



Научно-практический
рецензируемый журнал

ОТКРЫТОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
Том 23. № 5. 2019

Учредитель:
РЭУ им. Г.В. Плеханова

Главный редактор
Юрий Филиппович Тельнов

Зам. главного редактора
Александр Викторович Бойченко
Василий Михайлович Трембач

Ответственный редактор
Елена Алексеевна Егорова
Никита Дмитриевич Эпштейн

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:
117997, г. Москва,
Стремянный пер., 36, корп. 6, офис 345
Тел.: (499) 237-83-31, (доб. 18-04)
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», 2018
Подписано в печать 28.10.19.
Формат 60х84 1/8. Цифровая печать.
Печ. л. 10,25. Тираж 1500 экз. Заказ
Напечатано в ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г.В. Плеханова».
117997, Москва, Стремянный пер., 36

СОДЕРЖАНИЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА

- Д.Г. Корнеев, М.С. Гаспарян, А.А. Микрюков*
Онтологический подход к моделированию инновационных
процессов на примере распределенной образовательной
сети вуза 4

- Н.И. Тарасеева, О.В. Баулина, Н.А. Дежинова*
Научные кружки как компонент развития практических
навыков обучающихся по направлению подготовки
«Строительство» 14

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Е.А. Гаврилова, Н.А. Булаева, С.А. Банников*
Инновационные механизмы управления системой
образования на региональном и федеральном уровнях на
основе совершенствования источников востребованной в
процессе управления информации 23

- Ю.Ю. Дюличева*
Алгоритмы роевого интеллекта и их применение для
анализа образовательных данных 33

УЧЕБНЫЕ РЕСУРСЫ

- В.В. Булгаков*
Повышение качества теоретической подготовки курсантов
с помощью информационно-коммуникационных
технологий 44

- Е.Н. Шафоростова, А.А. Валова*
Проектирование компетентностной модели выпускника
как средство оценки качества обучения 54

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

- Г.Н. Исаев, А.А. Роганов*
Идентификация структуры биоинформационных
технологий в парадигме качества информационных
систем 64

- В.А. Судаков, Ю.П. Титов*
Решение задачи определения времени выполнения работы
группой сотрудников с помощью нечетких множеств 74



Scientific and practical reviewed
journal

OPEN EDUCATION
Vol. 23. № 5. 2019

Founder:
Plekhanov Russian University of
Economics

Editor in chief
Yuriy F. Telnov

Deputy editor
Aleksandr V. Boichenko
Vasily M. Trembach

Executive editor
Elena A. Egorova
Nikita D. Epshtein

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:
117997, Moscow,
Stremyanny lane. 36, Building 6, office 345
Tel.: (499) 237-83-31 (18-04)
E-mail: Anikeeva.El@rea.ru
Web: www.openedu.ru

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

© Plekhanov Russian University of
Economics, 2018

Signed to print 28/10/19.
Format 60x84 1/8. Digital printing.
Printer's sheet 10.25. 1500 copies.
Order

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

CONTENTS

EDUCATIONAL ENVIRONMENT

Dmitriy G. Korneev, Mikhail S. Gasparian, Andrey A. Mikryukov
Ontological approach to modeling innovation processes on the
example of a distributed educational network of the University. 4

Nelli I. Taraseeva, Oksana V. Baulina, Nataliya A. Dezhinova
Research discussion groups as a component of the
development of practical skills of students in the field of
training "Construction" 14

NEW TECHNOLOGIES

Ekaterina A. Gavrilova, Natalya A. Bulaeva, Sergei A. Bannikov
Innovative management mechanisms of the education system
at the regional and federal levels by improving sources of
demand in the management of information..... 23

Yulia Y. Dyulicheva
The swarm intelligence algorithms and their application for the
educational data analysis..... 33

EDUCATIONAL RESOURCES

Vladislav V. Bulgakov
Improving the quality of theoretical training of cadets with the
help of information and communication technologies..... 44

Elena N. Shaforostova, Anastasiya A. Valova
Competence model scheming of the graduate as an assessment
tool for the quality of education 54

METHODOICAL MAINTENANCE

Georgy N. Isaev, Andrey A. Roganov
Identification of the structure of bioinformation technologies in
the paradigm of the quality of information systems..... 64

Vladimir A. Sudakov, Titov Yu. Pavlovich
Solving the problem of determining the time of work by a
group of employees using fuzzy sets..... 74

СОСТАВ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА журнала «Открытое образование»

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

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

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

Александр Моисеевич Бернадский, 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

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 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

Vasily 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

Онтологический подход к моделированию инновационных процессов на примере распределенной образовательной сети вуза*

Центральной задачей современного этапа развития системы образования является задача перехода к новым методам организации и сопровождения учебного процесса, позволяющим обеспечить качественную подготовку выпускников учебных заведений, обладающих практическими знаниями и навыками, востребованными на рынке труда. Решить указанную задачу можно только с использованием инновационных методов и средств создания информационно-образовательного пространства в части формирования и обработки учебных объектов и программных сервисов, распределенных в образовательной сети и позволяющих гибко осуществлять процессы учебно-методического обеспечения образовательной деятельности.

Целью исследования является определение возможностей использования онтологического подхода к построению инновационных автоматизированных систем управления образованием, включающих построение индивидуальных траекторий обучения. В этом плане представляется весьма интересной проблема моделирования и алгоритмизации формирования образовательных программ в виде цепочки взаимосвязанных учебных модулей и объектов с учетом реализации компетентностно-ориентированной модели обучения в распределенной образовательной среде вуза. Современная система образования должна, на наш взгляд, быть нацелена прежде всего на адаптивную генерацию учебного контента с учетом потребностей обучающихся и в соответствии с постоянно меняющимися условиями и потребностями рынка труда. На сегодняшний день исследования в данной области касаются в основном таких вопросов, как: использование в практике обучения мультимедийных технологий и имитационных программ, технологий тестирования знаний на основе модели компетенций, методов измерения степени удовлетворенности качеством обучения, а также методов управления на основе портфолио обучающихся. Данные вопросы и проблемы рассматриваются с разной степенью детализации, например, в работах [1, 2, 3, 4] и др. Разрабатываемая методология формирования образовательных программ базируется на результатах исследований этих авторов и развивается в направлении применения онтологий, способных интегрировать разнообразные

концепты профессиональных и образовательных стандартов и создавать на их основе принципиально новые учебные модули и объекты, что, на наш взгляд, соответствует мировым трендам развития науки данной области знаний.

В качестве **методов** инжиниринга предлагается использовать методы и методологии инженерии знаний: методы онтологического инжиниринга, применяемые для семантического моделирования информационно-образовательного пространства, позволяющие представить предметную область в виде набора взаимосвязанных онтологий; методы построения и визуализации онтологий; методологии построения баз данных и баз знаний и формирования комплексных запросов к базам данных и базам знаний; методы семантического анализа метаданных; теория графов.

В результате проведенного анализа объектов информационно-образовательного пространства определены требования к мета-описанию учебных объектов и сервисов, а также представлено описание концептов базовых онтологий информационно-образовательного пространства. В статье также рассмотрены возможности применения современных программных средств для формирования интеллектуального хранилища онтологий.

Таким образом, предлагаемый инструментарий генерации образовательных программ, на наш взгляд, позволит формализовать, упростить и значительно ускорить процесс гибкой разработки материалов, необходимых для организации и обеспечения учебного процесса. Применение описываемого подхода дает возможность повысить качество подготовки специалистов за счет оперативного создания организационно-управленческих и учебно-методических материалов, адаптированных к требованиям рынка труда с учетом особенностей форм и методов обучения.

Ключевые слова: профессиональный стандарт, образовательный стандарт, образовательная программа, инжиниринг, информационно-образовательное пространство, онтология, концепт, учебные объекты, семантическое моделирование, OWL, СУБД, SPARQL

Dmitriy G. Korneev, Mikhail S. Gasparian, Andrey A. Mikryukov

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Ontological approach to modeling innovation processes on the example of a distributed educational network of the University

The key task of the current stage of the education system development is the task of transition to new methods of organization and support of the educational process, allowing providing high-quality training of graduates with practical knowledge and skills in demand in the labor market. To solve this task is possible only with the use of innovative methods and tools for the creation of information-educational environment in the formation and processing of learning objects and software services distributed in the educational network and allowing the flexible implementation of the processes of educational and methodological support of educational activities.

The aim of the research is to determine the possibilities of using the ontological approach to the construction of innovative automated education management systems, including the construction of individual learning trajectories. In this regard, the problem of modeling and algorithmization of the formation of educational programs as a chain of interrelated training modules and objects, taking into account the implementation of a competence-based model of learning in a distributed educational environment of the University, seems to be interesting.

The modern education system is to be aimed primarily at adaptive generation of educational content, taking into account the needs of

*Статья написана при поддержке РФФИ, проекты № 18-07-01053 и № 19-07-01137

students and in accordance with constantly changing conditions and needs of the labor market. At present, research in this area mainly concerns issues such as the use of multimedia technologies and simulation programs, knowledge testing technologies based on the competency model, methods for measuring the degree of satisfaction with the quality of training, and management methods based on the portfolio of students. These issues and problems are considered with varying degrees of detail, for example, in [1, 2, 3, 4] and other works. The developed methodology for the formation of educational programs is based on the research results of these authors and is developing towards the use of ontologies that can integrate various concepts of professional and educational standards and create on their basis fundamentally new educational modules and objects. In our opinion, it corresponds to world trends in the development of science in this field of knowledge.

It is proposed to use the methods and methodologies of knowledge engineering as engineering methods: ontological engineering methods used for semantic modeling of the information and educational environment, allowing to represent the subject area in the form of a set of interconnected ontologies; methods for constructing and visualizing ontologies; methodologies for building databases and knowledge bases

and forming complex queries to databases and knowledge bases; methods for semantic analysis of metadata; graph theory.

As a result of the analysis of the objects of the information and educational environment, the requirements for the meta-description of educational objects and services are identified, and a description of the concepts of basic ontologies of the informational and educational environment is presented. The article also discusses the possibilities of using modern software for the formation of an intellectual repository of ontologies.

Thus, the proposed toolkit for generating educational programs, in our opinion, will allow us to formalize, simplify, and significantly accelerate the process of flexible development of materials necessary for organizing and supporting the educational process. Application of the described approach makes it possible to improve the quality of training of specialists due to the prompt creation of organizational, managerial and educational materials adapted to the requirements of the labor market, taking into account the peculiarities of forms and methods of training.

Keywords: professional standard, educational standard, educational program, engineering, information and educational environment, ontology, concept, training objects, semantic modeling, OWL, DBMS, SPARQL

Постановка задачи организации индивидуальной среды обучения

Многообразие образовательных процессов вуза и сложность механизмов взаимодействия субъектов образовательной деятельности диктует необходимость грамотного администрирования образовательных программ с целью максимально полного удовлетворения потребностей как со стороны рынка труда, так и со стороны обучающихся. В связи с этим особую актуальность приобретает применение гибких образовательных технологий, базирующихся на использовании теории искусственного интеллекта, методов информационно-аналитического моделирования, позволяющих учесть все особенности восприятия учебного контента, сделать процесс обучения максимально эффективным.

Построение траекторий обучения, зависящих от индивидуальных способностей, личных предпочтений и персонального темпа изучения материала, оставалось актуальной задачей на всех этапах развития автоматизированных систем управления образованием. Очевидно, что создание индивидуальных траекторий обучения предполагает этап человеко-машинного

взаимодействия и взаимодействия различных информационных систем между собой. Организация интеллектуального контекстно-зависимого взаимодействия, при котором информационные системы понимают семантику запросов, возможна только с использованием онтологической модели предметной области общения. Необходимость использования онтологического подхода в задачах интеллектуального взаимодействия обоснована, например, в работах [5,6], посвященных вопросам семантической интероперабельности (взаимодействия на семантическом уровне) информационных систем.

Создание систем управления образованием на основе онтологической модели приближает нас к решению проблем автоматической генерации индивидуальных траекторий при массовом обучении. Следует отметить, что первые попытки реализации этого подхода были недостаточно успешными в силу, прежде всего, малой глубины иерархии контентного графа и игнорирования качества и количества необходимых связей, в частности между концептами различных онтологий, входящих в состав модели образовательного пространства. Первые положительные результаты были достигнуты с исполь-

зованием предметных онтологий, содержащих пять-шесть уровней концептов. С помощью таких онтологий удалось построить достаточно приемлемые индивидуальные образовательные траектории, сочетающие в себе результаты анализа уровня первичных знаний обучающегося, а также внутри- и междисциплинарные связи. Однако, на сегодняшний день по-прежнему остается открытым вопрос поддержания связей между концептами различных онтологий, например, между онтологией модели профессионального стандарта и онтологией образовательного стандарта.

В качестве основного пути решения проблемы сопряжения различных онтологий предлагается подход, основанный на построении интегрированной глобальной модели описания образовательного процесса, состоящей из ряда взаимосвязанных локальных объектов, для которых может быть приведено подробное описание и между которыми могут быть заданы и детально описаны правила взаимодействия. Такая интегрированная глобальная модель представляет собой модель описания разнородных объектов, связанных с системой образования в виде информационно-образовательного пространства

(ИОП), к которому с помощью специальных алгоритмов и программных сервисов можно организовать коллективный доступ в процессе решения широкого спектра задач образовательной деятельности [2].

Задача построения онтологии образовательной деятельности требует проведения всестороннего анализа различных областей знаний, связанных как с управлением образованием, так и с предметными областями профессиональной деятельности.

Вопросы интеграции различных учебных и прочих компонентов для построения онтологии достаточно подробно рассмотрены в многочисленных работах современных авторов, например, в работах [2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Данные работы достаточно детально раскрывают в том числе такие ключевые компоненты, как информационно-образовательное пространство (ИОП), профессиональный и образовательный стандарты, образовательная программа, профиль подготовки (магистерская программа, специализация и пр.), входные и выходные компетенции обучающегося, дисциплины (модули, практики), результаты обучения по дисциплине (модулю) в виде заданных индикаторов достижения компетенций, полученных в результате реализации той или иной образовательной программы.

В качестве основного компонента для построения концептуальной модели ИОП предлагается учебный план, который задает логическую последовательность изучения материала и овладения заранее заданным набором компетенций, представленным в виде матрицы и паспортов компетенций, в процессе реализации образовательной программы. В этом смысле большой интерес представляют работы [13, 14, 15], раскрывающие проблемы адаптации учебно-методического материала и построения

уникальных образовательных программ, реализующих индивидуальные траектории обучения с заранее заданными выходными компетенциями, а также проблемы автоматической генерации учебного контента в соответствии с индивидуальными потребностями обучающегося. В этом смысле настоящее исследование, опираясь на достигнутые результаты, предполагает инновационный подход к решению обозначенных проблем с использованием методов онтологического инжиниринга.

В основе любого образовательного процесса лежит целевая модель компетенций, которыми должен овладеть будущий выпускник вуза. В этой связи большой интерес представляет работа [16], в которой достаточно подробно раскрыты такие термины как модель компетенций, стандарты компетенций, компетентность. Развитие компетентностно-ориентированного подхода реализации образовательных программ предполагает разработку такой системы оценки результатов обучения по каждой учебной дисциплине или модулю, которая была бы способна «понимать» эти результаты с точки зрения соотношения их с реальными компетентностными и квалификационными требованиями профессиональных стандартов, например, в области информационно-коммуникационных технологий [17]. Организация индивидуальной среды обучения, безусловно, должна опираться на практический опыт и результаты исследований по данной тематике, представленных в приведенных выше работах.

Инжиниринг инновационных процессов генерации индивидуального образовательного контента на основе онтологий

Совершенствование системы профессионального образования на современном

этапе связано прежде всего с развитием методологии генерации учебного контента, базирующейся на всестороннем учете как личностных особенностей обучающегося, так и различных факторов, таких как предметная область обучения, уровень базовой подготовки обучающегося, форма и методика обучения, требования к результатам обучения (знания, умения, навыки, способности к выполнению тех или иных трудовых функций) и многих других. Поэтому вопросы проектирования и разработки системы инжиниринга образовательных моделей, с целью более эффективной организации многократно повторяющихся типовых информационно-образовательных процессов и процедур, выходят на повестку дня. Без решения задач построения индивидуальной среды обучения на основе интеллектуализации процессов генерации образовательного контента невозможно построение эффективной системы обучения.

В этой связи представляется чрезвычайно полезным использование специального инструментария накопления и хранения полученных знаний в виде интеллектуального хранилища, в состав которого входят учебные объекты, участвующие в генерации той или иной образовательной программы (в том числе — индивидуальных образовательных программ). В качестве такого инструментария наиболее приемлемым представляется использование языков создания онтологий, позволяющих детально описывать структуру каждого хранимого объекта (концепта онтологии), а также создавать и поддерживать семантические связи между объектами.

Прежде чем дать подробное и корректное с точки зрения установления связей описание объектов интегрированной модели ИОП, необходимо определить, как соотносятся

Таблица 1

Соответствие терминологии в профессиональных и образовательных стандартах

Профессиональный стандарт	Образовательный стандарт
Наименование и код вида профессиональной деятельности	Нет аналогов
Наименование и код группы занятий	Нет аналогов
Наименование и код вида экономической деятельности	Нет аналогов
Код и наименование обобщенной трудовой функции	Виды профессиональной деятельности (частично)
Уровень квалификации	Уровень образования (частично)
Возможные наименования должностей	Нет аналогов
Требования к образованию и обучению	Уровень образования (частично)
Код и наименование трудовой функции	Компетенция (частично)
Трудовые действия	Компетенции (частично)
Необходимые умения	Компетенции (частично)
Необходимые знания	Компетенции (частично)

термины, используемые в образовательных и профессиональных стандартах с целью их семантического сопряжения.

В табл. 1 представлены результаты анализа возможности соотнесения терминов образовательных и профессиональных стандартов.

В результате анализа терминологии в профессиональных и образовательных стандартах становится очевидным, что взаимосвязь указанных стандартов трудно формализуема и может быть установлена только на уровне отдельных компонентов образовательных программ (учебного плана, рабочих программ дисциплин, учебного и оценочного контента), разработанных с учетом требований обоих стандартов и при участии как работодателей (формирование модели требований к работнику), так и образовательных учреждений. Более того, очевиден тот факт, что ни одна образовательная программа не может в настоящее время полностью удовлетворить требования ни одного профессионального стандарта. Да этого, видимо, и не нужно требовать, ведь современный специалист, на наш взгляд, должен обладать некоторой основной базой знаний и разумной универсальностью, позволяющей ему самостоятельно оттачивать своё профессиональное мастерство под требования конкретного работодателя. Тем не менее, вопросы сопряжения профессиональных и образовательных стандартов должны найти своё отражение в образовательной деятельности учебных заведений для различных уровней и форм обучения.

Таким образом, очевидна необходимость разработки гибкой интегрированной системы инжиниринга учебного контента индивидуальной среды обучения на основе модели описания ИОП, а также применения интеллектуального инструментария её реализации.

В этой связи необходимо осуществить систематизацию всех возможных объектов ИОП и задать для каждого из них набор мета-описаний. Другой важной задачей представляется формирование унифицированных справочников возможных значений по различным описаниям объектов ИОП с целью обеспечения совместимости информации. Основными этапами исследования при декомпозиции основной цели исследования и решении данных задач, на наш взгляд, должны быть следующие:

1. Разработка концептуальной модели интеллектуальной интегрированной образовательной среды на основе сбора, анализа, классификации и обобщения информации из различных источников, включая информацию, содержащуюся в профессиональных и образовательных стандартах.

2. Систематизация и организация элементов (концептов) модели интеллектуальной интегрированной образовательной среды на основе сопряжения различных онтологий применительно к сфере применения модели.

3. Формирование интеллектуального хранилища онтологий (цифрового репозитория)

и разработка на его основе алгоритмов и сервисов генерации учебно-методического и организационно-управленческого контента под конкретные параметры образовательной среды и требования к результатам обучения.

Состав базовой части онтологической модели описания информационно-образовательного пространства

Остановимся более подробно на вопросах создания онтологической модели описания объектов ИОП. На наш взгляд, задача описания ИОП, по крайней мере, её базовой части, может быть сведена к выделению и сопряжению следующих онтологий.

