуют дополнительных действий. Системы компьютерной алгебры и языки программирования могут помочь в этом, предоставляя базовые инструменты для исследования. Это может быть удобно для исследователя, занимающегося сложной задачей, потому что даёт много свободы для дополнительных методов исследования и для обеспечения корректности результатов, но это также усложняет работу при

приёме задания преподавателем у студента. Для образовательных целей можно было бы использовать демонстрационное программное обеспечение с комплектом данных для нужного набора систем дифференциальных уравнений. Современные технологии позволяют исследовать новые системы автоматически. В полном объёме эти задачи решает новый программный комплекс PhaPI. Программный комплекс был внедрён в учебный процесс Московского государственного университета экономики, статистики и информатики (МЭСИ) и в учебный процесс механико-математического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в 2013 году, а его обновлённая версия — в РЭУ имени Г.В. Плеханова в 2016 году. Предварительные результаты описаны в [11].

Готовые функции для построения фазовых портретов предоставляются крупными библиотеками Plot.ly и matplotlib для построения графиков и почти во всех системах компьютерной алгебры, например, Maxima, SageMath, SCILAB, MATLAB, Wolfram Mathematica и Maple. Также существуют узкоспециализированные библиотеки для разных языков программирования, включая языки программирования Python, R и Julia. Другое решение для построения фазовых портретов доступно в программе WinSet [12]. Программа WinSet интересна тем, что предоставляет возможности для построения через графический интерфейс, без программирования.

Разработанное программное обеспечение PhaPI предназначено для преподавателей и студентов. Оно может помочь преподавателю быстро проверить решённую студентом задачу и продемонстрировать правильное решение. Также оно полезно студентам

для самопроверки после аналитического решения задачи. При использовании в компьютерном классе оно может повысить интерес студентов к исследованию поведения решений автономных систем: оно позволяет студентам экспериментировать, моделируя новые системы или исследуя изученные ранее в курсе занятий. Однако при этом можно столкнуться с ограничениями комплекса, когда он не может найти особые точки, или когда не хватает возможностей по управлению визуализацией фазового портрета. Тогда студенту требуется провести дополнительное аналитическое исследование.

1. PhaPI: процесс решения задачи

Основные этапы построения фазового портрета автономной системы дифференциальных уравнений на плоскости подробно описаны, например, в [13, §6.3].

Разработанный программный комплекс практически повторяет большинство этапов решения: сначала нужно найти координаты особых точек, потом исследовать каждую из них, линеаризуя систему в её окрестности (если это возможно). У матрицы каждой из линейных систем необходимо найти собственные значения, собственные векторы, если они существуют, с их помощью построить фазовый портрет в окрестности особой точки 0. Для самостоятельного аналитического исследования остаются проблемы различения центра и фокуса нелинейных систем, нахождения предельных циклов. В других этапах есть небольшие отличия: фазовые портреты строятся приближённо при помощи метода Эйлера [14]. При решении на бумаге, как правило, в окрестности каждой точки строят фазовый портрет линейной системы, а затем сводят их вместе,

уточняя поведение траекторий между ними. Программное обеспечение всегда строит сразу фазовый портрет исходной системы, но в выделяемой окрестности особой точки. В случае, когда особых точек бесконечно много, разработанное программное обеспечение выбирает несколько и не упоминает о других точках, даже если они могут быть описаны общей формулой. Исследуются они также всегда по отдельности. Таким образом, студент должен самостоятельно контролировать правильность полученной картины и ее соответствие результатам аналитических исследований.

Скорость построения играет важную роль для удобства использования программы. Фазовые траектории строятся численно при помощи метода ломаных Эйлера. Использование более точных, но вычислительно затратных, методов не оправдано для учебных задач. Шаг метода Эйлера выбирается автоматически так, чтобы приблизительно соответствовать одной физической точке монитора, так все фазовые траектории выглядят гладкими. Уменьшение шага замедлит построение, не улучшив видимое качество. Начальные точки для фазовых кривых в фазовом портрете выбираются автоматически по краю области. Это даёт довольно наглядные фазовые портреты, за исключением особых точек типа центр. Построение каждой фазовой траектории требует заметного количества вычислений, поэтому их количество сокращено, но наглядность при этом сохранена. Построение фазовой траектории прекращается, когда она достигает границы области. Некоторые траектории, однако, границы области не достигают (например, циклы), поэтому построение любой траектории прекращается после определённого числа шагов, подобранного вручную таким образом, чтобы для всех задач

учебного курса представлялась наглядная картинка.

2. PhaPI: графический интерфейс

Главной целью при разработке программного обеспечения была простота использования и максимальная автоматизация процесса решения. Пользовательский интерфейс намеренно упрощён: в программе нет меню и настроек, у каждой части интерфейса доступна справка. При старте пользователю предлагается выбрать систему дифференциальных уравнений из выпадающего списка. В нём системы отображаются как текстом, так и в виде картинок с формулами. В списке есть все задачи на построение фазового портрета нелинейных систем из учебного пособия [13], используемого в курсе «Дифференциальные уравнения».

Выбранный пример можно изменить, также можно ввести свой. Ввод осуществляется с

синтаксисом системы компьютерной алгебры Maxima. Большая часть синтаксиса Maxima не вызывает сложностей, но, чтобы облегчить ввод, сделано несколько дополнительных определений (e , π , $\ln$, $\arctg$), а рядом с полем ввода доступна справка по синтаксису (пример на рис. 1).

После нажатия на кнопку «Исследовать и построить!» программа автоматически находит особые точки заданной системы дифференциальных уравнений. Для каждой особой точки выводит её координаты, корни характеристического уравнения, тип особой точки, её устойчивость, построит фазовый портрет в окрестности особой точки.

Вместе с готовыми фазовыми траекториями пользователь может рассматривать произвольные траектории, наводя указатель на фазовый портрет для указания их начальных условий. Через точку под указателем временно проводится фазовая траектория. Она

Введите систему (← кликните сюда для получения справки)

1) $(x+y)^2 - 1, -y^2 - x + 1$

$\begin{cases} \dot{x} = (x+y)^2 - 1 \\ \dot{y} = -y^2 - x + 1 \end{cases}$

Точки для поиска решения методом Ньютона (← кликните сюда для получения справки)

Дополнительные точки исследования (← кликните сюда для получения справки)

Исследовать и построить!

Исследуемая система (← кликните сюда для получения справки)

$\begin{cases} \dot{x} = (y+x)^2 - 1 \\ \dot{y} = -y^2 - x + 1 \end{cases}$

Особые точки (← кликните сюда для получения справки)

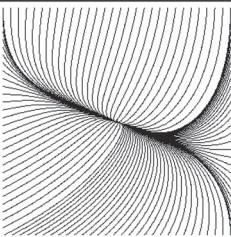
№	Координаты	Корни характеристического уравнения	Точка покоя	Фазовый портрет в окрестности точки	Устойчивость (неустойчивость) тривиального решения
1	$(-3, 2)$	$\lambda_1 = -\sqrt{3} - 3, \lambda_2 = \sqrt{3} - 3$	Устойчивый узел		Асимптотически устойчиво
2	$(0, -1)$	$\lambda_1 = -\sqrt{6}, \lambda_2 = \sqrt{6}$	Седло		Неустойчиво

Рис. 1. Пример результата работы основной программы

толще остальных и окрашена в два цвета — красный и синий. Красный цвет показывает часть траектории, которую она пройдёт при возрастании времени (при $t \rightarrow \infty$), а синий — при убывании времени (при $t \rightarrow -\infty$). Координаты выбранной начальной точки отображаются в левом верхнем углу фазового портрета. Координаты и временная фазовая траектория обновляются при перемещении указателя. Эта функция интуитивно понятна — часть пользователей наводят мышь на фазовый портрет, не обращаясь к справке и не зная об этой особенности интерфейса.

Несмотря на использование системы компьютерной алгебры внутри программного комплекса, не всегда получается найти все особые точки системы автоматически, поэтому пользователь может добавить любую точку в список особых точек нажатием мыши или вве-

дя её координаты с клавиатуры. После обновления списка портрет строится заново. Для приближённого поиска особых точек есть возможность ввести начальные приближения для метода Ньютона. Эти дополнительные средства для поиска особых точек могут пригодиться при исследовании систем, не входящих в курс. Для учебных задач из курса все особые точки отмечены заранее.

Вместе с отдельными портретами в окрестности особых точек показывается общий фазовый портрет системы. Область построения включает в себя все указанные особые точки. На общем фазовом портрете видны переходы фазовых траекторий между особыми точками (пример на рис. 2).

Таким образом, программный комплекс PhaPI предоставляет максимальное количество информации о системе сам, без дополнительных действий со стороны пользователя.

Несмотря на то, что жёсткого ограничения в выборе задач нет, сильно упрощённый интерфейс может стеснять пользователя в возможностях исследования.

3. PhaPI: компоненты программного комплекса

Простой интерфейс скрывает за собой относительно большой программный комплекс, использующий систему компьютерной алгебры Maxima, издательскую систему LaTeX, библиотеку Qt4, сценарий для Maxima для нахождения и исследования особых точек и, собственно, основную программу. Основная программа обеспечивает взаимодействия всех компонентов программного комплекса и реализует графический интерфейс пользователя, включая компонент для построения фазовых портретов.

Всё программные компоненты комплекса являются свободным программным обеспечением. Сценарий и основная программа были разработаны специально для программного комплекса PhaPI. Остальные компоненты были разработаны другими авторами и являются крупными, стабильными, популярными, переносимыми проектами с большой базой пользователей и хорошей поддержкой, что гарантирует их высокое качество и доступность в обозримом будущем [15]. То, что все компоненты являются свободным программным обеспечением, позволяет бесплатно использовать сервис GitHub: разработанный код и бинарные сборки распространяются через сайт сервиса. Это увеличивает шансы, что программный комплекс всегда будет доступен студентам и преподавателям.

Высокая степень автоматизации решения обеспечивается использованием системы компьютерной алгебры Maxima. Она предоставляет готовые

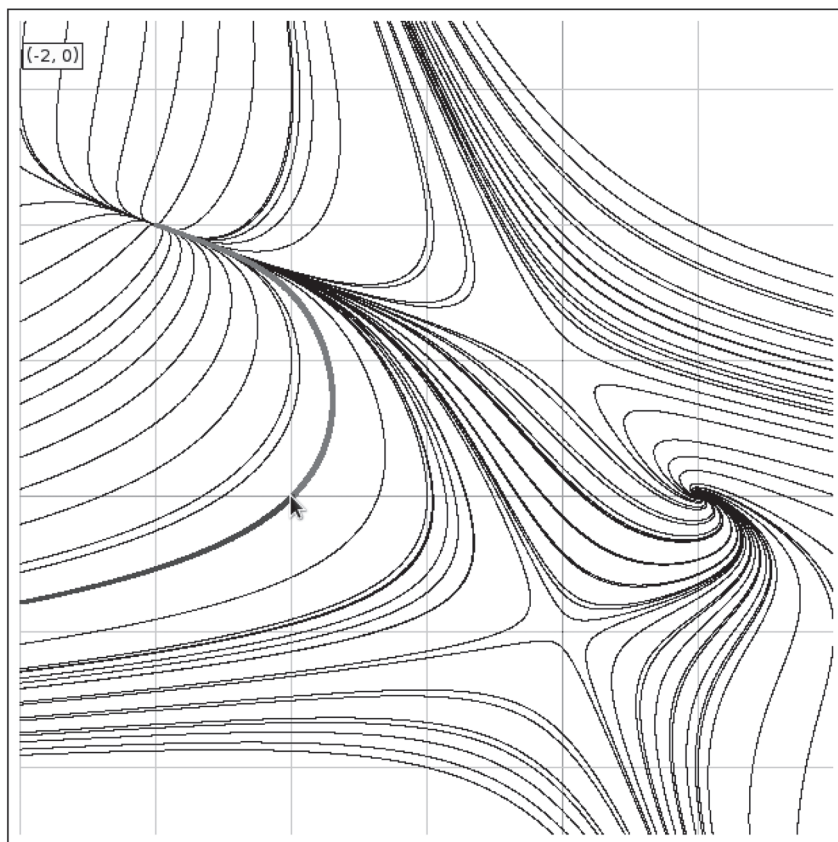


Рис. 2. Пример общего фазового портрета с четырьмя особыми точками, включающий все поля ввода и информацию о двух особых точках

процедуры для решения систем уравнений при помощи символических вычислений и численных методов, для разложения функций в ряд Тейлора, для вывода формул в формате, пригодном для использования в LaTeX. Символические вычисления позволяют получать точные решения даже в случаях, когда они включают иррациональные числа. Разработанный сценарий использует все эти возможности для разных этапов исследования.

Для отображения формул используется издательская система LaTeX. Формулы, подготовленные Maxima, вставляются в шаблон документа LaTeX. Результат записывается во временный файл, который компилируется при помощи утилиты latex. Полученный документ конвертируется в отдельные графические файлы утилитой dvipng. Графические файлы отображаются в пользовательском интерфейсе основной программы при помощи стандартного элемента из библиотеки Qt4.

Библиотека Qt4 предоставляет переносимые компоненты для построения графических интерфейсов пользователя и для решения типичных задач прикладного программирования. Основная программа сильно полагается на Qt4. Во время построения фазовых траекторий используется интерпретатор языка программирования ECMAScript из состава Qt4. На каждом шаге метода

Эйлера интерпретатор вычисляет вектор скорости, используя функцию, созданную автоматически на основе ввода пользователя.

Взаимодействие основной программы и Maxima происходит через неименованные каналы для межпроцессного взаимодействия. По одному каналу основная программа передаёт Maxima дополнительные определения, формулы от пользователя и все команды разработанного сценария. По другому каналу — получает вывод от Maxima с результатами выполнения команд. После получения всех производных данных основная программа направляет их в другие компоненты программного комплекса.

4. PhaPI: перспективы развития

Использование готовых компонентов (LaTeX, Qt4 и Maxima) в программном комплексе позволило сильно сократить сложность разработки. Однако размер программного комплекса в виде одного бинарного пакета для операционной системы Windows составляет около 185 мегабайт в архиве и около 600 мегабайт после распаковки. Такой размер усложняет перенос комплекса на другие операционные системы, хотя все компоненты могут работать на различных программно-аппаратных платформах.

Один из вариантов решения проблемы размера — разделение программы на две части: полный вариант для автоматического создания описаний решений задач и сокращённый вариант для демонстрации решений по таким описаниям. Другой вариант — выбор других компонентов. Автором ведётся поиск подходящих компонентов.

Заключение

Разработанный программный комплекс PhaPI обладает рядом уникальных характеристик: он имеет упрощённый графический интерфейс пользователя и предоставляет почти полную автоматизацию решения задачи построения и исследования фазового портрета для автономных систем дифференциальных уравнений на плоскости. При этом PhaPI является свободным программным обеспечением. Программный комплекс был внедрён в учебный процесс. В процессе эксплуатации преподавателями и студентами PhaPI показал свою пользу. Также он показал свои возможности и ограничения для применения в научно-исследовательской деятельности. Были выявлены характеристики для улучшения в последующих разработках.

Разработанный программный комплекс PhaPI доступен для скачивания по следующей ссылке: <https://github.com/AlekseyCherepanov/phapi>.

Литература

1. Лапшин В. П., Туркин И. А. Моделирование динамики формообразующих движений при сверлении глубоких отверстий малого диаметра // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. 2012. № 4 (110) С. 226–233. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-dinamiki-formoobrazuyuschih-dvizheniy-pri-sverlenii-glubokih-otverstiy-malogo-diametra>
2. Самохин А. В., Дементьев Ю. И. Галилеево-инвариантные решения уравнения КдВ-Бюргерса и нелинейная суперпозиция ударных волн //

References

1. Lapshin V. P., Turkin I. A. Modelirovanie dinamiki formoobrazuyuschih dvizhenij pri sverlenii glubokih otverstij malogo diametra // Vestnik Adygejskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 4: Estestvenno-matematicheskie i tehicheskie nauki. 2012. № 4 (110) Pp.226-233. (in Russ.) URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-dinamiki-formoobrazuyuschih-dvizheniy-pri-sverlenii-glubokih-otverstiy-malogo-diametra>
2. Samohin A. V., Dement'ev Yu. I. Galileevo-invariantnyie resheniya uravneniya KdV-Byurgersa i nelinejnaya superpozitsiya udarnyih voln // Nauch-

Научный вестник МГТУ ГА. 2016. № 224 (2) С. 24–32. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/galileevo-invariantnye-resheniya-uravneniya-kdv-byurgersa-i-nelineynaya-superpozitsiya-udarnyh-voln>

3. Агуреев И.Е., Атлас Е.Е. И спользование принципов нелинейной динамики при исследовании диссипативных моделей транспортных процессов в биофизических системах // ВНМТ. 2007. № 1 С. 41–43. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/i-spolzovanie-printsipov-nelineynoy-dinamiki-pri-issledovanii-dissipativnyh-modeley-transportnyh-protsessov-v-biofizicheskikh-sistemah>

4. Баринаева Е.В., Тимбай И.А. Исследование плоского движения относительно центра масс спускаемого аппарата с тригармонической моментной характеристикой при входе в атмосферу // Вестник СГАУ. 2010. № 1 С. 9–19. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-ploskogo-dvizheniya-otnositelno-tsentra-mass-spuskaemogo-apparata-s-trigarmonicheskoy-momentnoy-harakteristikoy-pri>

5. Костромина О.С., Морозов А.Д. О предельных циклах в асимметричном уравнении Дюффинга-Ван-дер-Поля // Вестник ННГУ. 2012. № 1-1 С. 115–121. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17338514>

6. Асташова И.В. Качественные свойства решений квазилинейных обыкновенных дифференциальных уравнений // Качественные свойства решений дифференциальных уравнений и смежные вопросы спектрального анализа / под ред. И. В. Асташовой. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. С. 22–288. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20908128>

7. Асташова И.В. Применение динамических систем к исследованию асимптотических свойств решений нелинейных дифференциальных уравнений высоких порядков. Современная математика и ее приложения // Современная математика и ее приложения. – 2003. – Т. 8. – С. 3–33. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26344653>

8. Astashova I. On asymptotic classification of solutions to nonlinear regular and singular third- and fourth-order differential equations with power nonlinearity // Differential and Difference Equations with Applications. – Springer Proceedings in Mathematics & Statistics. – New York, N.Y., United States: New York, N.Y., United States, 2016. – P. 191–204. [DOI: 10.1007/978-3-319-32857-7]

9. Vaidyanathan S. Lotka-Volterra population biology models with negative feedback and their ecological monitoring // Int J PharmTech Res. – 2015. – Т. 8. – №. 5. – С. 974–981. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/8086/92dd5826922b7be834c05e7a41994bb3e135.pdf>

10. Townsend J.T., Busemeyer J.R. Approach-avoidance: Return to dynamic decision behavior // Cognitive Processes the Tulane Flowerree Symposia on Cognition. – 2014. – С. 107. URL: <http://www.indiana.edu/~psymodel/papers/towbus89.pdf>

11. Черепанов А.А. Программа для построения и исследования фазовых портретов на ос-

nyiy vestnik MGTU GA. 2016. № 224 (2) Pp. 24–32. (in Russ.) URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/galileevo-invariantnye-resheniya-uravneniya-kdv-byurgersa-i-nelineynaya-superpozitsiya-udarnyh-voln>

3. Agureev I.E., Atlas E.E. I spol'zovanie print-sipov nelinejnoj dinamiki pri issledovanii dissipativnyh modelej transportnyh protsessov v biofizicheskikh sistemah // VNMT. 2007. № 1. Pp. 41–43. (in Russ.) URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/i-spolzovanie-printsipov-nelineynoy-dinamiki-pri-issledovanii-dissipativnyh-modeley-transportnyh-protsessov-v-biofizicheskikh-sistemah>

4. Barinova E.V., Timbaj I.A. Issledovanie ploskogo dvizheniya otnositel'no tsentra mass spuskaemogo apparata s trigarmonicheskoy momentnoj harakteristikoj pri vhode v atmosferu // Vestnik SGAU. 2010. № 1 Pp. 9–19. (in Russ.) URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-ploskogo-dvizheniya-otnositelno-tsentra-mass-spuskaemogo-apparata-s-trigarmonicheskoy-momentnoy-harakteristikoy-pri>

5. Kostromina O.S., Morozov A.D. O predel'nyih tsiklah v asimmetrichnom uravnenii Dyuffinga-Van-der-Polya // Vestnik NNGU. 2012. № 1-1 Pp. 115–121. (in Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17338514>

6. Astashova I.V. Kachestvennyie svojstva reshenij kvazilinejnyih obyiknovennyih differentsial'nyih uravnenij // Kachestvennyie svojstva reshenij differentsial'nyih uravnenij i smezhnyie voprosyi spektral'nogo analiza / pod red. I. V. Astashovoj. M.: YuNITI-DANA, 2012. Pp. 22–288. (in Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20908128>

7. Astashova I.V. Primenenie dinamicheskikh sistem k issledovaniyu asimptoticheskikh svojstv reshenij nelinejnyih differentsial'nyih uravnenij vyisokih poryadkov. Sovremennaya matematika i ee prilozheniya // Sovremennaya matematika i ee prilozheniya. – 2003. – Т. 8. – Pp. 3–33. (in Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26344653>

8. Astashova I. On asymptotic classification of solutions to nonlinear regular and singular third- and fourth-order differential equations with power nonlinearity // Differential and Difference Equations with Applications. – Springer Proceedings in Mathematics & Statistics. – New York, N.Y., United States: New York, N.Y., United States, 2016. – P. 191–204. [DOI: 10.1007/978-3-319-32857-7]

9. Vaidyanathan S. Lotka-Volterra population biology models with negative feedback and their ecological monitoring // Int J PharmTech Res. – 2015. – Т. 8. – № 5. – Pp. 974–981. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/8086/92dd5826922b7be834c05e7a41994bb3e135.pdf>

10. Townsend J.T., Busemeyer J.R. Approach-avoidance: Return to dynamic decision behavior // Cognitive Processes the Tulane Flowerree Symposia on Cognition. – 2014. – Pp. 107. URL: <http://www.indiana.edu/~psymodel/papers/towbus89.pdf>

11. Cherepanov A.A. Programma dlya postroeniya i issledovaniya fazovyih portretov na osnove

нове программных компонентов с открытым исходным кодом // Теоретические и прикладные аспекты математики, информатики и образования: Материалы Международной научной конференции, 16–21 ноября 2014 г., г. Архангельск. — С. 594–598.