Онтология профессиональных компетенций. Данная онтология должна базироваться на информации из профессиональных и образовательных стандартов, а также из иных нормативно-справочных и организационно-управленческих документов, связанных с развитием знаний, умений, навыков и трудовых действий, необходимых для освоения профессий.

Одним из возможных подходов к организации такой

онтологии может быть предложен подход с использованием матрицы компетенций, задающей в совокупности с паспортами компетенций целевые индикаторы, а также последовательность их достижения с целью овладения знаниями, навыками и умениями, связанных с теми или иными видами профессиональной деятельности и определенным уровнем квалификации.

Анализ практики применения компетентностного подхода к разработке образовательных программ показывает неоднозначность в понимании того, что представляет собой профессиональная компетенция. В результате, на сегодняшний день существуют различные трактовки и способы описания этого термина. Так, существуют понятия универсальной компетенции, общепрофессиональной компетенции, профессиональной компетенции, достаточно развернуто и широко сформулированные в российских федеральных государственных образовательных стандартах (ФГОС). Компетенции формируются при реализации образовательной программы в виде последовательности учебных дисциплин, модулей и практик и оцениваются с помощью индикаторов их достижения (например, знаний, умений и навыков), задаваемых в виде результатов обучения. С другой стороны, профессиональные стандарты оперируют с такими дифференцированными по уровням квалификации терминами как обобщенная трудовая функция, трудовая функция, знание, умение, трудовое действие, что, по сути, соответствует понятиям компетенция и индикаторам её достижения. Таким образом, при построении онтологии компетенций целесообразно, на наш взгляд, выделить такие элементы (концепты), как компетенции, знания, умения, навыки (формулировки из ФГОС), а

также элементы из терминологии профессиональных стандартов, такие как обобщенная трудовая функция, трудовая функция, трудовое действие, знание, умение. Каждый из выделяемых элементов может быть описан набором параметров (атрибутов), а установленные между элементами онтологии связи позволят проводить семантический анализ и сопряжение терминологии образовательных и профессиональных стандартов.

Онтология предметной области. Данная онтология должна базироваться на семантике профессиональной деятельности, включающей терминологию и классификацию по предметным областям и видам деятельности, группам занятий, должностям и связанным с ними уровням квалификации.

Так, профессиональные стандарты, в настоящее время утвержденные Министерством труда и социальной защиты Российской Федерации, достаточно подробно описывают квалификационные характеристики профессий на основе таких параметров, как принадлежность стандарта к определенной области и виду профессиональной деятельности, связь с перечнями групп занятий (на основе ОКЗ [18]), видами экономической деятельности (на основе ОКВЭД [19]), профессий, специальностей и направлений подготовки (на основе ОКСО [20]), с должностями (на основе ЕКС [21]), а также с набором сопряженных уровней требуемой квалификации, знаний, умений, требуемых трудовых действий и другими характеристиками профессии, что на наш взгляд, нуждается в уточнении и совершенствовании, а возможно, и в существенной корректировке.

Также, онтология предметной области должна, на наш взгляд, включать информацию о предприятиях и организациях [22]. Анализ субъектов экономической деятельности

по множеству параметров на основе открытых источников информации будет способствовать более детальному анализу предметной области и, как следствие, пониманию, какие специалисты на сегодняшний день наиболее соответствуют требованиям работодателя.

Онтология учебного инструментария. Для систематизации информации в данной сфере необходимо проведение анализа и аудита большого количества учебных и тестовых объектов. Данная онтология должна включать информацию не только учебного и оценочного характера, но и организационно-управленческого характера, включая сведения о специалистах, участвующих в образовательном процессе, в том числе в обучении, учебно-методическом и организационном сопровождении обучения, а также выступающих в роли экспертов и работодателей. Такая онтология имеет дело со множеством атрибутов, таких как краткие биографические персональные данные специалиста, его квалификационные характеристики, коды занимаемых должностей, основные публикации, в том числе научные и учебно-методические работы, индексируемые в наукометрических системах и пр., результаты интеллектуальной деятельности, профессиональные компетенции, которыми обладает специалист, сформулированные в соответствии с утвержденными действующими профессиональными и образовательными стандартами, профессиональные достижения и награды и прочие квалификационные характеристики, всесторонне оценивающие конкретного специалиста и помогающие оценить его вклад в развитие образования и науки в той или иной отрасли в качестве научно-педагогического работника, специалиста, эксперта и пр.[23].

Анализ возможности применения программных средств для формирования интеллектуального хранилища онтологий

Одной из самых простых форм хранения онтологий является OWL-файл. Для работы с созданной онтологией такой файл считывается в оперативную память, в которой создается онтологическая модель для дальнейшей работы. Очевидно, что в состав онтологий, описывающих сложные предметные области, входит достаточно большое количество концептов и связей. Таким образом, OWL-файл, содержащий указанную онтологию, может иметь значительный объем, и его загрузка в оперативную память может потребовать существенного времени и объема ресурсов. Следует также отметить, что для извлечения знаний, хранящихся в онтологиях, необходимо использовать специальные языковые средства. Указанные выше особенности работы с OWL-файлами позволяют сделать вывод о необходимости создания хранилищ онтологий на основе СУБД.

С точки зрения структурных особенностей для хранения онтологий лучше всего подходят графовые базы данных. В этом случае для хранения концептов онтологий могут использоваться вершины графа, для хранения взаимосвязей между концептами — ребра графа. Вершины и ребра могут содержать произвольные наборы атрибутов. Ребро всегда имеет начальный узел, конечный узел, тип и направление. Системы управления графовыми базами данных поддерживают методы создания (Create), чтения (Read), изменения (Update) и удаления (Delete) данных (сокращенно — CRUD), основанные на графовой модели данных. В качестве языковых средств манипулирования данными

используются SPARQL-подобные языки, синтаксис которых близок к языку SQL — языку запросов к реляционным БД (например, язык запросов Cypher в графовой СУБД Neo4j). Графовые СУБД начали активно использоваться с развитием социальных сетей и настоящее время находят широкое применение, например, для решения задач, связанных с поиском мошеннических и подозрительных транзакций в платежных системах. В таких задачах важно быстро найти вершины, связанные с исходной (например, поиск друзей в социальных сетях или счетов, на которые были переведены средства с определенного счета).

Графовые СУБД получили дополнительный импульс для использования за счет оптимизации поисковых запросов (быстрых алгоритмов обхода графа) и создания индексов. Индексы помогают оптимизировать процесс поиска конкретных узлов. Несмотря на то, что большинство запросов к графовым СУБД связаны с выборкой необходимой информации при обходе взаимосвязей между вершинами, существуют определенные ситуации, когда требуется выбрать конкретные узлы напрямую, а не с помощью обнаружения их при помощи обхода. Например, для идентификации узлов, служащих отправными точками для обхода, нужно найти один или несколько конкретных узлов, основываясь на указанной комбинации значений атрибутов (например, выбрать всех участников социальной сети моложе 20 лет). Для увеличения эффективности поиска узлов в графовых СУБД имеются средства создания индексов для комбинаций меток и свойств.

Рассмотрим далее возможности реляционных СУБД в качестве механизма для создания и хранения онтологий. Традиционно недостатком ре-

ляционных СУБД при работе с графовыми моделями данных считалось отсутствие средств реализации иерархических запросов. Так, например, для поиска вершин, связанных с данной вершиной через любые другие вершины, требовалось выполнение многочисленных операций соединения (JOIN), которые существенно замедляли выполнение запросов. Для решения указанной проблемы в стандарте SQL-1999 по сравнению со стандартом SQL-92 появилась возможность создания временного представления для хранения иерархий, которое описывается оператором WITH. После этого из него выбираются данные простой командой SELECT. В ряде СУБД имеются свои средства для реализации указанных запросов. Так, например, в СУБД ORACLE, начиная с версии 8, иерархические запросы очень эффективно реализуются с помощью команды CONNECT BY, в СУБД MS SQL-2008 для реализации указанных запросов можно применить набор стандартизованных хранимых функций для работы с уровнями иерархии (Hierarchyid).

Резюмируя сказанное выше, можно отметить, что реляционные СУБД по сравнению с графовыми обладают более высокой эффективностью поиска данных по значениям, накладываемым на атрибуты (задача выбора узлов графа напрямую, без учета взаимосвязей). Графовые СУБД более эффективно реализуют запросы, в которых учитываются взаимосвязи между вершинами.

В работе [24] описан подход для организации семантического поиска данных, учитывающий преимущества как графовых, так и реляционных СУБД. В виде графа в указанном случае хранится набор взаимосвязанных концептов, отражающих семантику предметной области. Данные хранятся в реляционных таблицах, содержащих значительное

количество записей. Первоначально запрос выбирает вершины графа по заданным условиям, накладываемым на взаимосвязи между концептами. Отобранные вершины содержат значения атрибутов, по которым осуществляется поиск записей в реляционных таблицах. Поиск по графовой модели организован средствами СУБД Neo4j, поиск записей в реляционных таблицах — средствами СУБД MySQL.

Анализируя возможности применения графовых и реляционных СУБД для работы с онтологиями, следует отметить, что в них отсутствуют специализированные механизмы, поддерживающие аксиомы и правила вывода утверждений на основе взаимосвязей концептов. Для реализации этих механизмов необходимо написание пакетов программ на процедурных языках, применение которых на больших объемах хранимых данных оказывается неэффективным.

Отдельного рассмотрения в данном случае требует СУБД ORACLE, которую на сегодняшний день можно отнести к классу объектно-реляционных. В ORACLE 11g реализованы механизмы, объединенные термином *Semantic Technologies* (семантические технологии). В версии 11g реализована возможность экспорта и импорта OWL-структур и поддержка языка описания онтологий OWLPrime, являющегося подмножеством указанного выше языка OWL DL и включающего возможности для:

- создания структуры онтологии (class, subclass, property, subproperty, domain, range, type);
- указания характеристик свойств (transitive, symmetric, functional, inverse);
- сравнения классов (equivalence и disjointness);
- сравнения свойств (equivalence);
- сравнения сущностей (same, different);

- задания ограничений на свойства (hasValue, someValuesFrom, allValuesFrom).

Для поддержки OWLPrime реализовано более 50 правил, которые используются в процессе логического вывода. Правило состоит из условия («если»), фильтра (условия) и вывода («то»). В ORACLE 11g реализована возможность настройки пользовательских правил с помощью языка OWLIF (конструкций IF-THEN). Можно задать определенные ограничения на правила, которые может создавать пользователь. Например, можно задать, что в системе пользователь может создавать только логический вывод внутри иерархии subClassOf и при этом можно ограничить количество шагов вывода.

Запросы на извлечение сведений из онтологий в ORACLE 11g осуществляется с использованием языка SPARQL. Для подключения правил вывода, созданных пользователем, в SPARQL-запросах используется конструкция SEM_RULEBASES.

Выводы

В работе приведены результаты анализа объектов информационно-образовательного пространства, определены требования к мета-описанию учебных объектов и сервисов, а также описаны концепты базовых онтологий, входящих в ООМ описания ИОП. Были показаны возможности использования графовых и реляционных СУБД для создания хранилищ онтологий модели описания информационно-образовательного пространства. На основании изложенного выше можно сделать вывод о том, что в настоящее время для создания хранилищ онтологий, используемых для построения ООМ описания ИОП, наиболее целесообразно использовать СУБД ORACLE версии 11g. Однако, следует отметить, что для работы с онтологиями

указанного типа преднастроенные правила логического вывода (о которых говорилось выше), будут использоваться не так эффективно. Это связано с тем, что они нацелены в большей степени на работу с онтологиями, вершины которых связаны как класс (class) и подкласс (subclass). В онтологиях, которые могут использоваться для построения ООМ описания ИОП, присутствуют вершины, связанные более сложными типами связей. О более сложных связях между концептами онтологии указывается в работе [25]. В данном случае для обработки таких вершин требуется написание пользовательских правил вывода, о которых говорилось ранее. Это позволит устанавливать не всегда явные взаимосвязи между компонентами ИОП на основе экспертных оценок, что в свою очередь даст возможность генерировать учебный контент под конкретные требования работодателя, задавая в различных сочетаниях необходимые для поиска параметры запросов в виде всевозможных кодов и прочих характеристик, которым должен соответствовать обучаемый.

В качестве положительной тенденции, следует отметить, что в настоящее время как в реляционных, так и в графовых СУБД появляются механизмы работы с онтологическими структурами. На сегодняшний день наибольшее развитие, как было указано, такие механизмы получили в СУБД ORACLE 11g, которым было дано название *Semantic Technologies*. Можно прогнозировать, что указанные механизмы будут и дальше развиваться и в какой-то момент может оказаться более удобным создание хранилищ онтологий средствами других СУБД (например, графовой Neo4j) или применять технологию совместного использования графовых и реляционных СУБД [24].

Перспективным направлением дальнейших исследований представляется разработка алгоритмов и сервисов генерации учебно-методического и организационно-управленческого контента под конкретные параметры распределенной образовательной среды и требования к результатам обучения на основе применения интеллектуального хранилища онтологий, содержащих правила логического вывода.

Литература

1. Тарасов В.Б. Инжиниринг предприятий и организационные онтологии // Сборник научных трудов 18-й научной конференции «Инжиниринг предприятий и управление знаниями». М.: МЭСИ, 2015.
2. Тельнов Ю.Ф. Принципы и методы семантического структурирования информационно-образовательного пространства на основе реализации онтологического подхода // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2014. № 1. С. 187–191.
3. Зиндер Е.З. Основания генезиса фундаментальных свойств и базовых требований к информационно-образовательным пространствам. // Открытое образование. 2015. № 2. С. 46–55.
4. Зиндер Е.З. Базовые требования к информационно-образовательным пространствам, основанные на их фундаментальных свойствах. // Открытое образование. 2015. № 3. С. 83–94.
5. Прийма С.Н. Обеспечение семантической интероперабельности открытых систем образования взрослых посредством агенто-онтологического подхода // Перспективы науки и образования. 2014. № 1. С. 79–83.
6. Голенков В.В., Гулякина Н.А., Давыденко И.Т., Шункевич Д.В., Еремеев А.П. Онтологическое проектирование гибридных семантически совместимых интеллектуальных систем на основе смыслового представления знаний // Онтология проектирования. 2019. Т. 9–1 (31). С. 132–151.
7. Гаспариан М.С., Лебедев С.А., Тельнов Ю.Ф. О взаимосвязи ФГОС и профессиональных стандартов. // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2016. № 4. С. 16–18.
8. Балашова И.Ю. Онтологические модели в системе информатизации образования // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2015. № 3 (15). С. 120–127.
9. Шибут М.С. Концептуальное моделирование предметной области в системе информационного обеспечения процесса обучения // Интеллектуальный анализ информации (ИАИ-2010): сб. докладов 10-й Междунар. науч. конф. Киев: Просвгга, 2010. С. 276–283.
10. Hyunsook Chung, Jeongmin Kim. An Ontological Approach for Semantic Modeling of Curriculum and Syllabus in Higher Education // International Journal of Information and Education Technology. May 2016. Vol. 6. No. 5: 365–369.
11. Грегер С.Э. Реализация инструментальной среды семантического моделирования учебного процесса // Объектные системы 2011: сб. докладов 3-й Междунар. науч.-практ. конф. Ростов н/Д: Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М. И. Платова, 2011. С. 58–61.
12. Дацун Н.Н., Уразаева Л.Ю. Онтологический подход анализа и создания куррикул по перспективным направлениям подготовки ИТ-специалистов // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2017. Т. 13. № 4. С. 23–35.
13. Благов Е.Ю., Лещева И.А., Щербан С.А. Онтологический подход в практике образовательной деятельности: формирование траекторий индивидуального профессионального развития студентов. // Открытое образование. 2018. Т. 22. № 5. С. 26–39.
14. Ларичев О.И., Нарыжный Е.В., Кузнецова В.П., Брук Э.И. Новые возможности компьютерного обучения // Вестник Российской Академии Наук. 1999. Т. 69. № 2. С. 106–111.
15. Трембач В.М. Инжиниринг интеллектуальных обучающих систем вуза // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2016. № 4. С. 64–67.
16. Дмитриевская Н.А. Методологические подходы к проектированию моделей компетенций в терминах целей обучения // Труд и социальные отношения. 2010. № 12 (78). С. 59–64.
17. Профессиональные стандарты в области информационных технологий М.: АПКИТ, 2008.
18. ОК 010-2014 (МСКЗ-08). Общероссийский классификатор занятий (принят и введен в действие Приказом Росстандарта от 12.12.2014 № 2020-ст).
19. ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2). Общероссийский классификатор видов экономической деятельности (утвержден Приказом Росстандарта от 31.01.2014 № 14-ст) (ред. от 08.09.2017).
20. ОК 009-2016. Общероссийский классификатор специальностей по образованию (принят и введен в действие Приказом Росстандарта от 08.12.2016 № 2007-ст).
21. Единый квалификационный справочник должностей руководителей, специалистов и других служащих (ЕКС). 2017.
22. ОК 007-93. Общероссийский классификатор предприятий и организаций (ред. от 28.02.2018).

23. Гаспарян М.С., Лебедев С.А., Тельнов Ю.Ф. Интеграция элементов информационно-образовательного пространства на основе онтологического подхода. // Материалы юбилейной X Международной научно-практической конференции «Электронная Казань 2018» (Информационные технологии в современном мире). Ученые записки ИСГЗ. Казань. 2018. Т. 16. № 1. С. 158–165.
24. Бойченко А.В., Корнеев Д.Г., Каза-

ков В.А. Поиск данных, основанный на семантической модели. // Сборник научных трудов 18-ой Российской научно-практической конференции «Инжиниринг предприятий и управление знаниями. М.: МЭСИ, 2015. С. 123–132.

25. Бова В.В. Онтологическая модель интеграции данных и знаний в интеллектуальных информационных системах // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 4 (165). С. 225–237.

References

1. Tarasov V.B. Enterprise engineering and organizational ontologies. Sbornik nauchnykh trudov 18-y nauchnoy konferentsii «Inzhiniring predpriyatiy i upravleniye znaniyami» = Collection of scientific papers of the 18th scientific conference «Enterprise Engineering and Knowledge Management». Moscow: MESI; 2015. (In Russ.)
2. Tel'nov Yu.F. Principles and methods of semantic structuring of information and educational space based on the implementation of the ontological approach. *Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO* = Economics, Statistics and Informatics. Bulletin of UMO. 2014; 1: 187–191. (In Russ.)
3. Zinder Ye.Z. The foundations of the genesis of fundamental properties and basic requirements for information and educational spaces. *Otkrytoye obrazovaniye* = Open education. 2015; 2: 46–55. (In Russ.)
4. Zinder Ye.Z. Basic requirements for informational and educational spaces based on their fundamental properties. *Otkrytoye obrazovaniye* = Open education. 2015; 3: 83–94. (In Russ.)
5. Priyma S.N. Ensuring semantic interoperability of open adult education systems through an agent-ontological approach. *Perspektivy nauki i obrazovaniya* = Prospects for science and education. 2014; 1: 79–83. (In Russ.)
6. Golenkov V.V., Gulyakina N.A., Davydenko I.T., Shunkevich D.V., Yermeyev A.P. Ontological design of hybrid semantically compatible intelligent systems based on the semantic representation of knowledge. *Ontologiya proyektirovaniya* = Design Ontology. 2019; 9; 1(31): 132–151. (In Russ.)
7. Gasparian M.S., Lebedev S.A., Tel'nov Yu.F. O vzaimosvyazi FGOS i professional'nykh standartov = On the relationship of GEF and professional standards. *Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO* = Economics, statistics and computer science. Bulletin of UMO. 2016; 4: 16–18. (In Russ.)
8. Balashova, I. Yu. Ontological models in the educational system of education. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* = Models, systems, networks in economics, technology, nature and society. 2015; 3 (15): 120–127. (In Russ.)
9. Shibut, M. S. Conceptual modeling of the subject area in the system of information support for the

learning process. *Intellectual'nyy analiz informatsii (IAI-2010): sb. dokladov 10-y Mezhdunar. nauch. Konf* = Intelligent Information Analysis (IAI-2010): Sat. reports of the 10th International scientific conf. Kiev: Prosvgga; 2010: 276–283.