12. Морозов А.Д., Драгунов Т.Н. Визуализация и анализ инвариантных множеств динамических систем. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 304 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19448609>

13. Асташова И.В., Никишкин В.А. Практикум по курсу «Дифференциальные уравнения». Учебное пособие. Изд. 3-е, исправленное. М.: Изд. центр ЕАОИ, 2010. 94 с., ил. URL: http://new.math.msu.su/diffur/main_du_2010.pdf

14. Ортега Дж., Пул У. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений/Пер. с англ.; Под ред. А. А. Абрамова. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. — 288 с. URL: <http://www.rk5.msk.ru/Knigi/ChMet/Ortega.pdf>

15. Wheeler, David A. “Why Open Source Software / Free Software (OSS/FS, FOSS, or FLOSS)? Look at the Numbers!” [Электронный ресурс] 2014. URL: http://www.dwheeler.com/oss_fs_why.html (дата обращения 15.10.2014)

programmnykh komponentov s otkrytym ishodnym kodom // Teoreticheskie i prikladnye aspekty matematiki, informatiki i obrazovaniya: Materialy Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii, 16–21 noyabrya 2014 g., g. Arhangel'sk. — Pp. 594–598. (in Russ.)

12. Morozov A.D., Dragunov T.N. Vizualizatsiya i analiz invariantnykh mnozhestv dinamicheskikh sistem. Moskva-Izhevsk: Institut komp'yuternykh issledovaniy, 2003. 304 p. (in Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19448609>

13. Astashova I.V., Nikishkin V.A. Praktikum po kursu “Differentsial'nyie uravneniya”. Uchebnoe posobie. Izd. 3-e, ispravlennoe. M.: Izd. tsentr EAOI, 2010. 94 p., il. (in Russ.) URL: http://new.math.msu.su/diffur/main_du_2010.pdf

14. Ortega Dzh., Pul U. Vvedenie v chislennyye metodyi resheniya differentsial'nykh uravnenij/Per. s angl.; Pod red. A. A. Abramova. — M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1986. — 288 p. (in Russ.) URL: <http://www.rk5.msk.ru/Knigi/ChMet/Ortega.pdf>

15. Wheeler, David A. “Why Open Source Software / Free Software (OSS/FS, FOSS, or FLOSS)? Look at the Numbers!” [Electronic resource] 2014. URL: http://www.dwheeler.com/oss_fs_why.html

Сведения об авторе

Алексей Александрович Черепанов

Аспирант, кафедра Высшей математики
Российский экономический университет
им. Г. В. Плеханова, Москва, Россия
Эл. почта: aleksey.4erepanov@gmail.com
Тел.: 8 (916) 331-87-29

Information about the author

Aleksey A. Cherepanov

Postgraduate student, Academic Department of
Higher Mathematics, Plekhanov Russian University
of Economics, Moscow, Russia
E-mail: aleksey.4erepanov@gmail.com
Tel.: 8 (916) 331-87-29

Современные технологии электронного образования

Во многих странах e-learning составляют значительную конкуренцию традиционному образованию и стал основным инструментом модернизации образования и экономического роста. Для разработки и внедрения успешных систем электронного обучения необходимы технологии, которые позволяют работать с ними произвольному количеству пользователей, предоставляя хорошую обучающую среду. В статье проводится обзор технологий, применяемых в зарубежных университетах для управления электронным образованием, таких как: 3D технологии в обучающих программах, интерактивные технологии, персонализация обучения с использованием облачных технологий и технологий больших данных.

Показано, что на сегодняшний день создано и внедрено достаточно большое число программных и технических разработок, реализующих различные механизмы внедрения информационных технологий в учебный процесс. Одним из таких разработок является использование адаптивных технологий в учебном процессе, позволяющих адаптировать обучаемого к учебному материалу, выбирать подходящий метод усвоения материала, регулировать интенсивность обучения на различных этапах учебного процесса.

Другой разработкой информационных технологий в образовании является использование облачных вычислений, позволяющих получить доступ к образовательным ресурсам преподавателям, студентам и руководителям системы образования. Выявлено, что применение облачных технологий приводит к значительному уменьшению материальных расходов на приобретение дорогостоящего оборудования и программного обеспечения, образовательный контент из облака можно получить с любого устройства (ноутбук, смартфон, план-

шет и т.д.) и в удобное для обучающегося время, достаточно иметь подключение к сети Интернет и браузер.

В среде электронного образования существует большое количество различных типов данных, как структурированных, так и неструктурированных, обработку которых трудно осуществить традиционными статистическими методами. Для обработки таких данных используются технологии обработки больших данных, такие как NoSQL и Hadoop. В статье показано, что анализ больших данных дает возможность педагогам своевременно получить информацию об обучаемых и позволяет им настроить стратегию обучения. Используя большие данные, педагоги получают редкую возможность отслеживать учащихся в течении всего процесса и выявить насколько хорошо они выполняют задания тестов, или как быстро они закончили сложные модули курса. Это позволяет им разрабатывать более персонализированные курсы электронного обучения.

В статье приведены примеры из образовательной практики, иллюстрирующие существенные изменения образовательной среды вуза, связанных с применением этих технологий в электронном образовании. Полученные результаты могут быть использованы для выработки рекомендаций при создании электронных курсов в высших и средних учебных заведениях Азербайджана.

Ключевые слова: электронное образование, облачные технологии в электронном образовании, большие данные в электронном образовании, мобильные технологии в электронном образовании, адаптивные технологии в электронном образовании.

Firudin Tarlan ogly Agaev, Gyulyara Abas gyzy Mamedova

Institute of Information Technology, Azerbaijan National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan

Modern technologies of e-learning

E-learning constitutes a significant competition to traditional education in many countries and has become a major tool for the modernization of education and economic growth. For the development and implementation of successful e-learning systems, we need technologies that allow working with them for any number of users, providing a good learning environment. The article provides an overview of the technologies used in foreign universities for managing e-learning, such as 3D technologies in training programs, interactive technologies, personalization of learning using cloud computing and big data technologies.

It is shown that today quite a large number of software and hardware development was created and introduced, implementing various mechanisms of introducing information technologies in the educational process. One of such developments is the use of adaptive technologies in the learning process, allowing the student to adapt to the training material, choose the suitable method of mastering the material, and adjust the intensity of training at different stages of the learning process.

Another development of information technologies in education is the use of cloud computing, allowing access to educational resources for teachers, students, and managers of the education system. It was revealed that the use of cloud technologies leads to a significant decrease in material costs for the purchase of expensive equipment and software, educational content

from the cloud can be accessed from any device (laptop, smartphone, tablet, etc.) and at a convenient time for the learner; it is enough to have Internet connection and a browser.

In the e-learning environment, there are many different types of data, both structured and unstructured, processing of which is difficult to implement using traditional statistical methods. For the processing of such data technologies of processing big data are used such as NoSQL and Hadoop. The article shows that the analysis of big data makes it possible for teachers to receive information about students in due time, and allows them to customize the learning strategy. Using big data, teachers get a rare opportunity to monitor the whole process and identify how well students perform tasks, or how quickly they completed the challenging course modules. This will enable them to develop more personalized e-learning courses.

The article gives examples of educational practice, illustrating the substantial change of the educational environment of the university involving the use of these technologies in e-learning. The results can be used to make recommendations for creating e-learning courses in higher and secondary educational institutions of Azerbaijan.

Keywords: e-education, cloud computing in e-learning, big data in e-learning, mobile technologies in e-learning, adaptive technologies in e-learning.

Электронное образование является новой технологией получения образования, при которой обучающийся самостоятельно изучает предметы, имея при себе комплект специальных средств обучения и возможность контакта с преподавателем на расстоянии с использованием средств информационных коммуникационных технологий.

В настоящее время уровень развития информационных технологий в республике, что подтверждено статистическими данными, (количество персональных компьютеров на душу населения, развитость и пропускная способность интернет-сетей и т.д.) [1], вполне достаточен для постепенного и динамичного развития е-образования.

Большинство исследователей, в качестве основных преимуществ электронного обучения называют [2–4]:

- доступность учебных материалов во времени и в пространстве;

- использование автоматизированных вычислительных средств для проверки тестовых заданий и хранения результатов;

- возможность оперативного обновления учебных материалов;

- использования различных средств мультимедиа, обеспечивающих наглядность обучающих материалов.

- формирование у обучающихся навыков самоорганизации и владения современными информационно-коммуникационными технологиями;

- возможность адаптации учебных материалов для обучающихся с разным уровнем подготовки.

Во всем мире развитие электронного обучения – актуальная тенденция изменений в системах образования. В последнее время электронное образование в США стало наиболее перспективной стратегией в системе национального образования. Об этом свидетельствуют и данные американского

консорциума электронного образования «Sloan» по которым, в общей сложности, осенью 2014 года 5,8 млн студентов обучались дистанционно, из них 2,85 млн. обучались on-line по всем курсам, а 2,97 миллиона – по некоторым курсам программы обучения. [5].

В мировом масштабе на развитие электронного образования в 2011 году потрачено семь триллионов долларов и, по прогнозу аналитиков, каждый последующий год будет увеличиваться ежегодно на 25% [6].

1. Технологии управления электронным образованием

В структурном плане, электронное образование состоит из:

- системы управления образованием (LMS – learning management system) – для разработки и управления всем учебным процессом в образовательном учреждении, включая онлайн-обучение, проводимые с преподавателем, управление обучающимся, отслеживание всех типов его взаимодействия в процессе обучения.

- системы управления учебным материалом (LCMS – Learning Content Management System) – для создания учебного контента. Она предоставляет авторам, дизайнерам и экспертам средства для более эффективного создания учебных материалов.

- среды для управления обучением (MLE – Managed Learning Environment) – обеспечивает администрирование учебных процессов.

На рис. 1 приводится схема технологии проектирования учебного курса университета.

Зарубежный опыт говорит о том, что при наличии качественного учебного контента и грамотного построения учебного курса, во многих учебных заведениях эффективность электронной формы обучения не уступает эффективности очной формы обучения. На рис. 2 показана примерная структура управления электронным образованием университетом.

На сегодняшний день существует множество систем управления электронным обучением. Примечательным фактом является разработка компании Adobe, широко известной своим редактором растровой графики Adobe Photoshop – пакета программ Adobe eLearning Suite, способствующих развитию инструментов и технологий для образования [7]. С его помощью можно создавать электронные учебники. Новейшая на сегодня версия пакета – Adobe Creative Suite 6 служит великолепным средством для дизайна контента электронных учебных курсов. При помощи другого продукта компании Adobe – Adobe Connect 9 можно создавать виртуальные комнаты, выпол-

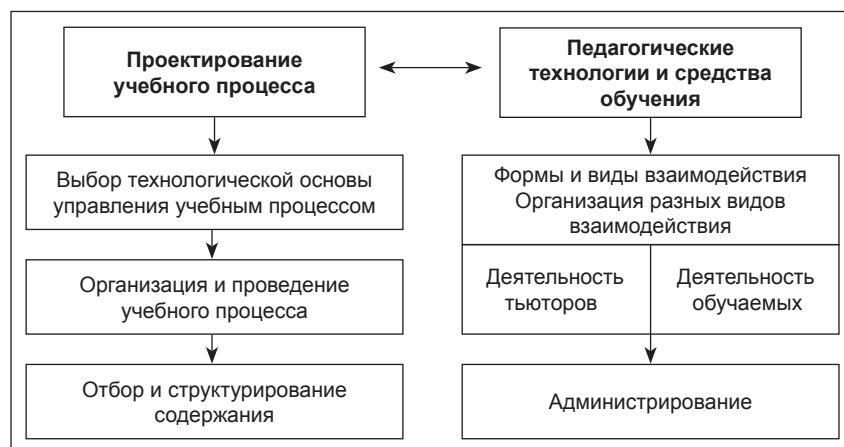


Рис. 1. Технология проектирования электронного курса



Рис. 2. Система электронного образования университета

нять контрольные задания и проводить тестирование.