10. Hyunsook Chung, Jeongmin Kim. An Ontological Approach for Semantic Modeling of Curriculum and Syllabus in Higher Education. *International Journal of Information and Education Technology*. May 2016. 6; 5: 365–369.

11. Greger S. E Implementation of the instrumental environment of semantic modeling of the educational process. *Ob'yektnyye sistemy 2011: sb. dokladov 3-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* Rostov n/D: Shakhtinskiy institut (filial) Yuzhno-Rossiyskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta (NPI) im. M. I. Platova = Object systems 2011: Sat. reports of the 3rd International scientific-practical conf. Rostov n / a: Shakhty Institute (branch) of the South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M.I. Platova, 2011: 58–61. (In Russ.)

12. Datsun N.N., Urazayeva L.YU. Ontological approach to the analysis and creation of curricula for promising areas of training IT specialists. *Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovaniye* = Modern Information Technologies and IT Education. 2017; 13; 4: 23–35. (In Russ.)

13. Blagov Ye.YU., Leshcheva I.A., Shcherban S.A. Ontological approach in the practice of educational activities: the formation of the trajectories of individual professional development of students. *Otkrytoye obrazovaniye* = Open education. 2018; 22; 5: 26–39. (In Russ.)

14. Larichev O.I., Naryzhnyy Ye.V., Kuznetsova V.P., Brook E.I. New opportunities for computer training. *Vestnik Rossiyskoy Akademii Nauk* = Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 1999; 69; 2: 106–111. (In Russ.)

15. Trembach V.M. Engineering of intelligent educational systems of a university. *Ekonomika, statistika i informatika. Vestnik UMO* = Economics, Statistics and Informatics. Bulletin of UMO. 2016; 4: 64–67. (In Russ.)

16. Dmitriyevskaya N.A. Methodological approaches to the design of competency models in terms of learning objectives. *Trud i sotsial'nyye otnosheniya* = Labor and social relations. 2010; 12(78): 59–64. (In Russ.)

17. Professional'nyye standarty v oblasti informatsionnykh tekhnologiy = Professional standards in the field of information technology. Moscow: APKIT; 2008. (In Russ.)

18. OK 010-2014 (ISKZ-08). The All-Russian classifier of occupations (adopted and enforced by the Order of Rosstandart dated 12.12.2014 N 2020-st). (In Russ.)

19. OK 029-2014 (NACE Rev. 2). The All-Russian Classifier of Types of Economic Activities (approved by the Order of Rosstandart dated January 31, 2014 No. 14-st) (as amended on September 8, 2017). (In Russ.)

20. OK 009-2016. The All-Russian classifier of specialties by education (adopted and enforced by the Order of Rosstandart dated 08.12.2016 N 2007-ст). (In Russ.)

21. Yedinyy kvalifikatsionnyy spravochnik dolzhnostey rukovoditeley, spetsialistov i drugikh sluzhashchikh (YEKS) = A single qualification directory of positions of managers, specialists and other employees (TSA). 2017. (In Russ.)

22. OK 007-93. The All-Russian Classifier of Enterprises and Organizations (as amended on February 28, 2018). (In Russ.)

23. Gasparian M.S., Lebedev S.A., Tel'nov YU.F. Integration of elements of information and educational space based on the ontological approach. Materialy yubileynoy X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Elektronnaya Kazan' 2018» (Informatsionnyye tekhnologii v sovremennom mire) = Materials of the jubilee X International Scientific and Practical Conference «Electronic Kazan 2018» (Information technology in the modern world). Kazan': Scientific notes of HMIS.2018: 16, 1-158-165. (In Russ.)

24. Boychenko A.V., Korneyev D.G., Kazakov V.A. Data search based on a semantic model. Sbornik nauchnykh trudov 18-oy Rossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Inzhiniring predpriyatiy i upravleniye znaniyami = Collection of scientific papers of the 18th Russian Scientific and Practical Conference "Enterprise Engineering and Knowledge Management. Moscow: MESI; 2015: 123-132. (In Russ.)

25. Bova V.V. Ontological model of data and knowledge integration in intelligent information systems. Izvestiya YUFU. Tekhnicheskiye nauki = News of SFU. Technical science. 2015; 4 (165): 225-237. (In Russ.)

Сведения об авторах

Дмитрий Геннадьевич Корнеев

к.э.н., доцент кафедры Прикладной информатики и информационной безопасности
Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия
Эл. почта: postkorneev@mail.ru

Михаил Самуилович Гаспарян

к.э.н., доцент кафедры Прикладной информатики и информационной безопасности
Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия
Эл. почта: gasparian.ms@rea.ru

Андрей Александрович Микрюков

к.т.н., доцент кафедры Прикладной информатики и информационной безопасности
Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия
Эл. почта: mikrukov.aa@rea.ru

Information about the authors

Dmitriy G. Korneev

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of the
Department Applied Informatics and information security
Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: postkorneev@mail.ru

Mikhail S. Gasparian

Cand. Sci. (Economics), Associate Professor of the
Department Applied Informatics and information security
Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: gasparian.ms@rea.ru

Andrey A. Mikryukov

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the
Department Applied Informatics and information security
Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: mikrukov.aa@rea.ru

Научные кружки как компонент развития практических навыков обучающихся по направлению подготовки «Строительство»

Современный образовательный процесс, включающий теоретическое и практическое освоение основной образовательной программы, предусматривает, что 40% основной информации обучающийся получает во время аудиторных занятий, остальные 60% — для самостоятельного изучения. Научно-исследовательские, научно-практические и творческие кружки в учебных заведениях разного уровня (школа, колледж, университет) помогают талантливой и заинтересованной молодежи развивать способности и находить им практическое применение. При этом значительную помощь оказывает использование современных методов обучения посредством электронного (дистанционного) образования, включая системы электронных учебно-методических комплексов дисциплин и практик; системы, обеспечивающие интерактивное взаимодействие всех субъектов образовательного процесса, в том числе и производственные предприятия. Задача данной статьи — выполнить анализ эффективности работы научных кружков в учебных заведениях строительного направления с целью формирования заинтересованности в выбранной профессии, развития творческих и конструктивных навыков талантливой молодежи, возможности реализации их авторских идей и «продуктов» изобретательского труда на рынке товаров и услуг, а также внедрения разработок в образовательный процесс базового учебного заведения и привлечения школьников к проектной работе в рамках сетевого взаимодействия на региональной сетевой площадке.

Роль руководителя кружка — вызвать интерес обучающихся к предложенной тематике исследований, научить использовать компьютерные технологии не только с целью поиска данных о новых технических решениях, но и обмена информацией между участниками образовательного процесса, т.е. поиск единомышленников, в том числе и из других учебных заведений разных регионов. Работа в кружках технического творчества во многом облегчает процесс освоения профессий и специальностей, даёт

возможность расширить и углубить область знаний, позволяет студентам самим руководить процессом, а преподавателям часть этого опыта переносить на занятия в учебные аудитории к более широкой массе, привлекать всех желающих к новым проектам.

Это даёт возможность получать более качественные знания, повышение уровня обученности и высокие результаты обучаемости студентов и школьников, подготовки последних для поступления в вузы путем повышения мотивации за счет разнообразных форм технологий, в том числе и электронного, интерактивного обучения.

Современные условия труда делают конкурентоспособными тех выпускников, которые могут доказать свою профессиональную многопрофильность, разносторонность знаний и интересов, высокую адаптированность к любым условиям труда, а также высокий потенциал саморазвития. В существующих на данный момент условиях рынка труда сохраняется спрос исключительно на высококвалифицированных специалистов рабочих профессий, среднего звена (бригадир, мастер) и руководящего состава (например, производитель работ). И в подобных условиях одного диплома об образовании недостаточно для желающих быстро передвигаться по карьерной лестнице вверх.

Таким образом, при низких затратах на передачу и обмен информации (знаний и опыта) получаем возможность обеспечить как индивидуальный, так и коллективный способ развития изыскательских и творческих способностей учащихся, сформировать заинтересованные в дальнейшем саморазвитии личности, и как результат — подготовленных к профессиональной деятельности выпускников.

Ключевые слова: профессиональное образование, высшее образование, кружки научного и технического творчества, электронное образование, интерактивные технологии

Nelli I. Taraseeva¹, Oksana V. Baulina², Nataliya A. Dezhinova³

¹ Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia

² Penza College of Architecture and Construction, Penza, Russia

³ St. Petersburg College of architecture and construction, St. Petersburg, Russia

Research discussion groups as a component of the development of practical skills of students in the field of training “Construction”

The modern educational process, including theoretical and practical development of the basic educational program, provides that 40% of the basic information the student is receiving during the classes, the remaining 60% — for self-study. Research, practical and creative discussion groups in educational institutions of different levels (school, college, university) are helping talented and interested young people to develop their abilities and find their practical application. At the same time, significant assistance is provided by the use of modern teaching methods through long distance education, including systems of electronic educational and methodical complexes of disciplines and practices; systems that provide interactive

communication of all subjects of the educational process, including industrial enterprises.

The purpose of this article is to analyze the efficiency of research discussion groups in educational institutions of the construction areas with the aim of generating interest in the chosen occupation, the development of creative skills of the talented youth, opportunities to exercise their author's ideas and inventive work “products” on the market of goods and services, as well as the development implementation into the educational process of schools and attract pupils to project work in view of the networking cooperation on the regional cyber platform. The role of the head of the group is to arouse the interest of students

to the proposed research topics, to teach them to use computer technology not only to search for data on new technical solutions, but also to exchange information between the participants of the educational process, i.e. search for like-minded people, including from other educational institutions in different regions.

Work in research groups of technical creativity in many respects facilitates process of development of occupations and specialties, gives the chance to expand and deepen area of knowledge, allows students to direct process, and for teachers to transfer part of this experience to occupations in classes to large audience, to involve all wishing to new projects.

This makes it possible to obtain better knowledge, increase the level of training and high learning outcomes of students and pupils, preparing them for admission to universities by increasing motivation through a variety of forms of technology, including e-learning, on-line training. Modern working conditions make competitive those graduates who can prove their professional versatility, diversity of knowledge and

interests, high adaptability to any working conditions, as well as a high potential for self-development. In the current labor market conditions, there is a demand exclusively for highly qualified specialists of vocational professions, mid-level specialists (group leader, craftsman) and senior personnel (for example, site supervisor). In such circumstances, one diploma of education is not enough for those who want to move quickly up the career ladder.

Thus, at low costs for the transfer and exchange of information (knowledge and experience), we are able to provide both individual and collective way of development of research and creative abilities of students, to form persons, interested in further self-development, and as a result – the graduates, prepared for professional activity.

Keywords: professional education, higher education, research discussion groups of technical creativity, e-learning, on-line training technologies

«Оказалось, что процесс обучения и производство продукции, крепко определяют личность, потому, что они уничтожают ту грань, которая лежит между физическим и умственным трудом».

А.С. Макаренко

Введение

Современный выпускник средне-профессионального образовательного (СПО) учреждения или высшего учебного заведения (вуза) должен обладать высокими профессиональными качествами, соответствовать уровню высокотехнологичного производства. В связи с этим возрастает актуальность внедрения инновационных образовательных программ, направленных на повышение качества подготовки кадров со школьной скамьи [1].

Привлечение студентов к проектно-исследовательским процессам с самого начала обучения в школе, колледже, университете помогает выбрать научное направление дальнейшей работы. Результатом исследований становится, как правило, получение достоверных данных, позволяющих на их основе расширять свои знания, совершенствовать навыки, развивать креативное мышление и осуществлять профессиональную деятельность на более высоком уровне.

Применение инновационных технологий и использование практических навыков по-

зволяет заниматься проектной деятельностью, как в рамках учебных занятий, так и во время занятий кружков технического творчества, а также вовлекать в проекты школьников, проводя профессиональные пробы со школьной скамьи, тем самым вызывая интерес к профессии технического направления, в частности, «Строительство» [2, 3].

Научно-технические кружки, функционирующие в учебных заведениях разного уровня (школа – учреждения начального и средне-профессионального образования – высшее учебное заведение), без сомнения, способствуют развитию мышления и творческих способностей обучающихся. Задача опытных и грамотных наставников-преподавателей выявить способности желающих узнать и сделать что-то новое и направить их энергию нужное русло, подсказать / проконсультировать в сложных вопросах. Совместные усилия заинтересованных учеников и внимательных учителей приводят к положительному результату – идея, предложенная студентом, получает более конкретные очертания и практическую значимость.

Однако, немаловажным остаётся вопрос реализации полученного продукта «в жизни», чтобы это не осталось на уровне «выставочного образца» или индивидуального пользователя, а получило прикладное

значение, внедрение на производственном предприятии или же в виде организованного индивидуального предприятия (ИП). И здесь наши юные новаторы сталкиваются с новой проблемой: у технического специалиста (исследователя, изобретателя), как правило, нет представлений о коммерческой возможности реализации проекта или они есть, но незначительные и весьма поверхностные в связи с тем, что в технических учебных заведениях для соответствующих специальностей, в частности, «Строительство», учебный план не предусматривает изучение дисциплин, связанных с организацией бизнеса, управление финансами, логистикой, и только небольшой объем часов уделяется изучению организации производства. А ведь маркетинговые исследования могут оказать значительную помощь молодому исследователю в координации мыслей и реализации идей с учетом требований современного производства, а также в составлении бизнес-плана [4].

Инновация показывает результат успешного применения (внедрения) новой или усовершенствованной детали, конструкции, технологии, разработанной членами научно-технического кружка, в практической деятельности, на рынке товаров и услуг. И главный показатель – это получение прибыли.

В связи с этим, задача учебного заведения — научить молодых специалистов не только описывать свои идеи, реализовывать их в помещениях мастерских и лабораторных кабинетов, но и планировать дальнейшие действия в бизнесе при реализации готового продукта с учетом анализа вероятности получения желаемого результата, а также возможных рисков и их нежелательных последствий.

В рамках кружков «Строитель» и «Специалист» студенты Пензенского колледжа архитектуры и строительства, обучающиеся по специальности «Сварочное производство» ведут творческую работу в направлении:

- углубление знаний по предметам специальных дисциплин;
- развитие творческого, рационализаторского и новаторского мышления;
- создание реальных проектов.

Характер работы этих кружков имеет два направления:

а) развитие технического мышления и интереса к конструированию (для этого они выполняют ряд работ — разработку чертежей новых конструкций, деталей, узлов, действующих моделей, макетов, совершенствование конструкций отдельных узлов, станков, различных изделий, моделирование при помощи применения программ проектирования);

б) развитие творческих способностей, стремлений к рационализации и изобретательства.

Раздел 1. Научные кружки как элемент подготовки высококвалифицированных специалистов.

Целью создания научно-исследовательских / научно-технических / научно-практических кружков в учебных заведениях разного уровня подготовки выпускников (школа — колледж — уни-

верситет) является совершенствование профессиональной подготовки школьников и студентов на основе использования существующих достижений в техническом творчестве элементов электронного образования, путем применения инновационных технологий, используемых в строительстве, в машиностроении и других отраслях народного хозяйства для создания квалифицированных рабочих кадров.

Задача проекта организации и эффективного существования кружков заключается в решении проблемы «кадрового голода» не только в квалифицированных рабочих, в специалистах среднего звена и руководящего персонала, но и изобретателях / новаторах в своей отрасли, т.е. людей, способных в современном мире и существующем состоянии производства при наличии достаточно прогрессивных технологий изменять некоторые параметры деталей, элементов технологического процесса с целью получения новых свойств, качеств не только материалов и конструкций, но и производственного оборудования. Для этого необходимо изучать и осваивать на практике сущность (состав, технические и технологические особенности / характеристики) объекта исследования как в лабораторных (мастерских) условиях, так и в сети Интернет, включая системы и средства мультимедиа, электронно-методического обеспечения учебного процесса, интерактивные технологии.

Одним из видов подачи и обработки учебной информации является интерактивная доска. Это большой помощник в подаче нового материала на наглядных примерах. Огромным плюсом является то, что работая в соответствующих приложениях, можно сохранять все записи, сделанные во время учебного занятия [5, 6]. Это даёт возможность в любое время вернуться к ранее рас-

смотренному материалу, устранить недочёты. Например, работая с чертежами, делая на них какие-либо изменения, сохранять, не теряя информации, а на последующих занятиях открыть, посмотреть, исправить, доработать в случае необходимости или продолжить рассмотрение последующего материала. При этом удаётся сэкономить время на восстановление идеи, чертежа, рисунка, какой-либо записи, необходимой для продолжения изучения темы (научного исследования).

При работе технических кружков, подготовке студентов к профессиональным конкурсам, к чемпионатам World Skills современные информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) — это не только наглядность в представлении и изучении информации, но и огромная экономия расходных материалов, поскольку позволяют виртуально неоднократно пройти тот путь исследований, который необходимо сделать на практике, используя измерительные установки, оборудование, стенды [7].

На встрече со студентами Пензенского государственного университета архитектуры и строительства (ПГУАС) 5 марта 2018 года губернатор Пензенской области Иван Белозерцев справедливо сказал о том, как важно, «чтобы на каждом предприятии были наставники над молодыми специалистами, оказывали им помощь в том направлении, которое сегодня важно для предприятия». Крупные предприятия Пензенского региона (ООО «МашСталь», ООО ПКФ «Термодом», Строительная Группа «Риссан», ООО «Автодорога», ООО «Магистраль») имеют современное компьютеризированное, электронное оборудование, на котором порой не сразу сможет работать даже человек с высшим образованием.

Помощь в этом случае может оказать дистанционное обуче-

ние: это и курсы, организованные профильными учебными заведениями данного региона, и интернет-порталы ведущих предприятий, и содействие специализированных обучающих программ электронного образования других учебных заведений, например, электронные учебно-методические комплексы, укомплектованные учебными пособиями для практических и самостоятельных занятий, а также системы, обеспечивающие виртуальное интерактивное взаимодействие всех субъектов образовательного процесса [8, 9].

Актуальность и научная новизна реализации проекта организации и взаимодействия научных кружков (НК) направлена на использование практических навыков учащихся для проведения мастер-классов, квестов, профессиональных проб [10, 11].

Задача этой статьи – на основании анализа тенденции развития областного рынка реализации и продажи товаров и услуг, предлагаемых студентами строительного направления подготовки, выяснить, насколько востребованы их авторские идеи и разработки с целью получения активного выхода на рынок. Выполнить поставленную задачу возможно на практических занятиях в течение учебного года, а также в период прохождения технологических и производственных видов практики. А также привлечение школьников к проектной работе в рамках сетевого взаимодействия на региональной сетевой площадке позволит выявить интересы современной молодёжи [12, 13].

Практическая значимость проекта организации и плодотворного функционирования кружков в учебных заведениях состоит в том что, модель, предложенная обучающимся, получив развитие и став более совершенной, может быть использована при проведении практических работ в составе

образовательного процесса, а так же внедрена на производственном предприятии.

Научные кружки имеют **общественную пользу** – это занятость студентов и школьников в свободное от основной учебы и занятий время, формирование у них предпринимательских качеств, оказание услуг частным и юридическим лицам в рамках технических особенностей и условий реализации идей, товаров, услуг по более низким ценам, что способствует решению социальных вопросов (получение прибыли, улучшение финансового состояния обучающихся).

Раздел 2. Методика реализации сетевого взаимодействия со школами

В методическом отношении работа по сотрудничеству учебного заведения и производства (предприятия) включает в себя подготовку и обеспечение совместных тематических мероприятий, проводимых силами преподавателей профессиональных образовательных учреждений на базе школы или предприятия (мультимедийные презентации, памятки для слушателей, наглядные пособия), участие в изготовлении экспериментального образца, выступление с докладами о полученных результатах на выставках и конференциях разного уровня.