Для создания веб-сайтов в среде онлайн-обучения служит разработанная профессором из Австралии Мартином Дунгиамосом система управления обучением Moodle (рис. 2) — Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment (модульная объектно-ориентированная динамическая обучающая среда) [8]. Moodle написана на языке программирования PHP и переведена на несколько десятков языков и внедрена более чем в ста пятидесяти странах мира.

Успешной системой управления курсами университета является WebCT Campus Edition, которая широко используется для доставки курсовых и других научных материалов через Интернет [9]. WebCT — является базой данных, содержащей материалы курса и служит для доступа и обзора этих материалов студентами. Эта система используется более чем 10 миллионами студентов в 80 странах мира.

Другим продуктом, разработанным и используемым международным сообществом крупнейших вузов мира, в том числе Университетом Индианы, Массачусетским технологическим институтом, Стенфордским университетом и Университетом Мичигана, является проект Sakai [10].

Возможностями программного обеспечения этого проекта являются:

- разработка курсов и организация системы управления курсами;

- управление прохождением документов, форумы, чаты, онлайн-тестирование, глоссарии, обмен файлами.

Для эффективного функционирования электронного обучения и активного вовлечения каждого из обучающихся в образовательный и исследовательский процессы в системах электронного образования используются интерактивные технологии. Интерактивность — это возможность информационно-коммуникационной системы реагировать на любые действия пользователя в активном режиме.

В этой связи следует упомянуть российскую разработку Компании «Атанор» — медиакомплекс для проекта «Электронное образование в России» [11]. В этом проекте были использованы новейшие технологии для отображения видео и управления оборудованием, системы слежения за лицом и систем распознавания жестов. Данные технологии являются инновационными для электронной образовательной среды. Система автоматически считывает жесты и выполняет команды выступающего: перелистывать слайды, сжимать и растягивать изображения, поворачивать 3D объекты. Для управления содержимым экрана докладчику не нужно склоняться над клавиатурой,

достаточно дать команду жестом руки.

Наиболее эффективной и соответствующей целям оптимального обучения является адаптивная модель, и согласно Н.П. Капустина адаптивной является «образовательная система, позволяющая каждому ученику достичь оптимального уровня интеллектуального развития в соответствии с его природными задатками и способностями» [12]. Адаптация основывается на информации, собранной системой в процессе обучения с учетом истории обучения каждого субъекта.

В связи с этим, следует упомянуть компанию Knewton, которая одной из первых стала активно применять технологии анализа данных в сфере образования [13]. В результате этой работы была создана современная система управления учебным процессом (LMS), позволяющая любому учебному заведению внедрить персонализированное обучение.

Методология Knewton основывается на технологии планирования образовательной траектории и модели обучающегося. Эта технология управления учебным процессом в реальном времени реагирует на любые действия обучающегося в системе. К примеру, если студент плохо справляется с учебным материалом, то система предлагает ему такой вариант контента, который поможет ему понять именно эти разделы учебного курса. Это поможет студенту успешно освоить учебный материал, а системе достичь поставленных целей образования.

Именно в Аризонском университете США, насчитывающем более 100 тысяч студентов, осенью 2011 года начался эксперимент с участием компании Knewton по внедрению адаптивного обучения. Предварительные итоги эксперимента показали, что результаты обучения улучшились на 18% [14].

Другим перспективным направлением электронно-

го образования является использование 3D технологий в обучении [15]. Многомерное представление изучаемых явлений и процессов в образовании обеспечивает возможность обучаемому стать участником действий в абстрактных пространствах, в которых можно задать как виртуальные условия информационного взаимодействия, так и виртуальные объекты, подчиняющиеся этим условиям. Обучаемый, попадая в виртуальный мир, попадает в пространство более широких возможностей по сравнению с тем, что предлагает не только плоский экран монитора, но и реальный окружающий мир. Реализация в учебном процессе многомерного представления изучаемых явлений и процессов позволяет ученику не только услышать изложение учебного материала, не только увидеть его трехмерное изображение, но и ощутить себя участником происходящих на экране событий. Т.к. человек более 80% информации получает через зрительные каналы и способен особенно быстро воспринимать, обрабатывать и понимать именно зрительную информацию, то использование визуальных эффектов в образовательном процессе повысит восприимчивость учебного контента обучаемым.

С другой стороны, использование технологии 3D с ее более быстрой обработкой визуальных данных создают возможности для реализации практически беспрепятственного взаимодействия преподавателя и обучаемого в трехмерном пространстве, повышая элемент наглядности всего образовательного процесса.

В электронном образовании одной из существенных составляющих должно стать также и понятие «мобильности технологий» (англ.: *mobile technologies*) [16]. И здесь может понадобиться повсеместный доступ к образовательным ресурсам, инструментам,

технологиям, включая доступ к экспертному сообществу (экспертным группам, отдельным экспертам – носителям узко-профессионального знания). С расширением и усовершенствованием именно средств мобильной телефонии (смартфонов, планшетов и прочее), спутникового и беспроводного Интернета позволит обучаемому из любой точки земного шара получать и посылать учебную информацию.

2. Технологии хранения и обработки Больших Данных

В конце октября 2013 года в Катаре (г. Доха) прошел Всемирный саммит инноваций по образованию (WISE) с призывом о радикальных переменах. На саммите участвовали ведущие педагоги, политики и члены правительства из более чем 100 стран мира. Основной задачей саммита был призыв к общественности о необходимости подготовки молодых специалистов к миру завтрашнего дня.

Но одна тема, которая привела к значительному оптимизму среди делегатов были большие данные (Big Data). Руководитель саммита Джон Фэллон высказал мнение, что “большие данные могут привести и привели к одной из самых творческих периодов в истории с точки зрения инноваций. Время, чтобы использовать эти технологии и в сфере образования” [17].

Big Data означает большой объем информации, которая поступает в электронном образовании каждую секунду через различные каналы, как правило, онлайн. Это – данные, которые являются слишком большими, сложными и динамичными. Их обычными способами трудно улавливать и управлять. Термин возник в открытых сетях, где специалисты пытались найти быстрые и более масштабируемые решения для хранения и обработки огромных объемов

данных. Благодаря достижениям в информационных технологиях, эти данные теперь могут быть интерпретированы и проанализированы, обеспечивая большую пользу в различных сферах человеческой деятельности, в том числе, и в сфере электронного образования. Big Data является свободно определяемым термином, используемый для описания настолько больших и сложных наборов данных, что становится неудобно работать с использованием стандартного программного обеспечения.

Концепции Больших Данных и методы аналитики, используемые уже сейчас, например, в сфере экономики, могут быть применены и к различным образовательным административным и учебным приложениям электронного образования, включая обработку данных, финансовое планирование, отслеживание обучающихся и мониторинг успеваемости учащихся [18].

Не только в области электронного обучения или образовательной системы, но и в любой большой организации должно быть представление о типах данных, с которыми им необходимо иметь дело. Существуют основные типы данных: структурированные и неструктурированные данные. Как правило, термин структурированные данные (СД) применяется к базам данных (БД), а неструктурированные данные (НД) относятся ко всем остальным типам данных (текст, видео, звук и т.д.).

Oracle SQL, разработанный для использования с Oracle Big Data Appliance и Oracle Exadata Database Machine, позволяют без проблем использовать SQL запросы для доступа к большим данным, хранящимся в Hadoop, реляционных базах данных, а также хранилищах NoSQL [19].

Big Data требует огромного количества дискового пространства. Типичное хранили-

ще больших данных и анализ инфраструктуры будет основываться на кластерном подключенном к сети хранения данных (NAS – Network Area Storage). Кластерная инфраструктура NAS требует настройки нескольких NAS «переходных устройств», включающим в себя несколько запоминающих устройств, подключенных к NAS устройству. Серия устройств NAS затем соединены между собой, чтобы позволить массовое совместное использование и поиск данных.

Некоторые учебные заведения, из-за дороговизны, не смогут позволить себе принять кластерную технологию NAS. Поэтому, для удовлетворения своих потребностей в больших данных, смогут рассмотреть использование ряда облачных вычислений. Обратите внимание, что облачные вычисления уже сейчас становятся реальностью для многих предприятий, с частными облачными размещениями. Облачные технологии созревают и устраняют препятствия для улучшения безопасности и интеграции данных, в то время как ИТ-организации развиваются для поддержки доставки облачных сервисов. В результате, предприятия демонстрируют растущее доверие в доставке облачных моделей.

3. Облачные технологии для хранения больших данных электронного образования

Одним из перспективных направлений развития современных информационных технологий являются облачные технологии [20].

Под облачными технологиями (англ. cloud computing) понимают технологии распределенной обработки данных, в которой компьютерные ресурсы и мощности предоставляются пользователю как интернет сервис.

Современные облачные технологии для поддержки требований больших данных

(Big Data) по хранению и вычислению предлагают для пользователей гибкие модели доставки и масштабируемую инфраструктуру.

В облаках могут находиться не просто огромные объемы необработанных данных, но и данные в их изначальном формате. Новые технологии позволяют их обработать тогда, когда это потребуется. Например, Hadoop, созданный с помощью языка Java, позволяет аналитикам хранить огромные массивы данных, размещая их на большом количестве недорогих серверов, а затем, с помощью MapReduce на виртуальной машине Java (JVM), координировать, объединять и обрабатывать данные.

Так, запущенный Мадридским научно-исследовательским институтом IMDEA Networks, Политехническим университетом Мадрида и Университетом короля Хуана Карлоса амбициозный проект Cloud4BigData [21], предназначен для облегчения конвергенции технологий Big Data в облачную инфраструктуру. Это проект позволяет в электронном образовании достигнуть: гибкости; масштабируемости; доступности; качества обслуживания простоты использования; безопасности и конфиденциальности.

Другими проектами технологии Hadoop являются приложения: Spark Apache и Apache Storm [22]. Эти приложения позволяют легко и надежно обрабатывать неограниченные потоки данных в реальном времени.

Apache Hadoop является мощной программной платформой, используемой для обработки больших данных. Это та самая платформа, используемая для облачных вычислений, таких как, Yahoo!, Amazon, Facebook, eBay и т.д. Основным компонентом Hadoop является Hadoop Distributed File System (HDFS) для распределенного хранения и параллельной обработки данных, способный хранить ог-

ромные объемы информации, постепенно увеличивать масштаб и хранить инфраструктуру без потери данных.

Помимо Apache Spark и Storm, для Java-разработчиков представляет интерес еще один проект – DeepLearning4J [23], предназначенный для создания библиотеки машинного обучения, для Java и Scala, интегрированную с Hadoop и Spark. Разработку можно использовать для решения следующих задач электронного обучения:

- распознавания лиц или изображений;
- голосовой поиск;
- распознавание речи (преобразование ее в текст);
- фильтрации спама;
- предотвращение мошенничества в электронном образовании
- регрессионный анализ данных.