Опыт колледжа

Ежегодно Пензенский колледж архитектуры и строительства выступает в качестве площадки для проведения на базе мастерских регионального чемпионата World Skills по профессиям строительной направленности. Благодаря этому студенты по профессии «Сварщик (электросварочные и газосварочные работы)» и по специальности «Сварочное производство», принимающие участие, достигают успехов в учебной и производственной деятельности. Полученные

навыки позволяют развивать свои способности и занимать призовые места на областных олимпиадах, педагогических, научно-технических конференциях.

Огромный поток информации, получаемый школьниками (выпускниками, а в последствии, абитуриентами СПО и вузов) из сети Интернет, не может качественно усвоиться в юных головах, поскольку у них нет возможности проанализировать весь объём и сделать нужные выводы. Поэтому, проводимые администрацией города Пензы и области Ярмарки ученических мест дают наглядную возможность выделить в памяти наиболее яркие и актуальные аспекты их дальнейшего профессионального образования и развития порой даже не очень ярко выделенных способностей ребенка. Подобные мероприятия показывают наличие широкого спектра и особенности лабораторно-технической базы, интернет-поддержки научных кружков и последние актуальные достижения в учебных заведениях разного уровня и специализации.

Уже со школьной скамьи ученики разных школ не только города, но и области приходят в строительный колледж посмотреть на работу будущих специалистов и принять участие в профориентационном мероприятии «Навигатор». Суть мероприятия – создание атмосферы рабочей зоны для школьников путем проведения выставок, мастер-классов, квестов, защиты проектов (в том числе совместных «школа – колледж»), посещение мастерских, рабочих площадок, выполнение заданий на тренажерах. С каждым годом количество заинтересованных школьников растет: в 2018 мероприятие посетили 1000 школьников, а в 2019 – уже более 1500.

Наблюдая за школьниками, можно заметить, что все они немножко изобретатели [1].

Поэтому, их можно заинтересовать, используя достижения в техническом творчестве, применяя инновационные технологии, используемые в строительстве, в машиностроении, что будет способствовать совершенствованию профессиональной подготовки студентов, для подготовки квалифицированных рабочих кадров.

Опыт вуза

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС) организовал в школах города инженерные классы. Поступая в обычную общеобразовательную школу, ребенок с начальных классов учится чертить правильные линии, рисовать или строить графические изображения различных предметов, далее — разбирать их на более мелкие детали, формируя при этом объемное мышление на основе анализа предложенного объекта. Также возможно освоение компьютерной графики. Для учеников средних (8–9) и старших (10–11) классов организованы занятия несколько раз в неделю в Инженерном классе непосредственно в университете на базе специализированных лабораторных и учебных аудиторий, компьютерных классов [3, 7]. Здесь преподаватели вуза дают возможность при участии наставника из числа высококвалифицированного профессорско-преподавательского состава реализовать посредством электронно-информационных технологий свои идеи в рамках учебно-познавательного проекта, например, запроектировать конструкции здания из дерева, кирпича, металла и других материалов, придумать и стилизованно оформить фасад в средневековом стиле с помощью кованых изделий или декоративной штукатурки, а также изготовить / сформовать из предложенных ингредиентов какой-то элемент.

Представители университета архитектуры и строительства

принимают участие в муниципальном кластерном проекте «ПРОдвижение», учредителем выступает Управление образования города Пенза, ПГУАС — социальный партнер проекта «ПРОдвижение». Сотрудники Центра практики студентов и содействия трудоустройству выпускников (ЦПСИСТВ), Центра маркетинга и непрерывного образования (ЦМиНО) и преподаватели ПГУАС помогают в его реализации: проводят мастер-классы «Мысль в рисунке», «Макетирование в дизайн-проекте», «Продвижение проекта», а также «SCAD — эффективный инструмент моделирования»; организуют выставки «Вклад ПГУАС в создание комфортной среды проживания». Экспозиция состоит из проектов преподавателей и студентов вуза.

Работа в кружках технического творчества во многом облегчает процесс освоения профессий и специальностей. В них отрабатываются не только обязательные навыки производства (установка металлических конструкций, отделочные работы, благоустройство территории и прочие работы), но и рационализаторские способности.

Мастера и педагоги помогают в реализации творческих идей обучающихся не как посторонние наблюдатели, а как проводники к поставленной цели. Совместная работа руководителя кружка и заинтересованных студентов плодотворно и взаимовыгодно влияет на обе стороны процесса, что получает развитие не только в апробации полученных данных на производстве, но и в печати результатов, докладов на Всероссийских и Международных конференциях, Интернет-форумах [14].

Раздел 3. Практические методы кружков технического творчества

Работа в кружках технического творчества во многом облегчает процесс освоения

профессий и специальностей, даёт возможность расширить и углубить область знаний, позволяет студентам самим руководить процессом, а преподавателям часть этого опыта переносить на занятия в учебные аудитории к более широким массам, привлекать всех желающих к новым проектам.

Не один творческий процесс не обходится без начальной идеи. Идея представляет собой основание всякого рода творчества, служит толчком к полету мысли, творческому процессу, является ступенькой вверх или вниз по лестнице решения какой-либо проблемы. Все эти идеи представляют собой одну и ту же структуру, но имеют различное содержание в соответствии с задачами, которые они решают своим появлением [15, 16].

Методы кружков еще недостаточно систематизированы и классифицированы. Мы предлагаем свою классификацию (систематизацию) организации и реализации творческих идей обучающихся в рамках научно-технического творчества (таблица 1).

Методы должны иметь единую и четкую классификацию с целью улучшения работы функциональных особенностей. Следует также обобщить известные приемы комбинирования методов, расчленения их на разновидности, приемы и операции, объединения методов в программы решения изобретательских задач.

Научно обоснованные методы кружков должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- отражать обобщенный опыт работы разных и более ранних изобретателей,
- легко актуализироваться,
- применимость к типовым условиям методов.

Современные условия труда делают конкурентоспособными только тех выпускников, которые могут доказать свою профессиональную многопро-

Таблица 1

Практические методы кружков технического творчества

№ п/п	Стадия творческого процесса	Основные методы
1	Подготовка	Поиск информации. Выявление потребностей общества. Прогнозирование выбора темы.
2	Замысел	Анализ информации. Постановка задачи. Определение поля решения. Выбор средств решения задачи
3	Поиски решения	Генерирование идей. Апробация идей. Верификация идей.
4	Реализация	Конкретизация и оформление решения. Опытная проверка решения. Освоение, распространение и пропаганда решения.

фильность, разносторонность знаний и интересов, высокую адаптированность к любым условиям труда, а также высокий потенциал саморазвития. В существующих на данный момент условиях рынка труда сохраняется спрос исключительно на высококвалифицированных специалистов рабочих профессий, среднего звена (бригадир, мастер) и руководящего состава (например, производитель работ). И в подобных условиях одного диплома об образовании недостаточно для желающих быстро передвигаться по карьерной лестнице вверх.

Раздел 4. Пример реализации проектно-исследовательской деятельности научного кружка

Для совершенствования профессиональной подготовки студентов и школьников на основе использования достижений в техническом творчестве, применения инновационных технологий в Пензенском колледже архитектуры и строительства разработан проект, который может решить не только проблему кадров, но и улучшить материально-техническую базу учебного заведения [17, 18].

Проект имеет два направления:

1) В рамках сетевого взаимодействия школьники, зани-

маясь проектом создания простейшей металлоконструкции, проходят профессиональную пробу по профессии «Сварщик».

2) Создание долговечного архитектурно-художественного оформления здания с помощью оборудования, ускоряющего процесс сваривания декоративных металлоконструкций.

В рамках профессиональной пробы, которая проводится на сварочном тренажере Soldamfnic, позволяющей создать функции дополнительной реальности сваривания швов, учащиеся получают возможность эффективно практиковаться в различных условиях выполнения специфических работ. Для отработки навыков сборки металлоконструкций, предлагается желающим собрать, например, розу из изготовленных заранее деталей. Подобные мастер-классы вызывают интерес не только у обучающихся в СПО, но и школьников города Пензы и области.

Второе направление — это создание приспособления на практике, который может применяться в качестве тренажера в реальных условиях, в образовательном процессе в учебном заведении и на производстве. Данное приспособление было изготовлено студентом на занятиях в кружке технического творчества «Специалист» и по-

могло в дальнейшем на уроках практического занятия и на производственной практике.

Внедрение современных сварочных технологий — дело затратное [4, 18, 19]. Функционирование компаний в рыночной среде требует, как минимум анализа экономических последствий, проект должен также оцениваться с этих позиций (см. *вводная часть статьи*). Поэтому студентом было не только разработано новое приспособление, но и выполнен анализ экономической выгоды реализации сварочного приспособления, что свидетельствует о многоплановом профессиональном и личностном развитии, которое дают обучающемуся научные кружки.

Для определения эффективности приспособления были использованы критерии:

- чистой текущей стоимости — 2000÷3000 рублей,
- внутренней нормы окупаемости — 1 месяц,
- соотношение выгоды/затраты: затраты — 1000 рублей (токарные операции, шлифовальные и т.д.) / экономическая выгода зависит от количества заказов.

Разработанная в научно-техническом кружке модель может быть использована как сварочное приспособление во время проведения учебных занятий преподавателем, а также использована в качестве сварочного приспособления для выполнения заказов по сварке, что принесет финансовую пользу и учебному заведению, и ученику. Острым является вопрос приобретения навыков работы на новом оборудовании. Разработанное студентом колледжа на занятиях кружка сварочное приспособление помогает производить сварку особо сложных металлических конструкций, которые используются для дизайна интерьера (рис. 1)

Также в процессе работы кружка на основании ана-



Рис. 1. Дизайн интерьера

лиза сложившейся ситуации на рынке товаров и соответствующих услуг, разработана стратегия развития бизнеса, показывающая очевидные преимущества творческой идеи студента:

- малые затраты на приспособление,
- экономия инвестиционных средств,
- простая конструкция модели,
- легкое внедрение в процесс производства.

Для достижения и удержания конкурентного преимущества в течение длительного времени, недостаточно иметь высокую операционную эффективность, нужна продуманная стратегия развития своих отличительных качеств и уникальных компетенций, в чем юному искателю помогают опытные преподаватели-наставники, руководители научно-исследовательских направлений [20, 21, 22].

Заключение

Привлечение обучающихся к исследовательской деятельности с самого начала обучения, вливания их в образовательный процесс, помогает выбрать научное направление дальнейшей исследовательской работы. Результатом научных исследований является получение достоверных дан-

ных, позволяющих на их основе осуществлять и совершенствовать профессиональную деятельность, и даже получать дополнительный доход.

Новые технологии находят свое отражение в работе кружков технического творчества в части создания разных приспособлений и макетов, что наводит на мысль применить их в процессе производства и для создания малого предприятия.

В рамках научно-исследовательских кружков для студентов по строительным специальностям творческая работа может быть организована по направлениям:

- углубление знаний по предметам специальных дисциплин;
- развитие творческого, рационализаторского и новаторского мышления;
- создание реальных проектов.

Научно-обоснованные методы технического творчества должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- отражать обобщенный опыт работы изобретателей,
- легко актуализироваться.

Современные условия труда делают конкурентоспособными только подготовленных выпускников учебных заведений технического направления, которые могут доказать свою многопрофильность, разносто-

ронность и будут адаптированы к любым условиям труда. Студенты, активно развивающиеся в научном плане благодаря кружкам и электронному образованию, полностью отвечают таким требованиям. В век современной техники, когда ни одна трудовая операция не обходится без вмешательства информационных технологий, наши педагоги и мастера совершенствуют различные способы подготовки специалистов, что повышает уровень их знаний, умений и профессиональных навыков, позволяя соответствовать требованиям работодателей.

Внедряя, свои идеи, студент в результате развивает свои творческие способности, так как именно данный способ мышления раскрывает профессиональные качества как нельзя полнее [15].

Комплексное решение рассмотренных проблем позволит обеспечить дальнейшее развитие учебных заведений Пензенской области строительного направления в качестве инновационного и сохранить лидирующую роль в регионе и различных отраслях экономики страны, а также решить проблему внеурочной / частичной занятости студентов и школьников, формировать у молодого поколения инженерно-технические и предпринимательские качества.

Литература

1. Кирдянкина С.В. Подпрограмма «Одаренные дети» // Научно-методический журнал заместителя директора по воспитательной работе. 2007. № 4.
2. Байбородова Л. В., Репина А. В. Организация сетевого взаимодействия образовательных учреждений при реализации инновационных проектов // Ярославский педагогический вестник. 2013. № 3. Том II.
3. Тарасеева Н.И., Баулина О.В. Эффективность применения инновационных технологий в организации практической подготовки // Открытое образование. 2019. 23(2). С. 14–22. DOI: <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2019-2-14-22>.
4. Глубокое пике «Новой экономики» // Бизнес журнал для малого и среднего бизнеса. 2008. № 5. С. 76.
5. Антонин М. А. Интерактивные методы обучения как потенциал личностного развития студентов // Психология обучения. 2010. № 12. С. 53–63.
6. Путин В. В. О среднем профессиональном образовании в Санкт-Петербурге // ГлавСправ [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://edu.glavprav.ru/spb/spo/journal/392/>
7. Рогожин С. А. Материально-техническое обеспечение учебного процесса – необходимое условие качества образования // Университетское управление: практика и анализ. 2004. № 4 (32). С. 19–26.
8. Средства дистанционного обучения. Методика, технология, инструментарий [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://edutools.h12.ru/compare/>.
9. Солянкина Л.Е. Учебно-методический комплекс как средство профессионального саморазвития студента. Волгоград: 1999. 217 с.
10. Вульф В.Б. Педагогические ситуации. М.: Педагогическое общество России, 2001.
11. Благоев Е.Ю., Лещева И.А., Щербан С.А. Онтологический подход в практике образовательной деятельности: формирование траекторий индивидуального профессионального развития студентов. // Открытое образование. 2018. 22(5). С. 26–39. Режим доступа: <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-5-26-39>
12. Байбородова Л. В., Репина А. В. Организация сетевого взаимодействия образовательных учреждений при реализации инновацион-

ных проектов // Ярославский педагогический вестник. 2013. № 4. Том III.

13. Осипов А.М., Карстанье П., Тумалев В.В., Зарубин В.Г. О социальном партнерстве в сфере образования // Социологические исследования. 2008. № 11. С. 108–115.

14. Тарасеева Н.И., Баулина О.В., Сухова О.И., Сухов Я.И. Проектная деятельность в области ландшафтного дизайна и строительства (как компонент развития практических навыков студентов) // Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства: сб. докладов II Национальной научно-практической конференции. Часть 1 Градостроительство и архитектура. Пенза: ПГУАС, 2019. С. 72–76.

15. Бартенев А.Н. Авторская мастерская как форма образовательной деятельности // Профессиональное образование. 2008. № 5. С. 14.

16. Масляков Е.Г. Техническое творчество в системе среднего профессионального образования. М.: 2007.

17. Гарькин И.Н., Медведева Л.М., Назарова О.М. Стажировка как фактор будущего трудоустройства студентов [Электрон. ресурс] // Аллея науки. 2017. № 12 (2). С. 328–331. Режим доступа: http://alley-science.ru/domains_data/files/August17/

18. Обучение по профессии «сварщик» с помощью новых образовательных технологий. М.: 2008.

19. Васин С.А., Голоден О.Ю., Бесфамильная С.В. инвалиды в России: причины и динамика инвалидности, противоречия и перспективы социальной политики. М.: 1999.

20. Пряжников Н.С., Сергеев И.С. Досуговое самоопределение в системе профориентационной работы [Электрон. ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20959>.

21. Ратникова Е.В. Диагностика типов профессионального мастерства преподавателя // Профессиональное образование. 2008. № 4. С. 10.

22. Астанин С.В., Калашникова Т.Г. Разработка индивидуальной модели поведения обучаемого в системе дистанционного образования // Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы. Таганрог: ТРТУ, 2001. С. 179–196.

References

1. Kirdyankina S.V. Subprogram “Gifted children”. Nauchno-metodicheskiy zhurnal zamestitelya direktora po vospitatel'noy rabote = Scientific and methodological journal of the deputy director for educational work. 2007; 4. (In Russ.)
2. Bayborodova L. V., Repina A. V. Organization of network interaction of educational institutions in the implementation of innovative projectp. Yaroslavskiy pedagogicheskiy vestnik = Yaroslavl Pedagogical Bulletin. 2013; 3.
3. Taraseyeva N.I., Baulina O.V The effectiveness

of innovative technologies in the organization of practical training. Otkrytoye obrazovaniye = Open Education. 2019; 23(2): 14-22. DOI: <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2019-2-14-22>. (In Russ.)

4. The deep peak of the «New Economy». Biznes zhurnal dlya malogo i srednego biznesa = Business magazine for small and medium-sized businesses. 2008; 5: 76. (In Russ.)

5. Antonin M. A. Interactive teaching methods as a potential for the personal development of studentp. Psikhologiya obucheniya = Learning Psychology. 2010; 12: 53-63. (In Russ.)

6. Putin V. V. On secondary vocational education in St. Petersburg. GlavSprav [Internet]. Available from: <http://edu.glavsprav.ru/spb/spo/journal/392/> (In Russ.)
7. Rogozhin S. A. Material and technical support of the educational process – a necessary condition for the quality of education. Universitetskoye upravleniye: praktika i analiz = University Management: Practice and Analysis. 2004; 4(32): 19-26. (In Russ.)
8. Sredstva distantsionnogo obucheniya. Metodika, tekhnologiya, instrumentariy = Means of distance learning. Methodology, technology, tools [Internet]. Available from: <http://edutools.h12.ru/compare/>. (In Russ.)
9. Solyankina L.Ye. Uchebno-metodicheskiy kompleks kak sredstvo professional'nogo samorazvitiya studenta = Educational complex as a means of professional self-development of a student. Volgograd: 1999. 217 p. (In Russ.)
10. Vul'fov B.Z. Pedagogicheskiye situatsii = Pedagogical situations. Moscow: Pedagogical Society of Russia; 2001. (In Russ.)
11. Blagov Ye.YU., Leshcheva I.A., Shcherban S.A. Ontological approach in the practice of educational activities: the formation of the trajectories of individual professional development of students. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2018; 22(5): 26-39. Available from: <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2018-5-26-39> (In Russ.)
12. Bayborodova L. V., Repina A. V. Organization of network interaction of educational institutions in the implementation of innovative projects. Yaroslavskiy pedagogicheskiy vestnik = Yaroslavl Pedagogical Bulletin. 2013; 4. (In Russ.)
13. Osipov A. M., Karstan'ye P., Tumalev V. V., Zarubin V. G. On social partnership in the field of education. Sotsiologicheskiye issledovaniya = Sociological Studies. 2008; 11: 108-115. (In Russ.)
14. Taraseyeva N.I., Baulina O.V., Sukhova O.I., Sukhov YA.I. Project activities in the field of landscape design and construction (as a component of the development of students' practical skills). Aktual'nyye problemy nauki i praktiki v razlichnykh otraslyakh narodnogo khozyaystva: sb. dokladov II Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Chast' 1 Gradostroitel'stvo i arkhitektura = Actual problems of science and practice in various sectors of the economy: Sat. reports of the II National Scientific and Practical Conference. Part 1 Urban planning and architecture. Penza: PGUAS; 2019: 72-76. (In Russ.)
15. Bartenev A.N. Workshop as a form of educational activity. Professional'noye obrazovaniye = Professional Education. 2008; 5: 14. (In Russ.)
16. Maslyakov Ye.G. Tekhnicheskoye tvorchestvo v sisteme srednego professional'nogo obrazovaniya = Technical creativity in the system of secondary vocational education. Moscow: 2007. (In Russ.)
17. Gar'kin I.N., Medvedeva L.M., Nazarova O.M. Internship as a factor in the future employment of students [Internet]. Alleya nauki = Alley of science. 2017; 12(2): 328-331. Available from: http://alley-science.ru/domains_data/files/August17/ (In Russ.)
18. Obucheniye po professii «svarshchik» s pomoshch'yu novykh obrazovatel'nykh tekhnologiy = Training in the profession of «welder» with the help of new educational technologies. Moscow: 2008. (In Russ.)
19. Vasin S.A., Goloden O.YU., Besfamil'naya S.V. invalidy v Rossii: prichiny i dinamika invalidnosti, protivorechiya i perspektivy sotsial'noy politiki = disabled people in Russia: causes and dynamics of disability, contradictions and prospects of social policy. Moscow: 1999. (In Russ.)
20. Pryazhnikov N.S., Sergeyev I.S. Leisure self-determination in the system of career guidance [Internet]. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education. 2015; 4. Available from: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20959>. (In Russ.)
21. Ratnikova Ye.V. Diagnosis of types of professional mastery of a teacher. Professional'noye obrazovaniye = Vocational education. 2008; 4: 10. (In Russ.)
22. Astanin S.V., Kalashnikova T.G. Development of an individual model of student behavior in the distance education system. Perspektivnyye informatsionnyye tekhnologii i intellektual'nyye sistemy = Promising information technologies and intelligent systems. Taganrog: TRTU. 2001; 179-196. (In Russ.)

Сведения об авторах

Нелли Ивановна Тарасеева

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, Пенза, Россия
Эл. почта: tnelly77@mail.ru

Оксана Владимировна Баулина

Пензенский колледж архитектуры и
строительства, Пенза, Россия
Эл. почта: oksana1091978@rambler.ru

Наталия Александровна Дежинова

Санкт-Петербургский архитектурно-
строительный колледж,
Санкт-Петербург, Россия
Эл. почта: deznat@yandex.ru

Information about the authors

Nelli I. Taraseeva

Penza State University of Architecture and
Construction, Penza, Russia
E-mail: tnelly77@mail.ru

Oksana V. Baulina

Penza College of Architecture and Construction,
Penza, Russia
E-mail: oksana1091978@rambler.ru

Nataliya A. Dezhinova

St. Petersburg College of architecture and
construction,
Saint Petersburg, Russia
E-mail: deznat@yandex.ru

Инновационные механизмы управления системой образования на региональном и федеральном уровнях на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информации

Цель данного исследования — трансляция результатов проекта, способствующих обеспечению эффективности управления системой образования за счёт внедрения единых федеральной и региональной баз открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации. В данной статье обоснована актуальность внедрения инновационных механизмов управления системой образования на региональном и федеральном уровнях на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информации.

Материалы и методы исследования — в основу проведения исследования были положены результаты выполненных работ в рамках исполнения обязательств по государственному контракту по заказу Министерств образования и науки Российской Федерации от 03 октября 2017 года по проекту «Экспертно-аналитическое сопровождение разработки и развития инновационных механизмов управления системой образования на региональном и федеральном уровнях на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информации», а также использовались методы: анализа и синтеза, дедукции (индукции), поисковый метод, метод фиксации и сравнения, метод опроса по средствам заполнения форм сбора данных, метод статистической обработки информации, метод отбора экспертов и экспертной оценки, метод компетенций, метод обсуждения, метод проведения организационных мероприятий, метод технического обеспечения работы каналов Интернет, метод сетевой коммуни-

кации с «мгновенным» доступом к информации; метод изложения материала (проблемный, контекстный), метод описания, метод разработки структуры материала, метод включения, метод структурирования, метод корректуры текстового материала, метод подготовки содержания материала, метод дизайна, метод определения эффективного стилизового решения, метод комплектования, метод оформления и расстановки, и другие.

Результаты исследования — выявлена востребованность открытых источников информации, используемых в процессе управления системой образования, а также актуальные направления, включаемые в единые федеральную и региональную базы открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации.

Заключение — представлены схемы бизнес-процесса в рамках реализации механизмов управления системой образования на региональном и федеральном уровнях на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информации и процедура формирования открытых источников для наполнения единых федеральной и региональной баз открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации.

Ключевые слова: механизм, управление системой образования, источники востребованной информации, региональный и федеральный уровень

Ekaterina A. Gavrilova¹, Natalya A. Bulaeva¹, Sergei A. Bannikov²

¹ The Union «Professionals in the field of educational innovations», Moscow, Russia

² FSUE «Goskorporatsiya po OrVD», Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

Innovative management mechanisms of the education system at the regional and federal levels by improving sources of demand in the management of information

The aim of this research is presenting project results, contributing to the effective management of the education system through the introduction of unified federal and regional open source databases that are in demand in the management of the education system of information. This article proves the urgency of introducing innovative mechanisms for managing the educational system at the regional and federal levels based on improving the sources of information, demanded in the management process.

Materials and methods of the research. The research was based on the results of the work as part of the performance of obligations under a state contract by the order of the Ministries of Education and Science of the Russian Federation from October 03, 2017 for the project “Expert-analytical support of the elaboration and development of innovative

mechanisms for managing the educational system at the regional and federal levels based on improving the sources of information, demanded in the management process”. The following methods were used: analysis and synthesis, deduction (induction), search method, method of fixation and comparison, method of survey by means of filling out forms of data collection, the method of statistical processing of information, expert selection and peer review method, method of competences, discussion method, the method of carrying out organizational activities, the method of technical administration of Internet channels, method of network communication with “instant” access to information; method of presentation (problem, context), method of description, method for development of the material structure, inclusion method, method of structuring, method of proof-reading of text material, method of preparing content material,

design method, method for determining of effective style solution, compilation method, method of preparation and arrangement, and others. The results of the study revealed the relevance of open sources of information used in the management of the education system, as well as the actual directions that are included in the regional and federal levels based on improving the sources of information, demanded in the management process.

Conclusion. Business process charts are presented in the framework of

the management mechanisms of the education system at the regional and federal levels by improving sources of information, demanded in the management process. As well as the procedure of formation of open sources is shown to fill unified federal and regional databases of public sources with the information, demanded in the process of education management.

Keywords: mechanism, management of the education system, sources of the needed information, regional and federal level

Введение

Современные условия развития мирового пространства характеризуются динамизмом и неопределённостью, что создаёт ряд проблем при реализации управленческих решений. Решающим фактором оперативного влияния и воздействия на изменяющиеся условия мирового пространства является квалифицированная подготовка специалистов, т. е. наличие эффективно функционирующей системы образования в стране. В Российской Федерации образовательная деятельность направлена на установление единых требований осуществления образовательной деятельности и процедур, связанных с установлением и проверкой соблюдения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, этих требований [1].

Проектированию моделей эффективного управления системой образования посвящены многие работы отечественных ученых. Так вопросами муниципального образования занимались С.Н. Братановский, А.А. Васильев, А.К. Куранов, В.А. Назаров и др. [2, 3, 4, 5]. В трудах С.А. Банникова, С.Г. Косарецкого, Е.Н. Шимуткина, Н.Ф. Дика и др. [6, 7, 8] рассматривается государственно-общественное управление образованием. Так же, в современных условиях развития системы образования и общества актуальным является изучение информационно-аналитических систем в образовании, что и отражено в публикациях Е.Ю. Левиной, Т.А. Мерцаловой, В.Л. Нестерова [9, 10, 11] и др. Не преуменьшая вклад исследователей в разработке

проблемы управления образованием, стоит отметить, что не в достаточной мере раскрыты вопросы управления системой образования на региональном и федеральном уровнях на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информации.

Система образования региона — это относительно обособленная совокупность связанных между собой образовательных, обеспечивающих, инновационных и управленческих процессов, реализуемых образовательными и иными институтами на территории одного из субъектов Российской Федерации. Обеспечение коммуникации между участниками образовательного пространства связано с формированием информационной модели, или образа, управленческой ситуации, а также самого объекта управления, выступающего информационной основой принятия эффективных управленческих решений.

Однако для учета местных особенностей и образовательных запросов населения необходимо осуществлять региональное управление образованием в рамках действия федерального законодательства. Одним из сдерживающих факторов эффективного управления системой образования может стать постоянно меняющееся информационное пространство и недостаточность ресурсов реагирования на него.

Современные технологии интеллектуального анализа данных позволяют создавать новое знание, выявляя скрытые закономерности, прогнозируя будущее состояние

систем, а значит, позволяя спрогнозировать эффективность принятия того или иного управленческого решения.

Поскольку, управление системой образования осуществляется на принципах законности, демократии, автономии образовательных организаций, информационной открытости системы образования и учета общественного мнения и носит государственно-общественный характер, все открытые источники информации в сфере образования должны базироваться на данных принципах.

С целью повышения эффективности принятия управленческих решений на федеральном и региональном уровнях целесообразно разработать инновационные механизмы управления системой образования на федеральном и региональном уровнях на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информации (далее — инновационные механизмы), реализация которых даст возможность обеспечить и достичь объективности, достоверности и единообразия используемых в процессе управления данными, что позволит гарантировать выполнение Федерального закона от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 01.05.2017) «Об образовании в Российской Федерации», статьи 97 «Информационная открытость системы образования» [12].

Цель статьи — представить результаты проекта, способствующие обеспечению эффективности управления системой образования за счёт внедрения единых федеральной и региональной баз от-

крытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

- определить востребованность открытых источников информации, используемых в процессе управления системой образования;

- описать процедуру формирования открытых источников для наполнения единых федеральной и региональной баз открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации;

- выявить актуальные направления, включаемые в единые федеральную и региональную базы открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации;

- представить схемы бизнес-процесса в рамках реализации механизмов управления системой образования на региональном и федеральном уровнях на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информацией.

Основная часть

Данная статья базируется на результатах исследования в рамках исполнения обязательств по государственному контракту по заказу Министерства образования и науки от 03 октября 2017 года на выполнение работ (оказание услуг) по проекту «Экспертно-аналитическое сопровождение разработки и развития инновационных механизмов управления системой образования на региональном и федеральном уровнях на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информацией».

Подготовительным этапом разработки инновационных механизмов на федеральном

и региональном уровнях было определение востребованности тех или иных (открытых) источников информации, используемых в процессе управления системой образования (далее – открытых источников) посредством проведения экспертизы практики применения открытых источников для принятия управленческих решений в образовании [9-11, 12].

Экспертиза осуществлялась на основе данных, собранных в результате проведения анкетирования, в котором приняли участие представители органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющих государственное управление в сфере образования.

Таким образом, анализ мнений респондентов показал, что для совершенствования источников востребованной в процессе управления системой образования информации необходимо сбалансировать открытые базы данных в следующем контексте:

- 1) поддержка и развитие информационной системы управления сферой образования;

- 2) выявление и отбор основных источников информации в сфере образования;

- 3) сбор и обработка информации, оценка её полноты, достоверности и значимости;

- 4) анализ информации, выявление тенденций;

- 5) разработка прогнозов и альтернатив поведения образовательных организаций;

- 6) формирование и постоянное обновление базы данных управленческих и научных идей в сфере управления образованием.

В первую очередь, методологический подход к управлению системой образования на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информацией должен базироваться на принципах законности, демократии, автономии образовательных организаций, информационной открытости



Рис. 1. Основные направления для сбалансирования источников востребованной в процессе управления системой образования информации

системы образования и учета общественного мнения и носить государственно-общественный характер.

При разработке процедуры внедрения инновационного механизма управления системой образования на федеральном и региональных уровнях на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информацией необходимо выделить наиболее актуальные направления совершенствования открытых баз данных и обеспечить их сбалансированное функционирование.

Для совершенствования источников востребованной в процессе управления системой образования информации необходимо сбалансировать открытые базы данных в следующем контексте (рис. 1).

Реализация сбалансирования источников востребованной в процессе управления системой образования информации, в контексте перечисленных направлений, возможна за счёт внедрения (применения) следующей процедуры формирования открытых источников для наполнения единых федеральной и региональной баз открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации:

1) выявление востребованной в процессе управления системой образования информации на основе анализа мнений специалистов, участвующих в процессе управления системой образования (метод анкетирования);

2) обработка результатов анкетирования и типизация информации, применяемой в процессе управления системой образования, по содержанию и направленности (метод группировки);

3) классификация информации по выделенным группам (метод систематизации);

4) определение оптимальной и доступной визуализации информации на основе изуче-

Актуальные направления, включаемые в единые федеральную и региональную базы открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации

Актуальные направления, включаемые в единую федеральную базу открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации	Актуальные направления, включаемые в единую региональную базу открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации
1. Нормативные и правовые акты, материалы по их применению (письма, методические рекомендации, обзоры документов, комментарии и т. д.).	1. Активные ссылки на единую федеральную базу открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации (нормативные и правовые акты, материалы по их применению федерального уровня (письма, методические рекомендации, обзоры документов, комментарии и т. д.)) являются основой принятия управленческих решений на региональном уровне.
2. Результаты мониторинга образования и независимой оценки качества образования: результаты выполнения работ (статистика и текстовая часть); результаты независимой экспертной оценки (статистика и текстовая часть).	2. Нормативные и правовые акты, материалы по их применению регионального уровня (письма, методические рекомендации, обзоры документов, комментарии и т. д.).
3. Образовательные практики и методики: методические наработки и/или разработки; планы деятельности; тематические статьи (в том числе обзоры по конкретной проблематике).	3. Результаты мониторинга образования и независимой оценки качества образования на региональном уровне: результаты выполнения работ (статистика и текстовая часть); результаты независимой экспертной оценки (статистика и текстовая часть).
4. Активные ссылки на стандартизированные региональные базы открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации.	4. Образовательные практики и методики на региональном уровне: методические наработки и/или разработки; планы деятельности; тематические статьи (в том числе обзоры по конкретной проблематике).
5. Информационное и методическое обеспечение деятельности федеральных государственных органов, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации	5. Подготовка и повышение квалификации работников местного самоуправления, осуществляющих управление в сфере образования

ния наиболее используемых источников данных в процессе принятия решений (сравнительный анализ);

5) формирование единых федеральной и региональной баз открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации (создание электронного ресурса).

Таким образом, соблюдение представленной процедуры позволило выделить актуальные направления, которые включаются в единые федеральную и региональную базы открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации (таблица).

Единая федеральная база открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации – это информационная система, включающая в себя не только общегосударственные данные, но и единые региональные базы открытых данных, используемых в процессе принятия управленческих решений.

В свою очередь, единая региональная база открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации включает активные ссылки на источники, находящиеся в единой федеральной открытой базе данных, исполь-

зуемых в процессе принятия управленческих решений.

Для эффективного внедрения инновационных механизмов управления системой образования на региональном и федеральном уровнях на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информации в рамках проведения конференции на базе Чеченского государственного педагогического университета 6 июня 2017 года была проведена их экспертиза. По результатам экспертизы, квалифицированными экспертами были внесены предложения и рекомендации по совершенствованию инновационного механизма управления системой образования на региональном уровне на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информации.

Таким образом, с учётом предложений и рекомендаций экспертов разработана схема бизнес-процесса в рамках реализации механизма (рис. 2).

Таким образом, единая федеральная база открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации обеспечивает эффективность принятия управленческих решений за счёт аккумулирования региональных и федеральных данных по наиболее актуальным источникам информации при управлении в сфере образования. При этом пользователю данной информации достаточно воспользоваться только одной ссылкой на единую федеральную базу открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации и получить доступ к интересующим данным, что оптимизирует затраты времени на поиск информации и гарантирует её точность, объективность и достоверность.

Единая региональная база открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации представлена на рис. 3.

Данную структуру целесообразно соблюдать при формировании единой региональной базы открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации всеми регионами Российской Федерации, т. к. это позволяет обеспечить стандартизацию информации при принятии управленческих решений в сфере образования и эффективно внедрять данные из региональных баз в единую федеральную систему открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации.

Так же необходимо отметить, что при реализации инновационного механизма управления системой образования на федеральном и региональных уровнях на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информации предполагается внедрение единой федеральной и региональной базы открытых источников востребованной в процессе



Рис. 2. Схема бизнес-процесса в рамках реализации механизма управления системой образования на федеральном уровне на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информации

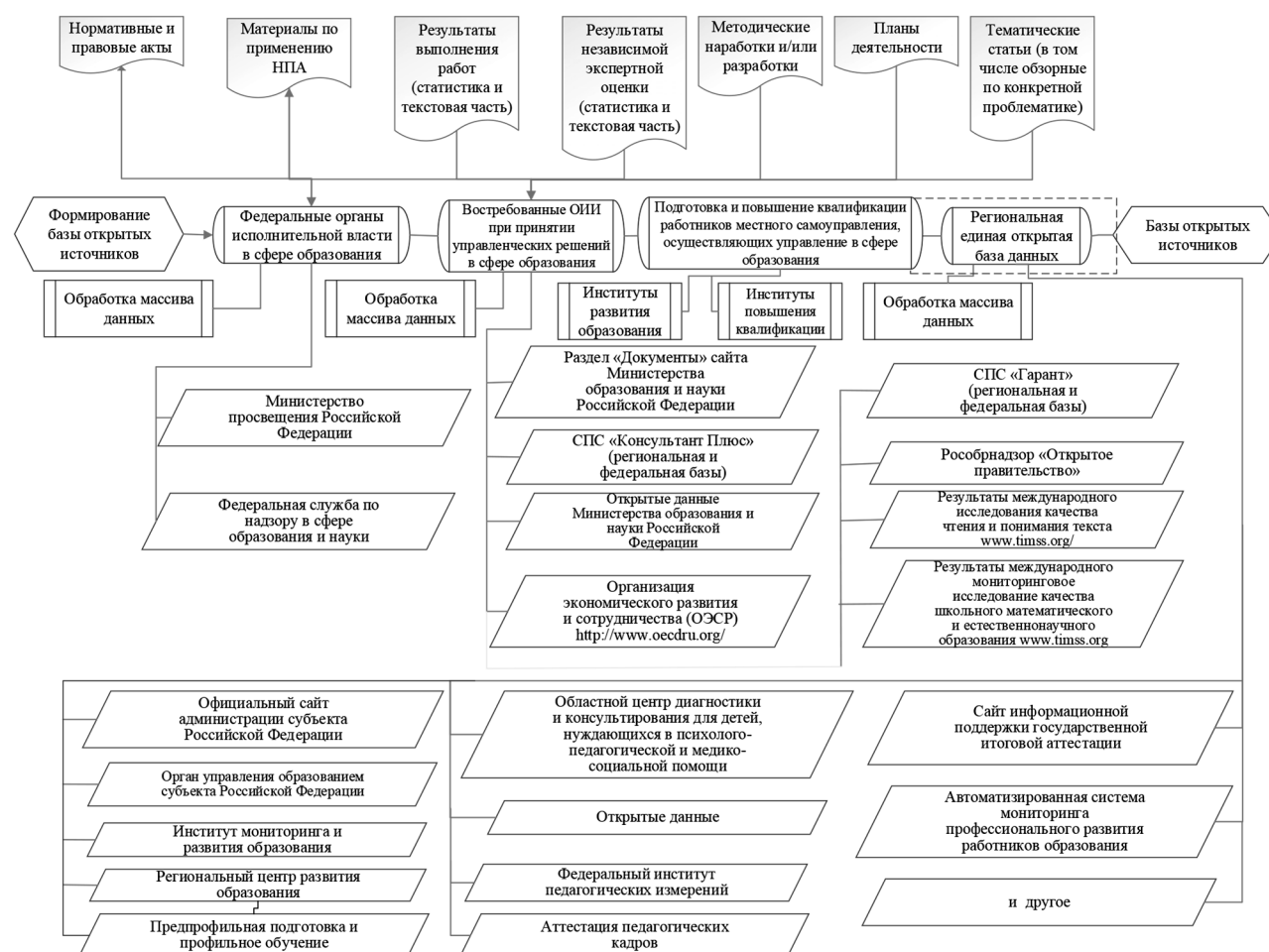


Рис. 3. Схема бизнес-процесса в рамках реализации механизма управления системой образования на региональном уровне на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информации

управления системой образования информации, при этом существует вероятность возникновения следующих рисков:

Потеря информационного ресурса — частичное или полное отсутствие доступа к данным единой федеральной базы открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации. Возникновение данного риска может произойти из-за перегруженности информационной системы или внешних факторов влияния на нее.

Снижение вероятности наступления данного риска можно обеспечить за счет выбора качественной электронной платформы, продуманной системы безопасности сайта и квалифицированных кадров.

2. Искажение информации в открытых источниках за счет внешнего влияния — наличие в единой базе недостоверной информации. Возникновение данного риска может произойти из-за внешних факторов влияния на нее (кибератак).