Заключение

Современная образовательная система в Азербайджане сегодня очень нуждается в обновлении методик работы, качественной модернизации и перестройки. Одним из таких средств, позволяющих существенно повысить эффективность процесса получения знаний и навыков является внедрение электронного образования.

Использование современных средств ИКТ в электронном образовании позволяет повысить эффективность образовательного процесса, увеличивает педагогическое воздействие на формирование творческого потенциала обучаемого. Для повышения эффективности электронного образования необходимо использование современных ИКТ технологий: в образовательном процессе: облачных технологий, 3D технологий, мобильных технологий и др., для чего необходимо развивать научно-техническое сотрудничество учебных заведений по этой проблематике.

Литература

1. URL: www.stat.gov.az
2. Сатунина А.Е. Электронное обучение: плюсы и минусы // Современные проблемы науки и образования. 2006. No. 1. С. 89–90.
3. Ferguson, R. Learning analytics: Drivers, developments and challenges // International Journal of Technology Enhanced Learning, 2012. 4(5/6). P. 304–317.
4. Alvarez, C., Salavati, S., Nussbaum, M., & Milrad, M. Collboard: Fostering new media literacies in the classroom through collaborative problem solving supported by digital pens and interactive whiteboards // Computers and Education. 2013. 63. P. 368–379.
5. Online Report Card – Tracking Online Education in the United State. 2015. URL: <https://onlinelearningconsortium.org>.
6. U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics. (2011). The Condition of Education 2011 (NCES 2011-033), Indicator 43.
7. URL: www.adobe.com/resources/elearning
8. B. Williams, M. Dougiamas Moodle for Teachers. 2005. URL: Moodle.org
9. Yefim Kats. Learning management system technologies and software solutions for online teaching: Tools and application. Ellis University & Rivier college, 2010. P. 461.
10. Alan Mark Berg, Michael Korcуска. Sakai courseware management: The official guide. Packt Publishing. Ltd, 2009. P. 349.
11. URL: www.atanor.r
12. Капустин Н.П. Педагогические технологии адаптивной школы. М.: Академия, 1999. 216 с.
13. URL: www.knewton.com
14. URL: www.arizona.edu
15. URL: <https://www.google.com/work/apps/education/>
16. Kumari Madhuri, Vikram Singh, Mobile Learning: An Emerging Learning Trend HiTech Whitepa-per. 2009. 11.
17. URL: www.wise-qatar.org/2013-wise-summit#5
18. Picciano A.G. The evolution of big data and learning analytics in American higher education // Journal of Asynchronous Learning Networks. 2012. Vol. 16. No. 3. P. 9-20.
19. Harist M. New Technology Bridges Oracle, Hadoop, and NoSQL Data Stores. URL: <http://www.oracle.com/us/corporate/features/big-data-sql/index.html>
20. Lee G. Cloud Computing: Principles and Application. L: Springer, 2010 (Computer Communication and Networks) 279 p.
21. URL: www.networks.imdea.org/research/projects/cloud4bigdata
22. URL: www.storm.apache.org
23. URL: www.spark.apache.org
24. URL: www.deeplearning4j.org

References

1. URL: www.stat.gov.az
2. Satunina A.E. Elektronnoe obuchenie: plyusy i minusy // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2006. No. 1. P. 89–90. (in Russ.)
3. Ferguson, R. Learning analytics: Drivers, developments and challenges // International Journal of Technology Enhanced Learning, 2012. 4(5/6). P. 304–317.
4. Alvarez, C., Salavati, S., Nussbaum, M., & Milrad, M. Collboard: Fostering new media literacies in the classroom through collaborative problem solving supported by digital pens and interactive whiteboards // Computers and Education. 2013. 63. P. 368–379.
5. Online Report Card – Tracking Online Education in the United State. 2015. URL: <https://onlinelearningconsortium.org>.
6. U.S. Department of Education, National Center for Education Statistics. (2011). The Condition of Education 2011 (NCES 2011-033), Indicator 43.
7. URL: www.adobe.com/resources/elearning
8. B. Williams, M. Dougiamas Moodle for Teachers. 2005. URL: Moodle.org
9. Yefim Kats. Learning management system technologies and software solutions for online teaching: Tools and application. Ellis University & Rivier college, 2010. P. 461.
10. Alan Mark Berg, Michael Korcуска. Sakai courseware management: The official guide. Packt Publishing. Ltd, 2009. P. 349.
11. URL: www.atanor.r
12. Kapustin N.P. Pedagogicheskie tekhnologii adaptivnoi shkoly. M.: Akademiya, 1999. 216 p. (in Russ.)
13. URL: www.knewton.com
14. URL: www.arizona.edu
15. URL: <https://www.google.com/work/apps/education/>
16. Kumari Madhuri, Vikram Singh, Mobile Learning: An Emerging Learning Trend HiTech Whitepa-per. 2009. 11.
17. URL: www.wise-qatar.org/2013-wise-summit#5
18. Picciano A.G. The evolution of big data and learning analytics in American higher education // Journal of Asynchronous Learning Networks. 2012. Vol. 16. No. 3. P. 9-20.
19. Harist M. New Technology Bridges Oracle, Hadoop, and NoSQL Data Stores. URL: <http://www.oracle.com/us/corporate/features/big-data-sql/index.html>
20. Lee G. Cloud Computing: Principles and Application. L: Springer, 2010 (Computer Communication and Networks) 279 p.
21. URL: www.networks.imdea.org/research/projects/cloud4bigdata
22. URL: www.storm.apache.org
23. URL: www.spark.apache.org
24. URL: www.deeplearning4j.org

Сведения об авторах**Фирудин Тарлан оглы Агаев**

Кандидат технических наук,
заведующий отделом
Институт Информационных Технологий,
Национальная Академия Наук Азербайджана,
Баку, Азербайджан
Эл. почта: depart10@iit.ab.az
Тел.: (994 12) 539-72-13

Гюляра Абас гызы Мамедова

Старший научный сотрудник
Институт Информационных Технологий
Национальной Академии Наук Азербайджана,
Баку, Азербайджан
Эл. почта: gyula.ikt@gmail.com
Тел.: (994 12) 539-72-13

Information about the authors**Firudin Tarlan ogly Agaev**

Cand. Sci. (Engineering), Head of Department
Institute of Information Technology, Azerbaijan
National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan
E-mail: depart10@iit.ab.az
Tel.: 8 (994 12) 539-72-13

Gyulyara Abas gyzy Mamedova

Senior Researcher
Institute of Information Technology, Azerbaijan
National Academy of Sciences, Baku, Azerbaijan
E-mail: gyula.ikt@gmail.com
Tel.: (994 12) 539-72-13

Learning Management System как необходимый элемент Blended Learning

Целью настоящей работы было рассмотрение подходов к выбору программных платформ для сопровождения дистанционного, электронного и комбинированного обучения.

В статье дана краткая информация об эволюции электронных систем обучения, а также предложено объяснение для использования термина «комбинированное обучение» в случае применения «blended learning». Представлены результаты сравнительного анализа для систем управления контентом и процессом обучения на примере Moodle 3.2 и DiSpace 2.0, последний из которых является обновленной версией программной платформы, разработанной Новосибирским государственным техническим университетом. Среди рассмотренных характеристик электронных систем обучения: функциональные возможности модулей и подсистем; условия авторизации, установки и поддержки; удобство интерфейса и другие параметры. Приведены результаты анкетирования студентов по оценке показателей ка-

чества электронной среды обучения DiSpace 2.0. (дружелюбность интерфейса, удобство общения, функциональная полнота) и электронного учебно-методического комплекса (доступность, полнота содержания, удобство представления, вовлеченность в учебный процесс, актуальность).

В заключении отмечено, что вне зависимости от выбора конкретной learning management system она должна отвечать основным критериям, предъявляемым к базовым платформам: открытости, расширяемости, стабильности, документированности и постоянному развитию.

Ключевые слова: электронное и комбинированное обучение, электронные образовательные ресурсы, дистанционные образовательные технологии, информационно-коммуникационные технологии, электронные образовательные среды.

Olga V. Andryushkova¹, Mikhail A. Gorbunov², Anna V. Kozlova²

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

Learning management system as a necessary element of blended learning

The objective of the given work was to study approaches to the choice of software platforms for supporting distance, blended and e-learning. The article presents brief information about the evolution of e-learning systems, and the explanation is given of using the term “blended learning” in case of applying it. The results of comparative analysis are given for systems of managing content and education process exemplified by Moodle 3.2 and DiSpace 2.0, the latter of which is an updated version of a software platform developed by Novosibirsk State Technical University. The following characteristics of e-learning systems were studied: functionalities of modules and subsystems; terms of authorization, installation and support; interface convenience and other parameters. The results are given of polling students about evaluating the indicators of the quality of DiSpace 2.0

e-learning environment (interface friendliness, communication convenience, functional completeness) and electronic educational-methodical complex (availability, content completeness, presentation convenience, involvement in the educational process, topicality).

It is pointed in the conclusion, that regardless of the particular learning management system, it should meet the main criteria imposed to basic platforms: openness, expendability, stability, documented nature, and constant development.

Keywords: e-learning and blended learning, e-learning resources, distance learning technologies, information and communication technologies, e-learning environment.

Введение

В условиях системного подхода к проектированию учебного процесса, использующего богатый потенциал электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) [1], когда основные ориентиры в организации и управлении обучением, а также в структуре ресурсно-методического обеспечения задаются требованиями, определяемыми выбранной технологией комбинированного

обучения (КО) [2–3], немаловажную роль играет выбор платформы или электронной среды обучения, удовлетворяющей всем требованиям учебного процесса.

Как показал опыт [4] использование ДОТ повышает вовлеченность студентов в процесс обучения, способствует его активизации за счет интерактивных методик и приемов, формирует заинтересованное отношение студентов к собственным результатам обучения и способствует их

самостоятельности, например, за счет формирования индивидуальной траектории обучения [5–7]. Стимулирование самостоятельной работы студентов, в свою очередь, ведет к интенсификации индивидуальной работы с электронными образовательными ресурсами (ЭОР), а также влияет на выработку навыков командной работы в модулях электронных образовательных сред (ЭОС), например, в семинарах и других формах обучения, предполагающих совместную работу

Примеры электронных систем обучения

Свободно распространяемые ЭСО	Коммерческие ЭСО
• Moodle • LAMS • Sakai • ATutor • Claroline • ILIAS • и пр.	• Blackboard • Angel • Learning Space 5.0 (Lotus/IBM) • Learn eXact • Fronter • eLearning 4G (Гиперметод) • и пр.

обучающихся. Таким образом, увеличение независимости и самостоятельности студентов в процессе реализации различных моделей, использующих элементы ЭО, как, например, в случае с КО, является одной из целей, к которой стремятся преподаватели в своей деятельности.

Надо отметить, что до тех пор, пока на законодательном уровне не закрепили за «blended learning» однозначного русскоязычного термина, в образовательных организациях придерживаются различных точек зрения на то, каким термином пользоваться — «комбинированное» или «смешанное» обучение. Однако, например, с точки зрения естественнонаучного подхода, под понятием «смеси», полученной в результате процесса смешения, понимают систему, состоящую из двух и более компонентов, часто не взаимодействующих и не сочетающихся между собой. Подобные системы, как правило, характеризуются высокой степенью неупорядоченности и энтропии. Толкование же термина «комбинирование», с точки зрения, например, промышленного производства, подразумевает соединение или объединение нескольких специализированных взаимосвязанных разнообразных отраслей, в строгой последовательности выполняющих технологические операции. А одно из токований термина «комбинация» — это сочетание согласованных действий, предпринимаемых для достижения определенных целей. Поэтому, с нашей точки зрения, использование термина «комбинированное обучение» более оправданно и корректнее отражает суть процесса обучения, построенного на технологиях ЭО и традиционного преподавания.