Снижение вероятности наступления данного риска можно обеспечить так же за счет выбора качественной электронной платформы, продуманной системы безопасности сайта и квалифицированных кадров.

3. Старение информации в открытых источниках за счет отсутствия актуализации данных, обновления информации, в т.ч. нормативно-правового и методического характера.

Снижение вероятности наступления данного риска можно обеспечить за счет си-

стематической актуализации представленных данных.

Однако при осуществлении эффективного контроля за работой единой федеральной и региональной базы открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации возможно минимизировать выше перечисленные риски и обеспечить ее бесперебойное функционирование.

Заключение

Исходя из вышесказанного, следует подчеркнуть, что единые федеральная и региональная базы являются взаимодополняющими: региональная база формируется на принципах и нормах федеральной, а федеральная — учитывает и отображает информацию с ре-

гиональной базы. Внедрение федеральной и региональной баз данных позволит оптимизировать затраты времени на поиск информации и гарантировать её точность, объективность и достоверность в процессе принятия управленческих решений в сфере образования.

Таким образом, внедрение инновационных механизмов управления системой образования на региональном и федеральном уровнях на основе совершенствования источников востребованной в процессе управления информации позволит обеспечить опера-

тивность и эффективность управления отдельными образовательными организациями и системой образования в целом за счет внедрения единой региональной базы открытых источников востребованной в процессе управления системой образования информации.

Литература

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 01.05.2017) «Об образовании в Российской Федерации», статья 90 «Государственная регламентация образовательной деятельности».
2. Братановский С.Н. Муниципальная система образования в России: правовые основы организации и деятельности. М.: 2007.
3. Банников С.А., Раев К.В., Антонова Е.В. Анализ условий перехода к оказанию государственных услуг по лицензированию и государственной аккредитации в сфере образования // Профессиональное образование. Столица. 2017. № 1. С. 44–48.
4. Васильев А.А. Муниципальное управление: Конспект лекций. Н. Новгород: Издатель Гладкова О.В., 2008. 160 с.
5. Куранов А.К. Полномочия органов местного самоуправления в области образования: дис. канд. юрид. наук. Липецк: 2007.
6. Назаров В.Л. Модернизация муниципальной системы образования. М.: Аспект-Пресс, 2009. 63 с.
7. Банников С.А., Раев К.В., Антонова Е.В. Анализ условий перехода к оказанию государственных услуг по лицензированию и государственной аккредитации в сфере образования // Профессиональное образование. Столица. 2017. № 1. С. 44–48.
8. Косарецкий С.Г., Шимутин Е. Н. Государственно-общественное управление образованием: от прецедентов к институту. Исследования и разработки: Монографический сборник. Под ред. С.Г. Косарецкого, Е.Н. Шимутиной. М.: Вердана, 2010. 372 с.
9. Дик Н.Ф. Государственно-общественное управление общеобразовательным учреждением. Ростов н /Д.: Феникс, 2006. 320 с.
10. Левина Е.Ю. (ред.) Информационная открытость как фактор развития государственно-общественного управления образовательных систем. // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19929>.
11. Мерцалова Т.А. (ред.) Информационная открытость системы образования: вопросы эффективности государственной политики. [Электрон. ресурс] 2015. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-otkrytost-sistemy-obrazovaniya-voprosy-effektivnosti-gosudarstvennoy-politiki>.
12. Нестеров А.К. (ред.) Информационно-аналитические системы в образовании. [Электрон. ресурс] // Образовательная энциклопедия ODiplom.ru. Режим доступа: <http://odiplom.ru/lab/informacionno-analiticheskie-sistemy-v-obrazovanii.html>.
13. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 01.05.2017) «Об образовании в Российской Федерации», статья 97 «Информационная открытость системы образования».
14. Севрук А.И. (ред.) Информационное обеспечение качества образования на муниципальном уровне управления. [Электрон. ресурс]. Минск: Белорусская цифровая библиотека LIBRARY.BY. 2007. Режим доступа: http://library.by/portalus/modules/shkola/readme.php?archive=1195938639&id=1192708256&start_from=&subaction=showfull&ucat=.
15. Агранович М.Л. Управление качеством образования в регионе на основе показателей и индикаторов. М.: Логос, 2008. 214 с.
16. Алексеев С.Г., Бурдельная Ю.А., Головина Т.В. Развитие государственно-общественного управления в региональной системе образования: учебно-методическое пособие. Омск: БОУДПО «ИРООО», 2009. 96 с.
17. Беляков С.А. Модернизация образования в России: совершенствование управления. М.: МАКС Пресс, 2009. 437 с.
18. Богуславская Т.Н. Проблемы и перспективы модернизации муниципального управления дошкольным образованием // Социально-экономические и политические процессы в современной России: анализ, прогноз. Оренбург: ПРЕССА, 2011. С. 180–182.
19. Воробьева С.В. Основы управления образовательными системами: учебное пособие. М.: Academia, 2008. 208 с.
20. Гусарова Н.С., Яковлева Е.Ю. Инновационные аспекты в управлении ДОУ // Педагогика: традиции и инновации: материалы межд. заочная научная конференция. Т. I. Челябинск: Два комсомольца, 2011. С. 72–74.
21. Днепров Э.Д. Модернизация российского образования: документы и материалы. М.: ГУ ВШЭ, 2008. 334 с.

22. Кузнецова В.И. Индикаторы образования: Статистический сборник / В.И. Кузнецова, О.К. Озерова. М.: ГУ ВШЭ, 2010. 220 с.

23. Лебедев О.Е. Модернизация управления образованием: перспективы и проблемы: Методическое пособие для самоанализа управленческих проблем. СПб.: СПбАППО, 2006. 96 с.

24. Модернизация российского образования: проблемы и перспективы / Под ред. М.К. Горшкова, Ф.Э. Шереги. М.: ЦСПиМ, 2010. 352 с.

25. Нифанов А.Н. Полномочия органов местного самоуправления в социальной сфере: образование. Белгород: ИРПИЗ, 2009. 38 с.

26. Поташник М.М., Соложнин А.В., Управление образованием на муниципальном уровне: пособие для руководителей образоват. учреждений. М.: Пед. общ-во России, 2012. 479 с.

27. Пуденко Т.И. Управление развитием образования на муниципальном уровне в условиях социально-экономической модернизации: автореф. дисс. д.э.н. М.: НОУ ВПО МПСИ, 2010. 42 с.

28. Саенко Т.В. Государственно-общественное управление муниципальной образовательной системой. Пятигорск: ПГЛУ, 2008. 188 с.

29. Система муниципального управления. Учебник для вузов Под ред. В.Б. Зотова. СПб.: Лидер, 2008. 512. С. 244–250.

30. Формирование системы оценки качества образования: региональный, муниципальный уровень и уровень образовательного учреждения: Учебно-метод. комплекс. М.: АПК и ППРО, 2007. 84 с.

31. Хабарова Т.В., Штекляйн С.Н. Деятельность федеральной стажировочной площадки «Модернизация муниципальных систем дошкольного образования»: первые итоги // Дошкольная педагогика. 2012. № 4. С. 10–14.

32. Харьковская Г.З., Чермит К.Д., Исаков О.И. Модель государственно-общественного управления деятельности муниципальной системы образования // Вестник Адыгейского государственного университета. 2012. № 2. С. 90–100.

33. Хуторской А.В. Педагогическая инноватика: учеб. пособие. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 256 с.

34. Шариков А.В. Развитие системного подхода в управлении учреждениями общего образования на муниципальном уровне. М.: Веста БСК, 2009. 15 с.

References

1. Federal Law of December 29, 2012 No. 273-FZ (as amended on May 1, 2017) "On Education in the Russian Federation", Article 90 "State Regulation of Educational Activities". (In Russ.)

2. Bratanovskiy S.N. Munitsipal'naya sistema obrazovaniya v Rossii: pravovyye osnovy organizatsii i deyatel'nosti = Municipal education system in Russia: legal foundations of organization and activities. Moscow: 2007. (In Russ.)

3. Bannikov S.A., Rayev K.V., Antonova Ye.V. Analysis of the conditions for the transition to the provision of public services for licensing and state accreditation in the field of education. Professional'noye obrazovaniye. Stolitsa = Professional Education. Capital; 2017; 1: 44-48. (In Russ.)

4. Vasil'yev A.A. Munitsipal'noye upravleniye: Konspekt lektsiy = Municipal management: Synopsis of lectures. N. Novgorod: Publisher Gladkova O.V.; 2008. 160 p. (In Russ.)

5. Kuranov A.K. Polnomochiya organov mestnogo samoupravleniya v oblasti obrazovaniya: dis. kand. jurid. Nauk = The powers of local governments in the field of education: dis. Cand. legal sciences. Lipetsk: 2007. (In Russ.)

6. Nazarov V.L. Modernizatsiya munitsipal'noy sistemy obrazovaniya = Modernization of the municipal education system. Moscow: Aspect-Press; 2009. 63 p. (In Russ.)

7. Bannikov S.A., Rayev K.V., Antonova Ye.V. Analysis of the conditions for the transition to the provision of public services for licensing and state accreditation in the field of education. Professional'noye obrazovaniye. Stolitsa =

Professional Education. Capital. 2017; 1: 44-48. (In Russ.)

8. Kosaretskiy S.G., Shimutina Ye.N. Gosudarstvenno-obshchestvennoye upravleniye obrazovaniyem: ot pretsedentov k institutu. Issledovaniya i razrabotki: Monograficheskiy sbornik. Pod red. S.G. Kosaretskogo, Ye.N. Shimutinoy = State-public education management: from precedents to the institute. Research and development: Monographic collection. Ed. S.G. Kosaretsky, E.N. Shimutina. Moscow: Verdana; 2010. 372 p. (In Russ.)

9. Dik N.F. Gosudarstvenno-obshchestvennoye upravleniye obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdeniyem = State-public administration of a general educational institution. Rostov n /D.: Phoenix; 2006. 320 p. (In Russ.)

10. Levina Ye.YU. Information openness as a factor in the development of public administration of educational systems. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education. 2015; 3. Available from: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19929>. (In Russ.)

11. Mertsalova T.A. (red.) Informatsionnaya otkrytost' sistemy obrazovaniya: voprosy effektivnosti gosudarstvennoy politiki = (Ed.) Informational transparency of the education system: issues of public policy effectiveness. [Internet] 2015. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-otkrytost-sistemy-obrazovaniya-voprosy-effektivnosti-gosudarstvennoy-politiki>. (In Russ.)

12. Nesterov A.K. (Ed.) Information-analytical systems in education obrazovaniy. [Internet]. Obrazovatel'naya entsiklopediya = Educational

Encyclopedia ODiplom.ru. Available from: <http://odiplom.ru/lab/informacionno-analiticheskie-sistemy-v-obrazovanii.html>. (In Russ.)

13. Federal Law of December 29, 2012 No. 273-FZ (as amended on May 1, 2017) "On Education in the Russian Federation", Article 97 "Informational Openness of the Education System". (In Russ.)

14. Sevruck A.I. (red.) *Informatsionnoye obespecheniye kachestva obrazovaniya na munitsipal'nom urovne upravleniya* = (Ed.) Information support of the quality of education at the municipal level of government. [Internet] Minsk: Belarusian Digital Library LIBRARY.BY; 2007. Available from: http://library.by/portalus/modules/shkola/readme.php?archive=1195938639&id=1192708256&start_from=&subaction=showfull&ucat=.

15. Agranovich M.L. *Upravleniye kachestvom obrazovaniya v regione na osnove pokazateley i indikatorov* = Managing the quality of education in the region based on indicators and indicators. Moscow: Logos; 2008. 214 p. (In Russ.)

16. Alekseyev S.G., Burdel'naya YU.A., Golovina T.V. *Razvitiye gosudarstvenno-obshchestvennogo upravleniya v regional'noy sisteme obrazovaniya: uchebno-metodicheskoye posobiye* = The development of public administration in the regional system of education: a teaching tool. Omsk: BOUDP "IROOO"; 2009. 96 p. (In Russ.)

17. Belyakov S.A. *Modernizatsiya obrazovaniya v Rossii: sovershenstvovaniye upravleniya* = Modernization of education in Russia: improving governance. Moscow: MAKSS Press; 2009. 437 p. (In Russ.)

18. Boguslavskaya T.N. *Problemy i perspektivy modernizatsii munitsipal'nogo upravleniya doshkol'nym obrazovaniyem* = Problems and prospects of modernization of municipal management of preschool education. Socio-economic and political processes in modern Russia: analysis, forecast. Orenburg: PRESS; 2011. 180-182. (In Russ.)

19. Vorob'yeva S.V. *Osnovy upravleniya obrazovatel'nymi sistemami: uchebnoye posobiye* = Fundamentals of the management of educational systems: a training manual. Moscow: Academia; 2008. 208 p. (In Russ.)

20. Gusarova N.S., Yakovleva Ye.YU. *Innovative aspects in the management of preschool educational institutions. Pedagogika: traditsii i innovatsii: materialy mezhd. zaochnaya nauchnaya konferentsiya* = Pedagogy: traditions and innovations: materials int. correspondence scientific conference. T. I. Chelyabinsk: Two Komsomolets; 2011: 72-74 p. (In Russ.)

21. Dneprov E.D. *Modernizatsiya rossiyskogo obrazovaniya: dokumenty i materialy* = Modernization of Russian education: documents and materials. Moscow: HSE; 2008. 334 p. (In Russ.)

22. Kuznetsova V.I., Ozerova O.K. *Indikatory obrazovaniya: Statisticheskiy sbornik* = Education

Indicators: Statistical Digest. Moscow: HSE; 2010. 220 p. (In Russ.)

23. Lebedev O.Ye. *Modernizatsiya upravleniya obrazovaniyem: perspektivy i problemy: Metodicheskoye posobiye dlya samoanaliza upravlencheskikh problem* = Modernization of education management: prospects and problems: a Toolkit for introspection of managerial problems. Saint-Petersburg: SPbAPPO; 2006. 96 p. (In Russ.)

24. *Modernizatsiya rossiyskogo obrazovaniya: problemy i perspektivy* / Pod red. M.K. Gorshkova, F.E. Sheregi = Modernization of Russian education: problems and prospects - Ed. M.K. Gorshkova, F.E. Sheregi. Moscow: TSSPiM; 2010. 352 p.

25. Nifanov A.N. *Polnomochiya organov mestnogo samoupravleniya v sotsial'noy sfere: obrazovaniye* = The powers of local governments in the social sphere: education. Belgorod: IRPiZ; 2009. 38 p. (In Russ.)

26. Potashnik M.M., Solozhnin A.V. *Upravleniye obrazovaniyem na munitsipal'nom urovne: posobiye dlya rukovoditeley obrazovat. Uchrezhdeniy* = Education Management at the Municipal Level: A Guide for Educators. institutions. Moscow: Ped. Society of Russia; 2012. 479 p. (In Russ.)

27. Pudenko T.I. *Upravleniye razvitiyem obrazovaniya na munitsipal'nom urovne v usloviyakh sotsial'no-ekonomicheskoy modernizatsii: avtoref. diss. d.e.n.* = Management of the development of education at the municipal level in the context of socio-economic modernization: author. diss. Dan. Moscow: NOU VPO MPSI; 2010. 42 p. (In Russ.)

28. Sayenko T.V. *Gosudarstvenno-obshchestvennoye upravleniye munitsipal'noy obrazovatel'noy sistemoy*. Pyatigorsk: PSLU; 2008. 188 p. (In Russ.)

29. *Sistema munitsipal'nogo upravleniya. Uchebnik dlya vuzov* Pod red. V.B. Zotova = The system of municipal government. Textbook for universities Ed. V.B. Zotova. Saint-Petersburg: Leader; 2008. 512: 244-250. (In Russ.)

30. *Formirovaniye sistemy otsenki kachestva obrazovaniya: regional'noy, munitsipal'noy uroven' i uroven' obrazovatel'nogo uchrezhdeniya: Uchebno-metod. Kompleks* = Formation of a system for assessing the quality of education: regional, municipal level and educational institution level: Educational method. complex. Moscow: APK and PPRO; 2007. 84 p. (In Russ.)

31. Khabarova T.V., Shteklyayn S.N. The activities of the federal internship site "Modernization of municipal systems of preschool education": first results. *Doshkol'naya pedagogika* = Preschool pedagogy. 2012; 4: 10-14. (In Russ.)

32. Khar'kovskaya G.Z., Chermit K.D., Isakov O.I. The model of state-public management of the municipal education system. *Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta* = Bulletin of the Adygea State University. 2012; 2: 90-100. (In Russ.)

33. Khutorskoy A.V. Pedagogicheskaya innovatika: ucheb. Posobiye = Pedagogical Innovation: Textbook. allowance. Moscow: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya» = Publishing Center «Academy»; 2008. 256 p. (In Russ.)

34. Sharikov A.V. Razvitiye sistemnogo

podkhoda v upravlenii uchrezhdeniyami obshchego obrazovaniya na munitsipal'nom urovne = Development of a systematic approach to the management of institutions of general education at the municipal level. Moscow: Vesta BSK; 2009. 15 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Екатерина Алексеевна Гаврилова

Ведущий методист проекта

Союз «Профессионалы в сфере образовательных инноваций», Москва, Россия

Эл. почта: mail@rosobrsouyz.ru

Наталья Александровна Булаева

Президент

Союз «Профессионалы в сфере образовательных инноваций», Москва, Россия

Эл. почта: mail@rosobrsouyz.ru

Сергей Александрович Банников

Заместитель директора по управлению персоналом

Государственная корпорация по организации воздушного движения в Российской Федерации, Москва, Россия

к.э.н., доцент кафедры управления персоналом и психологии

Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва, Россия

Эл. почта: sabann@bk.ru

Information about the authors

Ekaterina A. Gavrilova

The leading methodist of the project

The Union «Professionals in the field of educational innovations», Moscow, Russia

E-mail: mail@rosobrsouyz.ru

Natalya A. Bulaeva

President

The Union «Professionals in the field of educational innovations», Moscow, Russia

E-mail: mail@rosobrsouyz.ru

Sergey A. Bannikov

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Department of Personnel Management and Psychology

Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

E-mail: sabann@bk.ru

Алгоритмы роевого интеллекта и их применение для анализа образовательных данных

Целью работы является исследование современных подходов и перспектив применения алгоритмов роевого интеллекта для анализа образовательных данных, а также возможность применения модификаций муравьиного алгоритма для организации учебного контента в адаптивных системах проведения проектных семинаров.

Материалы и методы. Проведенное исследование включало обзор современных работ в области анализа образовательных данных на основе алгоритмов роевого интеллекта, рассмотрены подходы к решению задачи построения оптимального пути обучения (оптимальной организации учебного контента) на основе муравьиного алгоритма и его модификаций, позволяющих учитывать освоение учебного материала в процессе построения обучающего пути; применение алгоритма роя частиц и его модификации на основе алгоритма Роккио для снижения размерности данных в задаче автоматической классификации вопросов; применение муравьиного алгоритма, алгоритма колонии пчел и алгоритма летучих мышей для построения систем рекомендаций при выборе учебного контента; прогнозирования успеваемости обучающихся на основе алгоритма оптимизации роя частиц. Было предложено использование модификации муравьиного алгоритма для организации учебного контента на проектных семинарах.

Результаты. В ходе работы были исследованы современные подходы к решению задач в области анализа образовательных данных на основе алгоритмов роевого интеллекта. Изучены различные подходы к обновлению феромонов (их испарению) при построении оптимального обучающего пути с учетом освоения учебного материала и поиска групп «схожих» обучающихся; исследованы возможности применения гибридных алгоритмов роевого интеллекта для построения систем рекомендаций.

На основании модификации муравьиного алгоритма предложен подход к организации учебного контента на проектных семинарах в ходе реализации проектной деятельности с учетом индивидуальных предпочтений и уровня знаний обучающихся.

Были разработаны классы на языке python: класс для обработки статистических данных; класс для реализации модификации муравьиного алгоритма, учитывающего текущий уровень знаний и заинтересованность обучающихся в изучении определенной темы на проектных семинарах, класс для вывода оптимальной последовательности тем проектных семинаров для данного обучающегося. Разработанные классы позволяют создать адаптивную систему, помогающую обучающимся 1-го курса с выбором тем проектных семинаров.

Заключение. По результатам проведенного исследования можно сделать вывод об эффективности применения алгоритмов роевого интеллекта для решения широкого круга задач, возникающих при организации учебного контента и анализе данных об обучающихся в системах электронного обучения и о перспективах разработки гибридных подходов на основе алгоритмов роевого интеллекта для реализации адаптивных систем обучения на основе парадигмы «обучение по требованию».

Полученные результаты могут быть применены для автоматизации организации учебного контента при проведении проектных семинаров для обучающихся первых курсов, когда важно понимать базовый уровень знаний и заинтересованность обучающихся в освоении новых технологий.

Ключевые слова: анализ образовательных данных, оптимизация роя частиц, муравьиный алгоритм, пчелиный алгоритм, алгоритм летучих мышей, оптимальный обучающий путь

Yulia Y. Dyulichева

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

The swarm intelligence algorithms and their application for the educational data analysis

The purpose of the paper is the investigation of the modern approaches and prospects for the application of swarm intelligence algorithms for educational data analysis, as well as the possibility of using of ant algorithm modifications for organizing educational content in adaptive systems for conducting project seminars.

Materials and methods. The review of the modern articles on the educational data analysis based on swarm intelligence algorithms is provided; the approaches to solving problem of the optimal learning path construction (optimal organization of the learning objects) based on the algorithm and its modifications taking into account the students' performance in the process of the optimal learning path construction are investigated; the application of particle swarm optimization and its modification based on Roccio algorithm for the reduction of curse dimension in the problem of the auto classifying questions; the application of ant algorithm, bee colony algorithm and bat algorithm for recommender system construction are studied; the prediction of students' performance based on particle swarm optimization is researched in the article. The modification of ant

algorithm for optimal organization of learning objects at projects seminars is proposed.

Results. The modern approaches based on swarm intelligence algorithms to problem solving in educational data analysis are investigated. The various approaches to pheromones updating (their evaporation) when building the optimal learning path based on students' performance data and search of group with "similar" students are studied; the abilities of the hybrid swarm intelligence algorithms for recommendation construction are investigated.

Based on the modification of ant algorithm, the approach to the learning content organization at project seminars with individual preferences and students' level of basic knowledge is proposed. The python classes are developed: the class for statistical data processing; the class for modification of ant algorithm, taking into account the current level of knowledge and interest of student in studying a specific topic at the project seminar; the class for optimal sequence of the project seminars' topics for students. The developed classes allow creating the adaptive system that helps first year students with a choice of topics of project seminars.

Conclusion. According to the results of the study, we can conclude about the effectiveness of swarm intelligence algorithms usage to solve a wide range of tasks connected with learning content and students' data analysis in the e-learning systems and perspectives to hybrid approaches development based on swarm intelligence algorithms for realizing the adaptive learning systems on the paradigm of "demand learning".

The results can be used to automate the organization of learning content during project seminars for the first-year students, when it is important to understand the basic level of knowledge and students' interest in learning new technologies.

Keywords: educational data analysis, particle swarm optimization, ant algorithm, bee colony algorithm, bat algorithm, optimal learning path

Введение

Популярность массовых открытых онлайн-курсов и развитие систем управления обучением привели к накоплению специфичных для образовательной среды данных. Анализ образовательных данных — новая область исследования, связанная с разработкой и применением компьютерных технологий для изучения и использования уникальных типов данных, поступающих из образовательных сред, с целью лучшего понимания процесса обучения и выявления закономерностей (шаблонов) в больших объемах образовательных данных, которые вручную было бы трудно или невозможно проанализировать [1]. Применение методов машинного обучения для анализа данных в системах электронного обучения позволяет по-новому взглянуть на возможности и перспективы развития этих систем по направлению к более глубокому пониманию сущности процесса обучения и самого обучающегося; факторов, влияющих на эффективность обучения и оценивания качества процесса обучения.

Важнейшую роль в электронном обучении играют системы управления обучением (LSM). В таких системах возникают задачи персонализации обучения, автоматизации создания оптимальной последовательности объектов обучения (лекций, заданий, модулей и т.п.) для достижения поставленных целей обучения, кластеризации онлайн-курсов, онлайн-лекций и прочего обучающего контента, автоматизации построения вопросов к учебному материалу, исследо-

вания эмоционального состояния обучающегося на основе отслеживания траектории движения глаз, времени просмотра контента; исследовании эмоций на лице обучающегося по видеоизображению и оценке эмоционального состояния обучающегося по голосу, прогнозирование успеваемости обучающихся и т.п. Задачи такого типа могут быть сформулированы как задачи классификации, кластеризации или регрессии. Методы машинного обучения такие как решающие деревья, нейронные сети, метод ближайших соседей, метод опорных векторов, байесовский метод, методы нечеткой логики, ассоциативные правила, генетические алгоритмы, нечеткие алгоритмы хорошо зарекомендовали себя в области анализа образовательных данных [2, 3]. Примеры применения среды Weka как инструмента для решения задач классификации и кластеризации образовательных данных рассматриваются в [4, 5]. В работе [6] приведен обзор исследований в период с 2000 по 2017 гг., посвященный применению методов машинного обучения в компьютерной аналитике образовательных данных в общем, и, в частности, в компьютерной прогностической аналитике образовательных данных, компьютерной поведенческой аналитики в системах электронного обучения и компьютерной визуализации образовательных данных.

Интеллектуальный анализ данных на основе методов машинного обучения позволяет решать сложные задачи, связанные с прогнозированием успеваемости обучающегося на основе данных анкетиро-

вания и данных, накопленных в информационной системе приемной комиссии, с возможностью подбора одного из алгоритмов классификации или кластеризации, например, решение задачи на основе метода опорных векторов, метода k ближайших соседей, наивного байесовского классификатора, дерева решений, решающего леса [7]. История появления анализа образовательных данных как отдельного направления исследования, основанного на применении методов машинного обучения, и обзор традиционных и специфичных методов анализа образовательных данных приведены в работе [8]. Применению метаэвристических алгоритмов для решения задачи анализа образовательных данных в русскоязычной литературе уделено недостаточно внимания.

В данной работе исследуются перспективы применения алгоритмов роевого интеллекта в области анализа образовательных данных и возможность применения муравьиного алгоритма для построения оптимального обучающего пути, определяющего темы для изучения проектной деятельности с учетом коэффициента, учитывающего заинтересованность обучающегося в изучении темы и влияющего на испарение феромонов в муравьином алгоритме. Таким образом, *актуальность темы данной статьи* определяется необходимостью исследования инновационных подходов для решения задач классификации, прогнозирования и построения оптимального пути, которые могут быть сформулированы как NP-трудные задачи, возникающие при про-

ектировании и реализации различных подсистем системы электронного обучения. Многообразие и большие объемы данных, накапливаемые в системах электронного обучения, требуют поиска новых алгоритмов предобработки данных с последующей автоматической классификацией и прогнозированием. В последние годы существенно возросло число научных работ, посвященных метаэвристическим алгоритмам оптимизации, принципы работы которых основаны на идеях, «подсмотренных» у природы [9, 10]. К таким «природным» алгоритмам относятся алгоритмы роевого интеллекта. Для настройки таких алгоритмов необходимо подобрать значения параметров таких как количество итераций, размер популяции, значения феромонов (для муравьиного алгоритма), значения коэффициентов понижения громкости и повышения частоты распространения импульсов (для алгоритма летучих мышей), и определить фитнес-функцию. Решение задачи анализа образовательных данных в каждом конкретном случае требует выбора методов предобработки данных и выбора способа калибровки параметров алгоритмов роевого интеллекта. Исследование эффективности применения алгоритмов роевого интеллекта позволит проектировать приложения, связанные с анализом образовательных данных больших объемов, на основе гибридных подходов, как правило, улучшающих качество решений.

Целью работы является исследование современных подходов и перспектив применения алгоритмов роевого интеллекта для анализа образовательных данных, а также возможность применения модификации муравьиного алгоритма с учетом предпочтений обучающихся для организации учебного контента в адаптивных системах при проведении проектных семинаров.

1. Образовательные данные и некоторые типы задач в системах электронного обучения

Развитие систем электронного обучения привело к накоплению больших массивов данных о поведении обучающихся: наличие электронных портфолио студентов в web-ориентированных системах обучения, запись информации о действиях пользователей электронной системы обучения в log-файлах, отзывы обучающихся о курсах и обучающем контенте системы электронного обучения и т.п. Сбор такой информации и ее анализ связан с желанием получить обратную связь от обучающихся в электронной системе обучения с последующим корректированием обучающего контента с целью увеличения эффективности взаимодействия между обучающимся и системой электронного обучения. Построение описания объекта обучения и обучающегося, во многом, определяется используемым в дальнейшем алгоритмом. Например, для описания объекта обучения используется уникальный идентификатор id, тип файла – аудио, видео-контент, презентация, текстовый документ, ожидаемый результат обучения, критерии оценивания. Для описания обучающегося используется профайл, в котором содержится уникальный идентификатор обучающегося, данные на основе анкетирования, индивидуальные достижения, приобретенные компетенции и т. п.

Анализ образовательных данных является отдельным направлением Data Mining, поскольку, несмотря на применимость методов машинного обучения для анализа образовательных данных, это направление требует разработки собственных методов предобработки данных на этапе математического описания индивидуальных качеств

обучающихся, их поведения, предпочтений стиля обучения, получения компетенций и выработки соответствующих им профессиональных навыков и их интерпретации с точки зрения достижения поставленных целей обучения и разработки критериев оценивания качества обучения, организации сбора информации в виде обратной связи от обучающегося с целью ее последующего анализа и динамической коррекции обучающего контента и способов взаимодействия обучающегося с системой электронного обучения. Задача анализа образовательных данных является подзадачей анализа больших данных, накапливаемых в результате функционирования онлайн-систем обучения, стремительно увеличивающихся в объеме в связи с ростом количества онлайн-курсов и онлайн-школ.

Рассмотрим задачи, возникающие при анализе образовательных данных, которые могут быть решены с помощью алгоритмов роевого интеллекта.

Задача определения оптимальной последовательности объектов обучения (оптимального обучающего пути). Для анализа поведения обучающихся в электронной системе обучения необходимо организовать сбор данных об обучающемся, его предпочтениях и ожиданиях относительно результатов обучения. Сведения об обучающемся формируется либо на основе заполнения электронного портфолио либо на основе анкетирования. В системах обучения часто используется анкетирование Фелдера и Соломона, позволяющее определить стилевые параметры обучения на основе 44 вопросов [11]. Например, пользователю системы электронного обучения предлагаются следующие вопросы с вариантами ответов: «Я понимаю что-то лучше, если...» (1) попробую это; 2) продумаю до конца); «Я предпочитаю получать новую ин-

формацию на основе...» (1) рисунков, диаграмм, графиков, карт; 2) на основе письменных указаний или устной информации) и т.п. Таким образом, такое анкетирование позволяет выяснить предпочтения относительно стиля обучения на основе пяти «размерностей»: активное/рефлексивное, чувственное/интуитивное, визуальное/вербальное, последовательное/глобальное, индуктивное/дедуктивное. Использование различных видов анкетирования позволяет собрать комплексную информацию для эффективного определения индивидуального обучающего пути и построить признаковое пространство для описания предпочтений и индивидуальных характеристик каждого обучающегося в виде числового вектора. Для обеспечения качества обучения строится кривая обучения, показывающая изменение количества полученных навыков обучающегося с течением времени.

Задача построения оптимального обучающего пути связана с определением уровня знаний изученного модуля или курса и подбора дальнейших модулей или курсов для обучения в зависимости от достигнутого уровня с последующим отображением актуальной информации о приобретенных навыках в профиле обучающегося. Для построения числового вектора, описывающего навыки обучающегося, сначала используются следующие характеристики: число очков после прохождения глобального теста, время, затраченное на прохождение теста и число попыток, которые затем заменяются на характеристики по итогам изученного модуля: оценка за тест, соответствующий модулю, время, затраченное на изучение контента модуля, количество попыток для прохождения теста и время, затраченное на заполнение правильных ответов теста [12]. Разработка адаптивных

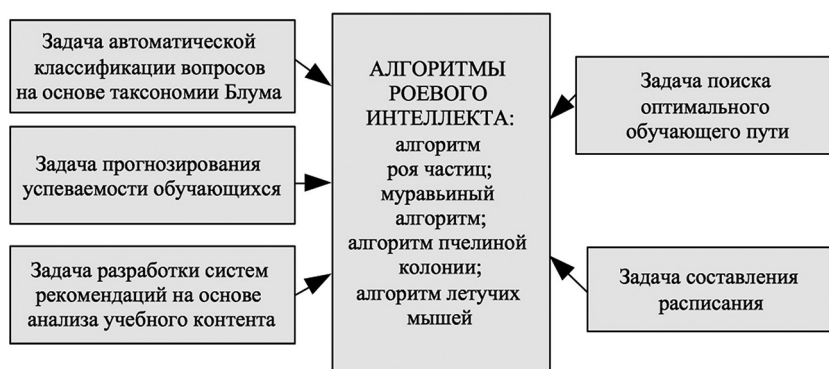


Рис. 1. Типы задач анализа образовательных данных на основе алгоритмов роевого интеллекта

веб-платформ электронного обучения связана с решением задачи подбора учебного материала в зависимости от поставленной цели. В таких системах реализуется принцип «обучения по требованию». Например, студенту необходимо в кратчайшие сроки решить задачу классификации изображений на основе имеющейся обучающей выборки. В адаптивных системах подбора учебного контента в зависимости от поставленной задачи предлагается не полное изучение курса по машинному обучению или анализу данных, а, например, изучение готового решения на основе библиотеки Scikit-learn. Таким образом, обучающийся может оперативно получить необходимый ему навык для решения поставленной задачи на основе индивидуального обучающего пути.

Задача классификации вопросов учителя согласно таксономии Блума, модели Варка или индикатора типа Майерса-Бриггса (Myers-Briggs Type Indicator). Задача автогенерации и классификации вопросов является одной из важнейших подзадач электронного обучения. Качество задаваемых вопросов, в значительной мере, определяет достижение целей обучения, дает возможность задуматься о квинтэссенции изученного учебного материала, приобрести необходимые практические навыки. Блум построил иерархию мыслительных процессов: запомина-

ние, понимание, применение, анализ, синтез и оценка. Каждому уровню мыслительного процесса можно поставить в соответствие глаголы (например, для уровня «применение» типичными являются глаголы: решите, используйте, постройте, классифицируйте и т.п.) и на их основе сформулировать вопросы [13]. Кроме таксономии Блума, популярными для выявления предпочитаемого стиля обучения являются модель Варка, которая рассматривает четыре стиля освоения информации: визуальный, вербальный, чтение/написание и кинестический (тактильный) и индикатор типа Майерса-Бриггса, позволяющий на основе анкетирования выявить личностные характеристики: экстравертный (E) / интровертный (I), сенсорный (S) / интуитивный (N), мышление (T) / чувство (F), суждение (J) / восприятие (P) [14].

Задача прогнозирования успеваемости студентов. Задача прогнозирования успеваемости студентов, понимание причин отсутствия мотивации, задача выявления групп студентов с различным уровнем начальной подготовки, выявление групп одаренных студентов и групп отстающих студентов становятся первоочередными задачами, от эффективного решения которых зависит качество обучения, улучшение которого тесно связано с персонификацией предлагаемых методик обучения.

Задача разработки системы рекомендаций учебного контента. Решение задачи разработки рекомендаций позволяет в системах обучения предлагать видеолекции, задания и другой учебный контент в зависимости от предпочтений обучающегося на основе анализа сделанного выбора другими студентами, имеющими схожие с ним предпочтения. Выделение групп схожих обучающихся осуществляется на основе матрицы оценок, которые можно получить как от пользователей системы электронного обучения непосредственно путем голосования за учебный контент, так и в результате оценивания времени, затрачиваемого обучающимся для просмотра фрагментов учебного контента. Дополнительно, анализируя время просмотра видеолекции, можно получить информацию о наиболее сложных частях лекции, которую пользователь просматривал неоднократно и получить информацию об уровне подготовки или неинтересной (или уже изученной) части видео-лекции, основываясь на тех фрагментах, которые пользователь пропускал при просмотре обучающего контента.

2. Краткое описание алгоритмов роевого интеллекта

Алгоритмы роевого интеллекта такие как муравьиные алгоритмы, алгоритмы пчелиной колонии, алгоритмы стаи рыб и т.п. основаны на изучении поведения колоний живых организмов, реализующих «оптимальное» для всей колонии поведение и эффективно зарекомендовавшие себя для решения сложных комбинаторных оптимизационных задач и, в частности, для поиска оптимальных путей в графах и сетях. Общая схема алгоритмов роевого интеллекта включает следующие основные этапы: 1) Инициализация популя-

ции (на этом этапе инициализируется (часто случайно) популяция агентов (муравьев, пчел, рыб, летучих мышей и т.п.), которые представляют собой начальные приближения к искомому решению задачи оптимизации; 2) Миграция агентов (перемещение агентов в пространстве поиска таким образом, чтобы приблизиться к искомому экстремуму оптимизируемой функции, при этом важно соблюдать компромисс между интенсификацией (скоростью сходимости алгоритма) и диверсификацией («широтой» поиска в пространстве возможных решений); 3) Завершение поиска (на каждой итерации проверяется условие останова (это может быть ограничение по времени работы алгоритма, ограничение по количеству популяций), после чего в качестве «наилучшего» предьявляется решение, описывающее наилучшее положение среди агентов популяции, при этом важную роль играет фитнес-функция, оценивающая качество агентов популяции) [17]

Метод оптимизации роя частиц основан на следующей идее. Пусть i -ая частица представляет собой числовой вектор в k -мерном пространстве $X_i = \{x_{i1}, ..., x_{ik}\}$, определяющий положение частицы в пространстве решений — потенциальное решение. Рой представляет собой совокупность из n частиц $S = \{X_1, ..., X_n\}$. Для каждой i -ой частицы определяется вектор скорости $V_i = \{v_{i1}, ..., v_{ik}\}$, определяющий направление движения частицы. Метод роя частиц основан на вычислении на каждой итерации координат центра и скоростей. По сути решается задача минимизации фитнес-функции: чем меньше значение фитнес-функции на каждой итерации, тем ближе результат к оптимальному центру роя частиц. Фитнес-функция определяется как среднее значение ев-

клидовых расстояний между вектором частицы и вектором, определяющим координаты центра [15].

Идея муравьиного алгоритма заключается в вычислении на каждой итерации вероятности выбора ребра в графе, которая определяется расстоянием между вершинами и количеством феромонов на ребрах, с последующим пересчетом феромонов — значений, показывающих значимость каждого ребра в построении оптимального маршрута. Свойство испарения с течением времени феромонов является важнейшим свойством генерации различных путей для достижения цели и выбора кратчайшего из них в системе муравьиной колонии.

При инициализации пчелиного алгоритма исследуется K точек в пространстве поиска с наилучшим значением целевой функции с последующим запоминанием в улье, затем исследуется окрестность этих точек определенного радиуса и при нахождении точек с «лучшим» значением целевой функции, происходит обновление информации в улье о наилучших возможных решениях в пространстве поиска [16].

Алгоритм летучих мышей основан на моделировании природной эхолокации, позволяющей анализировать расстояние и различать добычу и препятствия. На первом этапе инициализируется популяция летучих мышей, каждая из которых характеризуется позицией, скоростью, частотой, длиной волны испускаемого импульса и громкостью для поиска добычи. Поиск локального решения осуществляется с учетом среднего значения громкости всех летучих мышей на некотором временном шаге. Если локальное решение меньше, чем лучшее решение на текущем шаге, то выполняется понижение громкости и увеличение скорости распространения импульса [17].