Что касается понятий, принципов, технических и дидактических средств, используемых в условиях реализации дистанционного и электрон-

ного обучения, то они подробно описаны в работах [8–13]. При этом, начиная от самых первых шагов использования элементов ЭО на практике, до наших дней преподаватели и организаторы учебного процесса находятся в ситуации поиска и/или выбора подходящей ЭОС [14–17]. Требования к платформам с течением времени усложнялись от способности обеспечить разработку и доставку электронных курсов, коммуникации, текущую аттестацию, выработку навыков межличностного общения в условиях командной деятельности, к способности решать проблему управления учебной деятельностью студента.

На сегодняшний день существует множество уже готовых решений для реализации дистанционного и электронного обучения (по оценкам экспертов их несколько сотен) и образовательные организации (ОО) вправе выбирать подходящую для себя систему поддержки учебного процесса из списка коммерческих или свободно распространяемых, несколько примеров которых приведены в табл. 1.

Следует, однако, отметить, что большинство зарубежных систем не поддерживает, характерное для ВУЗов РФ обучение с привязкой к учебному плану, разбитому на семестры (и учебные недели), иногда отсутствуют подсистемы деканатов (учебных отделов), студенческих отделов кадров, учебных и исследовательских кафедр и т.п. А случае функционирования в ВУЗе информационно-аналитической (корпоративной) системы не-

избежно встает также вопрос о возможности интеграции/совместимости систем между собой. Достаточно полный сравнительный обзор свободно распространяемых систем ЭО рассмотрен в работах [18, 19].

Таким образом, для образовательной организации (ОО), по-видимому, существует несколько вариантов получения программной платформы для ЭО: использование уже имеющихся готовых решений по электронным средам, коммерческих или с открытой лицензией (см. табл. 1.); аутсорсинг; использование продуктов Office 360 Microsoft [20] или, наконец, разработка собственной платформы для поддержки электронного обучения.

1. Сравнение электронных систем поддержки обучения DiSpace 2.0 и Moodle 3.2

В ходе анализа существующих в России организационных форм обучения с применением ДОТ и практического опыта работы по программам ВО и ДПО, стало очевидным, что качество учебного процесса всецело зависит от развития структуры ресурсного обеспечения, которая может быть представлена в виде схемы, например, как на рис. 1.

Визуально иерархию систем, предназначенных для сопровождения электронного обучения, часто представляют в виде пирамиды в порядке усложнения от средств разработки и управления контентом к системе управления обучением и учебным контентом. Другой вид классификации систем для ЭО представлен на рис. 2 и,

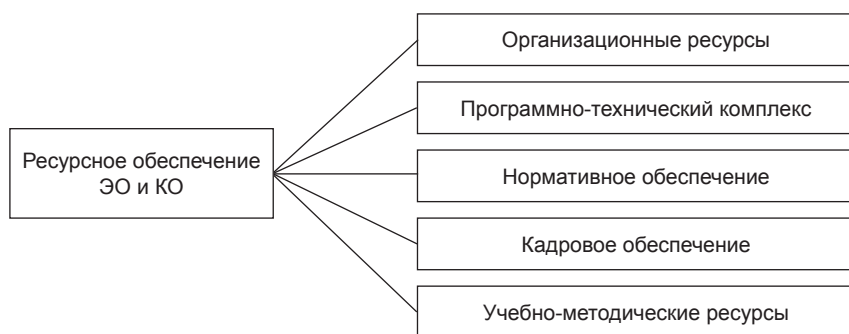


Рис. 1. Ресурсное обеспечение комбинированного обучения

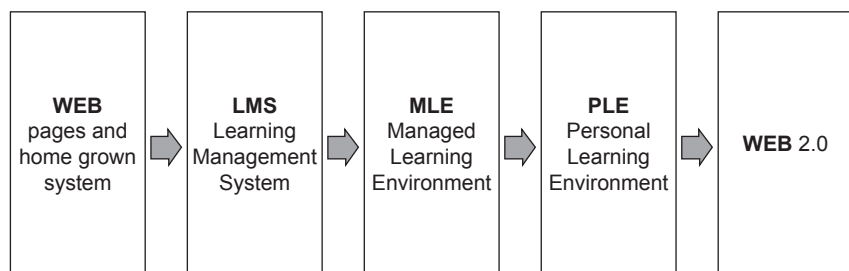


Рис. 2. Развитие электронных систем управления обучением

по-видимому, также является достаточно условным, поскольку на сегодняшний день ЭСО являются многомодульными системами и способны выполнять комбинацию функций: систем обучения, управления и использования сервисов социальных сетей для учебных целей, как, например, Web 2.0. Наиболее часто на практике используются именно LMS [21, 22].

Однако, очевидно, что выбор платформы, реализующей функции системы управления обучением, является ключевым этапом на пути достижения качественного обучения. Так некорректный выбор этого составного элемента в общей технологии обучения приводит не только к излишним финансовым расходам, но и к неоправданным временным трудозатратам преподавателей и, как следствие, к снижению мотивации в использовании элементов ЭО в целом со стороны всех участников учебного процесса. Таким образом, недостаточное удобство (usability) системы для пользователя может привести к серьезным проблемам с внедрением технологий ЭО в ВУЗе.

Разработка собственной ЭСО по силам не каждой образовательной организации, поэтому университетов с собственными программно-техническими комплексами в этой области немного (например, НГТУ им. Р.Е. Алексеева, ОмГУ им. Ф.М. Достоевского, Белгородский ГУ, Саратовский ГУ (Ipsilon 2.0) и др.), поскольку такого типа проекты являются высоко рискованными. Однако, в результате успеха, безоговорочными аргументами в пользу собственной разработки является то, что:

- разработанная ЭСО отвечает потребностям конкретной образовательной организации;
- университет обладает полными авторскими правами на программный продукт;
- поддержка и дальнейшее развитие осуществляются авторами-разработчиками системы, поэтому корректировка осуществляется достаточно оперативно и качественно.

Существуют и дополнительные «бонусы» в сфере учебной деятельности для обучающихся по магистерским и аспирантским программам, которые могут участвовать в выполнении работ по созданию уни-

верситетской платформы, что в свою очередь способствует развитию научно-исследовательских и инженерных проектов в области информатизации образования.

Так в Новосибирском государственном техническом университете [23] Лабораторией мультимедийных средств обучения Института дистанционного обучения была разработана система управления обучением и контентом DiSpace 2.0 [24], которая написана на PHP-фреймворке Kohana 2.3, основанном на PHP версии 5.3. В качестве СУБД взята MySQL, с использованием доктрины ORM. Архитектура разработанной системы базируется на использовании модели MVC «Модель-представление-контроллер», в которой модель данных приложения, пользовательский интерфейс и управляющая логика разделены на три отдельных компонента так, что модификация одного из компонентов оказывает минимальное воздействие на остальные. Адрес размещения системы DiSpace: <http://dispace.edu.nstu.ru>.

В качестве информационного обеспечения используется СУБД MySQL, как достаточно быстрый многопоточный, многопользовательский надежный SQL-сервер баз данных (SQL — язык структурированных запросов). Таблицы связываются между собой при помощи отношений, благодаря чему обеспечивается возможность объединять при выполнении запроса данные из нескольких таблиц.

Программное обеспечение модулей разрабатывается на языке программирования PHP, который является препроцессором гипертекста и популярным сценарным языком общего назначения. Важной чертой PHP является его совместимость с огромным количеством других систем и продуктов.

Взаимодействие PHP и SQL реализовано с помощью до-

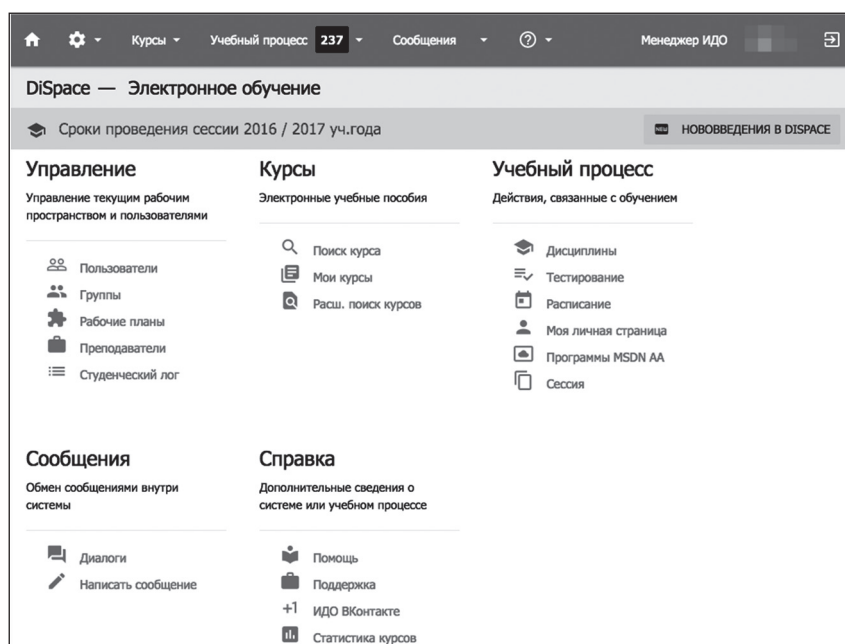


Рис. 3. Страница DiSpace 2.0 рабочего пространства менеджера

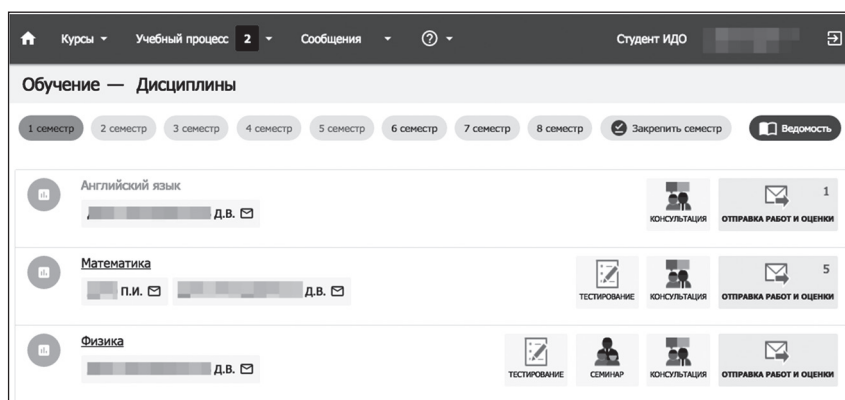


Рис. 4. Страница DiSpace в рабочем пространстве студента

ктрины ORM — Object Relational Mapper. Использование MVC и ORM позволило организовать PHP-код в виде изолированных и логически обособленных моделей в виде сущностей «Курс», «Раздел курса», «Файл курса», «Тест», а также в виде библиотеки доступа к сущностям БД, что позволяет дополнять функционал системы и модернизировать его согласно новым требованиям.

DiSpace обеспечивает поддержку обучения на уровне планирования и организации учебного процесса на базе учебных планов и академических групп; возможна гибкая настройка на различные целевые группы внутри и вне университета и возможность

интеграции с корпоративной информационно-аналитической системой университета. Оригинальным решением заказчиков и разработчиков СДО представляется возможность создания архитектуры рабочих пространств. Причем, каждое рабочее пространство может быть настроено в соответствии с организационными особенностями процесса обучения для различных целевых групп

(системы ВО, ДПО, общего образования): деление периода обучения на семестры, четверти, дни; гибкая настройка состава и наименования ролей (преподаватель, учитель, зав. кафедрой, студент, ученик, слушатель, тьютор, менеджер и др. (рис. 3 и 4)); возможна также настройка набора привилегий для каждой роли.

Поскольку в большинстве ВУЗов РФ для обеспечения электронного обучения используется программная платформа Moodle поэтому мы сравнили основные характеристики двух систем DiSpace 2.0 и Moodle 3.2. [25–26] и представили результаты в табл. 2–4. Из дополнительных «плюсов» для системы Moodle необходимо подчеркнуть, что она безусловно наиболее распространена в мире и спектр возможностей с каждой новой выпускаемой версией существенно расширяется.

Наличие прав GNU GPL на средства разработки (PHP и MySQL) для DiSpace 2.0 создает условия для возможности тиражирования системы на условиях правообладателя.

Общей характеристикой для рассматриваемых систем является возможность их применения практически для всех целевых групп вне- и внутри университета и для всех форм обучения.

Общим в настройке систем оценивания является то, что преподаватель может создавать и использовать в рамках курса любую систему оценивания (зачет/незачет, 5-бальное оценивание, либо только ECTS-баллы). Все отметки по каждому курсу хранятся в сводной ведомости/журнале.

Таблица 2

Сравнение систем DiSpace 2.0 и Moodle 3.2

Характеристики	Moodle 3.2.	DiSpace 2.0 НГТУ
Лицензия	GNU GPL на саму систему	GNU GPL на средства разработки (PHP и MySQL). Правообладатель НГТУ
Использование в России	Применяется в ОО различного уровня	Применяется в НГТУ, экспериментальное использование на Химическом факультете МГУ им. М.В. Ломоносова

Сравнение функциональных возможностей модулей и подсистем DiSpace 2.0 и Moodle 3.2

Методология		
1. Модули и подсистемы		
Обмен файлами между преподавателем и студентами, между студентами. Семинары. Форумы/консультации. Обмен сообщениями. Портфолио обучающегося. Система оценивания. Регистрация посещаемости и учебная активность обучающихся. Наличие визуального web-редактора. Вебинар	Да	
Поиск по курсу, автору и пр.	Нет	Да
2. Процесс обучения		
Центральная часть ориентирована на	обучение по краткосрочным курсам без привязки к учебному плану	учебный план, все ЭОР привязаны к учебному плану
3. Элементы курса		
Контент (размещение учебно-методических материалов виде текстовых, аудио-, видео файлов)	Да	
Задания. Форум/консультации. Wiki. Тесты. Игры Семинары.	Да	
Глоссарий	Да	Нет
Администрирование учебного процесса	Внутри отдельного курса	Да
Учебные группы, привязанные к курсу	Да	
Учебные группы, соответствующие учебному плану. Учебные планы. Привязка учебных материалов к факультетам, направлениям и профилям. Привязка курсов к семестрам (курс может быть привязан к разным семестрам для разных направлений и профилей), к классам	Нет	Да
Длительность курсов	Не более года	Не ограничено, разделение на семестры, четверти и пр.
4. Элемент тестирования		
Типы вопросов		
Одиночный выбор. Ассоциации	Нет	Да
Вложенные ответы. Верно/Неверно. Множественный вычисляемый. Простой вычисляемый	Да	Нет
Множественный выбор. На соответствие. Эссе. Случайный вопрос. Краткий ответ. Упорядочение. Числовой ответ. Обработка результатов.	Да	
5. Соответствие дидактике преподавания в ОО РФ	Требуется доработка	Да

Таблица 4

Сравнение условий авторизации, удобства интерфейса, поддержки разработчиками и сложности освоения пользователями

Авторизация	Двухфакторная (логин, пароль)	Единая система авторизации вуза или двухфакторная для внешних пользователей
Самозапись по кодовому слову	Да	Нет
Полнотекстовый доступ закрыт паролем	Нет	Да
Установка	Установка посредством копирования на сервер.	
Удобство интерфейса	Не очень удобен в силу того, что крайне расширен и часть элементов не переведена на русский язык и не имеет комментариев	Удобен, т.к. прост из-за наличия только необходимого функционала. Имеется частичная поддержка мобильных устройств (адаптивный интерфейс с поддержкой устройств с шириной экрана от 320px)
Поддержка	Только документацией	Поддержка разработчиков и документацией
Контекстная помощь	Да, но русификация неполная	Частичная, доступна на страницах, могут возникнуть сложности
Поддержка разработчиками	Нет, так как система open-source	Да: лично, по телефону, средствами системы, e-mail
Русская локализация	Частичная, ряд настроек не имеют перевода и комментариев	Полная
Сложность освоения системы в зависимости от уровня компетенций в ИКТ		
Пользователями уверенно владеющим базовыми навыками ИКТ	Средняя/высокая	Легкая (поддержка группой разработчиков)
Пользователями с начальным уровнем владения навыками в ИКТ	Высокая	

Из общих для двух систем характеристик следует отметить наличие гостевого доступа к контенту, приемлемые системные требования и возможность публикации материалов по мере готовности.

Вместе с тем, DiSpace 2.0. обладает еще следующими дополнительными возможностями:

- имеется функционал экспортирования материалов курсов на локальный носитель, что очень удобно, т.к. позволяет работать с ЭОР и в отсутствии интернета;
- поддержка импорта материалов курса с локального носителя в систему;
- возможность создавать электронные учебные материалы для курсов – доступные офлайн набор папок и связанных гиперссылками html-документов;
- в систему тестирования также внедрены:
 - визуальный редактор текста WYSIWYG;
 - импорт в систему тестов в формате QTI 2.0, включая экспортированные из Moodle (для версий, которые поддерживают экспорт в этот формат) и др.

В 2016–2017 учебном году в преподавании дисциплины «Общая химия» для одного из потоков студентов геологического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова была использована LMS DiSpace 2.0. Целью проведения эксперимента являлось изучение системы пользователями со стороны МГУ, апробация возможности удаленного использования системы студентами стороннего вуза, получение обратной связи, а также взаимный обмен опытом (страница курса приведена на рис. 4).

На основании сформулированных в [27] основных принципов, определяющих «нормы» качества электронной среды обучения и электронного учебно-методического ком-

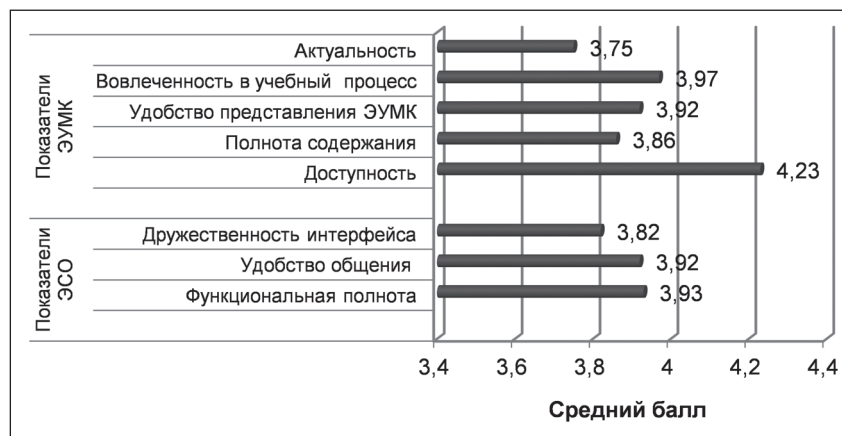


Рис. 5. Диаграммы распределения среднего балла по показателям качества ЭУМК и ЭСО

плекса (ЭУМК), были составлены анкеты по показателям «Качество ЭУМК» и «Качество ЭСО», в условиях реализации комбинированного обучения по дисциплине «Общая химия».

В конце семестра было проведено анонимное анкетирование студентов, всего обработано 66 анкет студентов (83,5% от общего потока). Результаты по показателям качества ЭУМК и ЭСО представлены на рис. 5. Оценка каждого показателя проводилась по шкале от 1 до 5.

Как следует из диаграммы на рис. 5, студенты достаточно активно использовали представленные в курсе учебные материалы для домашней подготовки к лабораторным и аудиторным контрольным работам. Более низкий балл получен по показателю «Актуальность» – 3,75, что можно объяснить тем, что материал, по некоторым разделам общей химии был отчасти знаком студентам по школьному курсу и поэтому оценен как менее актуальный. На основании этого, при дальнейшей доработке ЭУМК, можно рекомендовать включить дополнительные материалы по химии элементов и расширить разделы курса общей химии, включив информацию об электрохимических процессах и коллоидных системах.

Выводы

Таким образом, рассмотренный сравнительный анализ широкого спектра характеристик платформ обучения с одной стороны и, результаты анкетирования студентов по показателям качества ЭСО, с другой стороны, показывают достаточно хорошие результаты по критериям «удобство общения» и «функциональная полнота» и на одну десятую ниже по показателю «дружественность интерфейса», что может свидетельствовать о необходимости более тщательной настройки оповещений, формирования и обновление сводной таблицы общего рейтинга в реальном времени. Разработанный ЭУМК, по свидетельству студентов, оказался полезным и востребованным ресурсом, а результаты проведенного анкетирования могут быть использованы для дальнейшего совершенствования курса.

В заключение необходимо отметить, что какой бы вариант LMS ВУЗ не выбрал, необходимо понимать, что любая базовая платформа должна отвечать требованиям открытости, расширяемости, стабильности, документированности и постоянного развития.

Литература

1. Приказ Министерства образования и науки РФ от 09.01.2014 No.2 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ». URL: <https://rg.ru/2014/04/16/obuchenie-dok.html>
2. *Marçal Júlia, Caetano António*. Corporate blended learning in Portugal: Current status and future directions. URL: <http://www.eurodl.org/?p=archives&year=2010&halfyear=1&article=405>
3. *Кухаренко В.* Комбинированное (смешанное) обучение. URL: http://kvn-e-learning.blogspot.ru/2012/08/blog-post_22.html
4. Педагогические технологии дистанционного обучения : учеб. пособие для студ. высш. учебных заведений / Е.С. Полат [и др.]; под ред. Е.С. Полат. 2-е изд., стер. М.: издательский центр «Академия», 2008. 400 с.
5. Учебно-методический комплекс как средство активизации самостоятельной работы студентов технического университета. Чупрова Л.В и др. URL: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/5/50.pdf>.
6. *Гусейнова Е.Л.* Самостоятельная работа студентов в условиях дистанционного обучения // Нефтегазовое дело. 2013. No. 2. С. 438 – 449. URL: http://ogbus.ru/authors/GuseynovaEL/GuseynovaEL_1.pdf
7. Глазунова Е.Г. Факторы эффективной организации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений с использованием технологий e-learning // Дистанционное и виртуальное обучение. 2013. No. 11. С. 36–51.
8. *Андреев А.А., Солдаткин В.И.* Дистанционное обучение: сущность, технология, организация. М.: Издательство МЭСИ, 1999. 196 с.
9. *Андреев А.А.* Дистанционное обучение и дистанционные образовательные технологии // Открытое образование. 2013. No.5(100). С. 40–46.
10. Дистанционное образование в России. Постановка проблемы и опыт организации. Сост. Овсянников В.И. М.: РИЦ «Альфа» МГО-ПУ им. М.А. Шолохова, 2001.
11. *Можяева Г.В.* Учебный процесс в системе дистанционного образования // Открытое и дистанционное образование. 2000. No. 1. С. 11–17.
12. *Соловов А.В.* Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология. Самара: «Новая техника», 2006. 462 с.
13. *Можяева Г.В.* Электронное обучение в ВУЗе: современные тенденции. // Гуманитарная информатика. 2013. Вып. 7. С. 126–138.
14. *Готская И.Б., Жучков В.М. Кораблев А.В.* Аналитическая записка «Выбор системы дистанционного обучения», РГПУ им. А.И Герцена URL: <https://ra-kurs.spb.ru/2/0/2/1/?id=13>

References

1. Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki RF ot 09.01.2014 No.2 «Ob utverzhdenii Porjadka primeneniya organizacijami, osushhestvljajushhimi obrazovatel'nuju dejatel'nost', jelektronnogo obuchenija, distancionnyh obrazovatel'nyh tehnologij pri realizacii obrazovatel'nyh programm». URL: <https://rg.ru/2014/04/16/obuchenie-dok.html> (In Russ.)
2. *Marçal Júlia, Caetano António*. Corporate blended learning in Portugal: Current status and future directions. URL: <http://www.eurodl.org/?p=archives&year=2010&halfyear=1&article=405>
3. *Kukharenko V.* Kombinirovannoe (smeshannoe) obuchenie. URL: http://kvn-e-learning.blogspot.ru/2012/08/blog-post_22.html (In Russ.)
4. Pedagogicheskie tekhnologii distantsionnogo obucheniya : tutorial / E.S. Polat [et al]; Eds. E.S. Polat. 2-d ed. Moscow: izdatel'skii tsentr «Akademiya», 2008. 400 p. (In Russ.)
5. Uchebno-metodicheskii kompleks kak sredstvo aktivizatsii samostoyatel'noi raboty studentov tekhnicheskogo universiteta. Chuprova L.V et al. URL: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/5/50.pdf>. (In Russ.)
6. *Guseynova E.L.* Samostoyatel'naya rabota studentov v usloviyakh distantsionnogo obucheniya // Neftegazovoe delo. 2013. No. 2. P. 438 – 449. URL: http://ogbus.ru/authors/GuseynovaEL/GuseynovaEL_1.pdf (In Russ.)
7. *Glazunova E.G.* Faktory effektivnoi organizatsii samostoyatel'noi raboty studentov vysshikh uchebnykh zavedenii s ispol'zovaniem tekhnologii e-learning // Distantsionnoe i virtual'noe obuchenie. 2013. No. 11. P. 36–51. (In Russ.)
8. *Andreev A.A., Soldatkin V.I.* Distantsionnoe obuchenie: sushchnost', tekhnologiya, organizatsiya. Moscow: Izdatel'stvo MESI, 1999. 196 p. (In Russ.)
9. *Andreev A.A.* Distantsionnoe obuchenie i distantsionnye obrazovatel'nye tekhnologii // Otkrytoe obrazovanie. 2013. No. 5 (100). P. 40–46. (In Russ.)
10. Distantsionnoe obrazovanie v Rossii. Postanovka problemy i opyt organizatsii. Sost. Ovsyannikov V.I. M.: RITs «Al'fa» MGOPU im. M.A. Sholokhova, 2001. (In Russ.)
11. *Mozhaeva G.V.* Uchebnyi protsess v sisteme distantsionnogo obrazovaniya // Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie. 2000. No. 1. P. 11–17. (In Russ.)
12. *Solovov A.V.* Elektronnoe obuchenie: problematika, didaktika, tekhnologiya. Samara: «Novaya tekhnika», 2006. 462 p. (In Russ.)
13. *Mozhaeva G.V.* Elektronnoe obuchenie v VUZe: sovremennye tendentsii. // Gumanitarnaya informatika. 2013. Vol. 7. P. 126–138. (In Russ.)
14. *Gotskaya I.B., Zhuchkov V.M. Korablev A.V.* Analiticheskaya zapiska «Vybor sistemy distantsionnogo obucheniya» RGPU im. A.I Gertsena URL: <https://ra-kurs.spb.ru/2/0/2/1/?id=13> (In Russ.)

15. Развитие систем дистанционного обучения в вузах (обобщение опыта и учебные рекомендации): учебное пособие / Демин В.А., Трайнев В.А., Трайнев О.В., Роганов Е.А., Иванов М.Н. М.: МГИУ, 2010. 288 с.
16. Тренды e-Learning 2016: следовать нельзя игнорировать. URL: <http://www.ispring.ru/elearning-insights/elearning-trends-2016-follow-or-ignore/>
17. Батаев А.В. Обзор рынка систем дистанционного обучения в России и мире // Молодой ученый. 2015. No.17. С. 433–436. URL: <http://moluch.ru/archive/97/21748/>
18. Богомолов В.А. Обзор бесплатных систем управления обучением // Educational Technology & Society. 2007. No.10 (3). С. 439–459. URL: http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v10_i3/html/9_bogomolov.htm
19. Сравнительная характеристика систем дистанционного обучения (СДО). URL: <http://www.infotechno.ru/analizSDO.htm>
20. Веденев В. Тенденции в развитии e-Learning на примере решений Microsoft. URL: <https://blogs.technet.microsoft.com/tasush/2015/02/02/e-learning-1/>
21. Kats, Y. Learning Management System Technologies and Software Solutions for Online Teaching: Tools and Applications: Tools and Applications. Information Science Reference, 2010. 486 p.
22. Dias, S.B., Diniz, J.A., Hadjileontiadis, L.J. Towards an Intelligent Learning Management System Under Blended Learning: Trends, Profiles and Modeling Perspectives. Springer International Publishing. 2013. 235 p.
23. Институт дистанционного обучения НГТУ URL: <http://ido.nstu.ru/>
24. Свидетельство о государственной регистрации системы дистанционного обучения DiSpace. Авторы: Юн С.Г., Ильин М.Э., Горбунов М.А., Перфильев Е.А., Андрюшкова О.В., Котов Ю.А., Леган М.В., Яцевич Т.А., Евтушенко Н.Н., Козлов В.М., Паршукова Г.Б., Козлова А.В. No.2013613909, от 18 апреля 2013 г. Выдано Федеральной службой по интеллектуальной собственности.
25. Русский Moodle. Компания Открытые Технологии. URL: <http://opentechnology.ru>
26. Официальный сайт Moodle. URL: <https://moodle.org>.
27. Никитина Н.Ш., Яцевич Т.А. Опыт НГТУ в области практического мониторинга качества систем электронной поддержки учебной деятельности // Открытое и дистанционное образование. 2013. No. 3. С. 46–51.
15. Razvitie sistem distantsionnogo obucheniya v vuzakh (obobshchenie opyta i uchebnye rekomendatsii): tutorial / Demin V.A., Trainev V.A., Trainev O.V., Roganov E.A., Ivanov M.N. M.: MGIU, 2010. 288 p. (In Russ.)
16. Trendy e-Learning 2016: sledovat' nel'zya ignorirovat'. URL: <http://www.ispring.ru/elearning-insights/elearning-trends-2016-follow-or-ignore/> (In Russ.)
17. Bataev A.V. Obzor rynka sistem distantsionnogo obucheniya v Rossii i mire // Molodoi uchenyi. 2015. No.17. P. 433–436. URL: <http://moluch.ru/archive/97/21748/> (In Russ.)
18. Bogomolov V.A. Obzor besplatnykh sistem upravleniya obucheniem // Educational Technology & Society. 2007. No. 10 (3). P. 439–459. URL: http://ifets.ieee.org/russian/depositary/v10_i3/html/9_bogomolov.htm (In Russ.)
19. Sravnitel'naya kharakteristika sistem distantsionnogo obucheniya (SDO). URL: <http://www.infotechno.ru/analizSDO.htm> (In Russ.)
20. Vedenev V. Tendentsii v razvitii e-Learning na primere reshenii Microsoft. URL: <https://blogs.technet.microsoft.com/tasush/2015/02/02/e-learning-1/> (In Russ.)
21. Kats, Y. Learning Management System Technologies and Software Solutions for Online Teaching: Tools and Applications: Tools and Applications. Information Science Reference, 2010. 486 p.
22. Dias, S.B., Diniz, J.A., Hadjileontiadis, L.J. Towards an Intelligent Learning Management System Under Blended Learning: Trends, Profiles and Modeling Perspectives. Springer International Publishing. 2013. 235 p.
23. Institut distantsionnogo obucheniya NGTU URL: <http://ido.nstu.ru/> (In Russ.)
24. Certificate of state registration of the DiSpace distance learning system Yun S.G., Il'in M.E., Gorbunov M.A., Perfil'ev E.A., Andryushkova O.V., Kotov Yu.A., Legan M.V., Yatsevich T.A., Evtushenko N.N., Kozlov V.M., Parshukova G.B., Kozlova A.V. No. 2013613909, 18 April, 2013 Issued by the Federal Service for Intellectual Property. (In Russ.)
25. Russkii Moodle. Kompaniya Otkrytye Tekhnologii. URL: <http://opentechnology.ru> (In Russ.)
26. Ofitsial'nyi sait Moodle. URL: <https://moodle.org>. (In Russ.)
27. Nikitina N.Sh., Yatsevich T.A. Opyt NGTU v oblasti prakticheskogo monitoringa kachestva sistem elektronnoi podderzhki uchebnoi deyatel'nosti // Otkrytoe i distantsionnoe obrazovanie. 2013. No. 3. P. 46–51. (In Russ.)

Сведения об авторах

Ольга Владимировна Андриюшкова

Кандидат химических наук, доцент, зав.
лабораторией методики обучения химии,
Химический факультет
МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
Эл. почта: o.andryushkova@gmail.com
Тел.: 8 (495) 939-33-35

Михаил Анатольевич Горбунов

Зав. лабораторией мультимедийных средств
обучения Института дистанционного обучения
Новосибирский государственный технический
университет,
Новосибирск, Россия
Эл. почта: mgorbunov@edu.nstu.ru
Тел.: 8 (383) 346-07-46

Анна Владимировна Козлова

Ст. преподаватель кафедры химии и
химической технологии, тьютор Института
дистанционного обучения
Новосибирский государственный технический
университет, Новосибирск, Россия
Эл. почта: a.kozlova@corp.nstu.ru
Тел.: 8 (383) 315-39-56.

Information about the authors

Olga V. Andryushkova

Cand. Sci. (Chemistry), Associate professor,
Department of Chemistry
Lomonosov Moscow State University,
Moscow, Russia
E-mail: o.andryushkova@gmail.com
Tel.: 8 (495) 939-33-35

Mikhail A. Gorbunov

Head of the Laboratory of the development of
multimedia and e-learning tools, Institute of Distance
Learning of the Novosibirsk State Technical University
Novosibirsk State Technical University,
Novosibirsk, Russia
E-mail: mgorbunov@edu.nstu.ru
Tel.: 8 (383) 346-07-46

Anna V. Kozlova

Senior lecturer CCT department, tutor, Institute of
Distance Learning of the Novosibirsk State Technical
University
Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk,
Russia
E-mail: a.kozlova@corp.nstu.ru
Tel.: 8 (383) 315-39-56