3. Решение задач в системах электронного обучения на основе алгоритмов роевого интеллекта

Эффективность использования муравьиных алгоритмов для реализации адаптивных систем электронного обучения, направленных на динамическое обновление контента с учетом текущих достижений обучающегося, объясняется одним из главных свойств, проявляемых в муравьиной колонии — свойство к самоорганизации. В работе [13] описывается адаптивная и персонифицированная система электронного обучения (APeLS), направленная на построение оптимального индивидуального обучающего пути. На основании электронных профайлов в этой системе генерируются курсы, которые рассматриваются как вершины графа, взаимосвязи между которыми устанавливаются на основе выбора курсов предыдущими пользователями системы электронного обучения. Для нового пользователя электронной системы обучения на основании применения муравьиного алгоритма строится оптимальная последовательность курсов (оптимальный путь в графе). Для реализации муравьиного алгоритма в системе адаптивного обучения APeLS вводится коэффициент посещаемости вершины (заинтересованности обучающимися в курсе) и интенсивность значения феромона на каждом ребре графа обновляется каждым пользователем системы электронного обучения на основе максимума интенсивности посещения вершин, образующих ребро. Сходство пути может быть определено с помощью следующего выражения $\text{learning_path}(n1, n2) = 2 * \text{dep_max}(\text{len}(n1, n2))$.

Подход к построению оптимального обучающего пути, определяемого как совокупность курсов для изучения,

может быть построен на основе алгоритма DYLPА (Dynamic Path Advisor) [18]. Алгоритм DYLPА осуществляет поиск похожих на нового пользователя обучающихся, уже воспользовавшихся электронной системой обучения, и на основе муравьиного алгоритма осуществляет поиск оптимального пути, представляющего собой последовательность курсов, среди путей, выбранных похожими на данного пользователя обучающимися. Алгоритм DYLPА позволяет рассмотреть альтернативные обучающие пути в зависимости от выбранного стиля обучения. Следующий объект обучения (вершина графа) предлагается на основе весовых коэффициентов, «пройденных» вершин графа (изученных объектов обучения). Каждый из ранее обучавшихся в системе электронного обучения рассматривается в качестве агента-муравья, «проходящего» по определенному пути из последовательности курсов. Обновление феромонов происходит на основе подбора для данного пользователя наиболее близких, по приобретенным навыкам, пользователей системы обучения, при этом вводятся весовые коэффициенты для различного учета влияния приобретенных навыков и затраченного времени на освоение объекта обучения.

При применении муравьиного алгоритма в работе [19] для учета феромонов ребрам приписывался вес с меткой S — объект изучен, F — объект не изучен, которая определялась после прохождения обучающимся вершины — объекта обучения на основании тестирования знаний, полученных при изучении объекта обучения. Для реализации уменьшения феромонов вдоль ребер используется механизм обратного распространения, при котором по мере удаленности ребра от рассматриваемой вершины вдоль пути, определяющего последовательность курсов,

знаменатель коэффициента всякий раз увеличивается на единицу, т.е. если это непосредственно предшествующее ребро для данной вершины, то коэффициент равен α , если это второе предшествующее ребро, то учитывается коэффициент $\alpha/2$ и т.п.

Усовершенствование настройки параметров и принципа обновления феромонов муравьиного алгоритма рассматривается в работе [20], в которой предлагается алгоритм ISACS (Improved the Style base Ant Colony System). В качестве обучающего объекта рассматривается пара обучающий контент c_i — задание e_j .

В таблице представлены различные подходы к вычислению (обновлению) феромонов и определению меры близости между новым обучающимся и предыдущими обучающимися системы электронного обучения.

Задача классификации вопросов на основании таксономии Блума, определяющей когнитивный уровень знаний, возникает в различных областях анализа образовательных данных. На основании таксономии Блума решается задача автоматической классификации учебного контента от контента электронных пособий до описаний обучающих мобильных приложений. Для увеличения эффективности применения метода роя частиц в задаче автоматической классификации вопросов на основе таксономии Блума применяется алгоритм Роккио, используемый для исключения влияния «проклятья» размерности данных на производительность метода роя частиц. Перед применением метода роя частиц выполняется этап предобработки текста, включающий токенизацию, стемминг, выбор термов, приписывание весовых коэффициентов термам на основе значимости для описания класса вопросов с помощью метода tfidf [21].

Таблица 1

Подходы к вычислению феромонов в муравьином алгоритме для решения задачи поиска оптимальной последовательности обучающих объектов

Авторы	Подходы к обновлению феромонов
L.-H. Wong, C.-K. Looi, 2009 г.	Вычисление меры схожести между текущим обучающимся c и предыдущими обучающимися a $S(c, a) = \left[\sum w_x (x_c - x_a)^2 + w_t (t_c - t_a)^2 \right]^{1/2} \quad (1.1),$ где w_x — весовые коэффициенты, отражающие значимость приобретенных навыков, w_t — весовые коэффициенты для учета времени обучения, позволяющие учесть «испарение» феромонов на ребре графа
S. Allach, M. Ben Ahmed, A. Ghadi, M. Essaïdi, 2012 г.	Испарение феромонов учитывается как для успешного изучения S_i объекта обучения, так и для неуспешного F_i изучения объекта обучения по формулам $S_i = T \times S_{i-1}$, $F_i = T \times F_{i-1}$, где T определяет коэффициент испарения феромонов, а x — период, с которым происходит испарение.
Dr. N. Sivakumar, R. Praveena, 2015 г.	Максимальная частота посещений вершины графа рассматривается как интенсивность феромона, а частота посещения вершины V_r вычисляется как отношение числа индивидуальных посещений вершины Nvt к общему числу вершин графа Nt $V_r = \frac{Nvt}{Nt}$
M. Rastegarmoghadam, K. Ziarati, 2016 г.	Обновление феромонов для ребра (i, j) k -м «лучшим» муравьем: $\Delta T_{ij}^k = Q \left(R_{ij} + \left(\frac{S_{ij}^k}{S_{\max}} \times \frac{1}{T_{ij}^k} \right) \right),$ где S_{ij}^k — оценка, которую получил k -й обучающийся, T_{ij}^k — время, затраченное на изучение c_i и выполнение задания e_j , $S_{\max}$ — наибольшая оценка, полученная обучающимися, «прошедшими» по ребру (i, j) , R_{ij} — коэффициент памяти, отражающий забывание учебного материала с течением времени

Рассмотрим решение задачи разработки рекомендательной системы на основе муравьиного алгоритма, пчелиного алгоритма и алгоритма летучих мышей. В работе [22] реализовано несколько алгоритмов роевого интеллекта для решения различных задач: муравьиный алгоритм — для решения задачи кластеризации обучающихся со схожими интересами относительно стиля обучения и предпочитаемых для изучения курсов, пчелиный алгоритм — для определения наилучшего обучающегося в каждом кластере студентов на основе вычисления рейтинга в системе рекомендаций, алгоритм летучих мышей — для определения полезных и неинтересных объектов обучения, основываясь на предпочтениях наилучшего студента в кластере предоставляются «наилучшие» рекомендации для обучающихся это-

го кластера. Таким образом, алгоритм коллаборативной фильтрации, основанный на алгоритмах роевого интеллекта, позволяет решать задачу персонализации предложений в системах электронного обучения.

Для извлечения скрытых закономерностей, определяющих успеваемость обучающихся, используется алгоритм на основе метода S3PSO оптимизации роя частиц в дискретном пространстве, предложенный в [23] и направленный на построение легко интерпретируемых правил классификации по типу решающих деревьев. Каждая частица описывается в виде вектора, состоящего из двух частей: часть для описания параметров и часть для контроля наличия или отсутствия признака в определенных правилах классификации и вводится фитнес-функция,

позволяющая учитывать понятность каждого правила на основе критериев поддержки, доверия и понятности.

Одним из наиболее изученных алгоритмов роевого интеллекта для решения NP-трудной задачи составления расписания является муравьиный алгоритм и его модификации. В работе [24] исследуется эффективность применения системы муравьиной колонии и максиминной муравьиной системы (MAX-MIN Ant System) к решению задачи составления расписания университетских курсов. Для реализации модификаций муравьиного алгоритма, отличающихся способом обновления феромонов, каждой упорядоченной паре событие-временной интервал приписываются феромоны. В максиминной муравьиной системе баланс между интенсификацией поиска и диверсификацией достигается за счет управления максимальной разницей между максимальным и минимальным уровнями феромона. В системе муравьиной колонии для достижения баланса между интенсификацией и диверсификацией поиска реализуются глобальное и локальное правила обновления феромонов, при этом применение локального правила обновления феромонов направлено на выбор последующими муравьями разных временных интервалов для одного и того же события из расписания.

4. Применение модификации муравьиного алгоритма для организации проектных семинаров

Начиная с 2018 года, в ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» была введена проектная деятельность для обучающихся первых курсов. На факультете математики и информатики Таврической академии (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крым-

ский федеральный университет имени В.И. Вернадского» основным направлением проектной деятельности стало введение обучающихся в изучение современных информационных технологий на уровне рассмотрения простейших задач, не требующих глубоких знаний высшей математики. Изучение вводных лекций о современных технологиях и новых востребованных профессиях, появляющихся в связи с развитием инновационных технологий и требованиях к будущим специалистам, для которых глубокое знание математики и программирования становится определяющим фактором, дающим преимущество в конкурентной среде, направлено на повышение мотивации изучения дисциплин образовательной программы бакалавриата на факультете математики и информатики Таврической академии (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского».

На основе анализа работ [18,19,20], посвященных разработке адаптивных систем на основе муравьиных алгоритмов, для программной реализации определения оптимальной последовательности тем на проектных семинарах был выбран алгоритм, предложенный в [18] со следующими модификациями:

1. Построение корпуса данных на основании анкетирования обучающихся второго курса, ранее участвовавших в проектной деятельности (выявление базового уровня знаний математики и программирования, выявление тем проектных семинаров, изученных в ходе проектной деятельности, вызвавших наибольший интерес) и анкетирования обучающихся первого курса (выявление базового уровня знаний математики и программирования). Оценивание базового уровня знаний математики и програм-

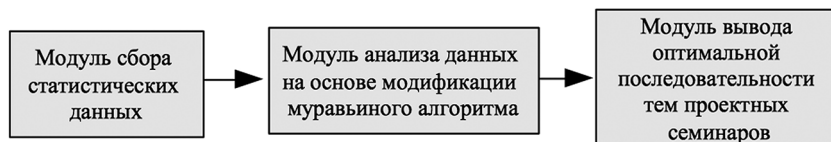


Рис. 2. Основные модули приложения для адаптивного выбора тем проектных семинаров

мирования проводится в игровой форме на основании очков, набранных при решении задач игры «Математическое домино». Эта игра позволяет не только выявить уровень знаний и оценить индивидуальный вклад обучающегося, но и получить навык командной работы.

2. Для вычисления схожести обучающегося 1-го курса и обучающихся 2-го курса, проявивших интерес при изучении тем проектных семинаров, сопоставленных вершине графа, может быть применена формула (1.1) со следующей модификацией: весовой коэффициент, отражающий субъективную заинтересованность обучающихся второго курса в изучении темы проектного семинара, «приписанной» данной вершине графа.

3. Следующая вершина рекомендуется на основании феромонов, ранее вычисленных для обучающихся 2-го курса, «схожих» по уровню знаний с обучающимся, для которого

рекомендуется следующая для изучения тема проектного семинара, при этом, чем больше значение феромонов, связанных со следующей вершиной, тем выше вероятность того, что эта вершина будет выбрана.

Архитектура приложения для адаптивного выбора тем проектных семинаров представлена на рисунке 2.

Для построения и визуализации графа использовались python-библиотека NetworkX, предназначенная для анализа сложных сетевых структур, и библиотека matplotlib. Визуализация графа и фрагмент оптимального пути для обучающегося с id = 47 представлены на рис. 3.

Предложенный подход позволяет выявить наиболее интересные темы проектных семинаров для изучения обучающимися первого курса и адаптировать проектную деятельность с учетом индивидуальных предпочтений и уровня знаний обучающихся.

student_id=47: t12->t3->t5->t7->t1->t4->t11->t2->t14->t8

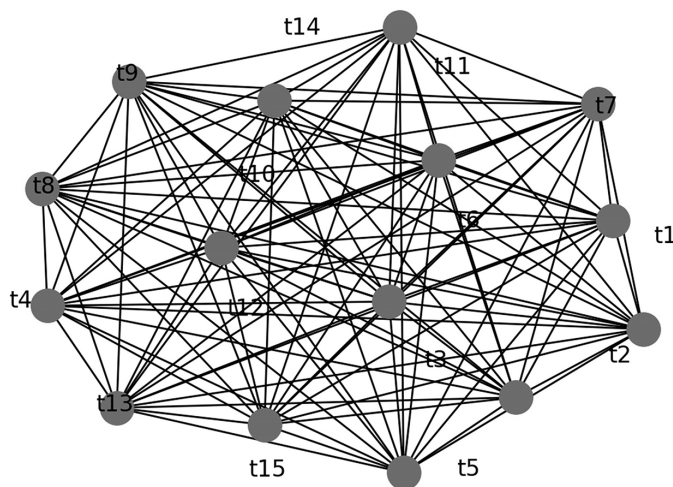


Рис. 3. Граф с вершинами, соответствующими темам проектных семинаров, и фрагмент оптимального пути для student_id=47

Заключение

Эффективный анализ образовательных данных направлен на создание систем электронного обучения нового поколения, в основу которых поставлены интересы и мотивация обучающегося, гибкие механизмы взаимодействия с обучающимся и управление учебным контентом для достижения поставленной цели обучения. Парадигма «обучения по требованию» для выживания в конкурентной среде требует от специалистов быстрого освоения новых технологий, поэтому важнейшей задачей в системах электронного обучения является задача адаптивности учебного контента для приобретения, в кратчайшие сроки, необходимых обучающемуся (специалисту) знаний

и навыков для решения поставленной задачи.

В процессе исследования в работе:

1) изучены типы задач в области анализа образовательных данных, для решения которых могут быть применены роевые алгоритмы;

2) изучены модификации муравьиного алгоритма для определения оптимальной последовательности объектов обучения с учетом текущих достижений обучающегося и информации об обучающихся и, полученных ими навыках, ранее проходивших обучение в электронной системе обучения. Рассмотрены подходы к определению испарения феромонов в муравьином алгоритме, как важного фактора для реагирования муравьиной колонии на постоянно изме-

няющиеся данные в системе электронного обучения;

3) предложена модификация муравьиного алгоритма на основании работы [9], учитывающая субъективный фактор заинтересованности обучающихся в изучении тем проектных семинаров и реализована архитектура адаптивной системы для построения оптимальной последовательности тем проектных семинаров для обучающихся 1-го курса.

Применение алгоритмов роевого интеллекта позволяет решать важные задачи персонификации предложений в системах электронного обучения на основе анализа обучающихся со схожими предпочтениями и поведением, что повышает адаптируемость и динамичность систем электронного обучения.

Литература

1. Romero C., Romero J. R. & Ventura S. A survey on pre-processing educational data. *Educational Data Mining*. Cham: Springer, 2014. P. 29–64.
2. Castro F., Vellido A., Nebot À., Mugica F. Applying Data Mining Techniques to e-Learning Problems. In: Jain L.C., Tedman R.A., Tedman D.K. (eds) *Evolution of Teaching and Learning Paradigms in Intelligent Environment*. Studies in Computational Intelligence. Heidelberg: Springer, 2007. Vol. 62. P. 183–221. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-71974-8_8
3. A.V. Manjarres, L.G.M. Sandoval, M.J.S. Suarez Data Mining Techniques Applied in Educational Environments: Literature Review // *Digital Education Review*. 2018. No.33. P. 235–266.
4. S. Lakshmi Prabha, Dr.A.R. Mohamed Shanavas Application of Educational Data mining techniques in e-Learning A Case Study // *International Journal of Computer Science and Information Technologies*. 2015. Vol.6 (5). P. 4440–4443.
5. Atta-Ur-Rahman, K. Sultan, N. Aldhafferi A. Alqahtani Educational Data Mining for Enhanced teaching and learning // *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2018. Vol. 96. No. 14. P. 4417–4427.
6. H. Aldowah, H. Al-Samarraie, W.M. Fauzy Educational data mining and learning analytics for 21st century higher education: A review and synthesis // *Telematics and Informatics*. 2019. 37. P.13–49. DOI: 10.1016/j.tele.2019.01.007.
7. Горлушкина Н.Н., Коцюба И.Ю., Хлопотов М.В. Задачи и методы интеллектуального анализа образовательных данных для поддержки принятия решений // *Образовательные технологии и общество*. 2015. Т. 18. № 1. С. 472–482.
8. Белоножко П.П., Карпенко А.П., Храмов Д.А. Анализ образовательных данных: направления и перспективы применения [Электрон. ресурс] // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2017. Том 9. № 4. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/15TVN417.pdf>
9. H.Radwan Ahmed, J.I. Glasgow Swarm Intelligence: Concepts, Models and Applications // *Technical Report 2012*. 585. 52 p. DOI: 10.13140/2.1.1320.2568.
10. A. Chakraborty, A. Kumar Kar Swarm Intelligence: A Review of Algorithms // Chapter in book *Adaptive virtual topology control based on attractor selection*. 2017. P. 475–494. DOI: 10.1007/978-3-319-50920-4_19.
11. R.M. Felder, B.A. Soloman Index of Learning Styles Questionnaire [Электрон. ресурс] // North Carolina State University. Режим доступа: <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/> (Дата обращения: 21.08.2019).
12. N.C. Benabdellah, M. Gharbi Ant colony algorithm and new pheromone to adapt units sequence to learners' profiles // *International Journal of Computer Science and Applications*. 2015. Vol. 12. No. 1. P. 26–39.
13. Dr.K. Yugandhar Interlacing Bloom's Taxonomy and E-learning to Improve the Quality of English Class // *International Journal on Studies*

in English Language and Literature. 2016. Vol. 4. Issue 1. P. 12–16.

14. Dr. N. Sivakumar, R. Praveena Determining Optimized Learning Path For an E-learning System using Ant Colony Optimization // International Journal of Computer Science & Engineering Technology. 2015. Vol. 6. No. 2. P. 61–66.

15. А.П. Карпенко Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы, вдохновленные природой. Учебное пособие. 2-е изд. Москва.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. 446 с.

16. В.М. Курейчик, А.А. Кажаров Использование пчелиных алгоритмов для решения комбинаторных задач // Искусственный интеллект. 2010. № 3. С. 583–589.

17. Selim Yilmaz Ecir U. Kucuksille A New Modification Approach on Bat Algorithm for Solving Optimization Problems // Applied Soft Computing. 2015. Vol. 28. P. 259–275. DOI: 10.1016/j.asoc.2014.11.029.

18. Lung-Hsiang Wong, Chee-Kit Looi Adaptable Learning Pathway Generation with Ant Colony Optimization // Educational Technology & Society. 2009. 12(3). P. 309–326.

19. S. Allach, M. Ben Ahmed, A. Ghadi, M. Essaïdi Modeling e-learning based on Ant Colony

algorithm // International Journal of Networks Systems. 2012. Vol. 1. No. 1. P. 37–42.

20. M. Rastegarmoghadam, K. Ziarati Improved modeling of intelligent tutoring systems using ant colony optimization // Educational Information Technology. 2016. DOI: 10.1007/s10639-016-9472-2.

21. A.A. Yahya Swarm Intelligence-based approach for educational data classification // Journal of King University. Computer and Information Sciences. 2019. 31. P. 35–51.

22. D.K. Saini, L.S. Prakash Nature Inspired Recommender Algorithms for Collaborative Web based Learning Environments // International Journal of Computer Applications. 2015. Vol. 11. No. 14. P. 16–22. DOI:10.5120/20046-2048.

23. S.M.-H. Hasheminejad, M. Sarvmili S3PSO: Students' Performance Prediction Based on Particle Swarm Optimization // Journal of AI and Data Mining. 2019. Vol. 7. No. 1. P. 77–96. DOI: 10.22044/JADM.2018.5506.1662.

24. K. Socha M. Sampels M. Manfrin Ant Algorithms for the University Course Timetabling Problem with Regard to the State-of-the-Art // Workshops on Applications of Evolutionary Computation. EvoWorkshop 2003: Applications of Evolutionary Computing. 2003. P. 334–345. DOI: 10.1007/3-540-36605-9_31.

References

1. Romero C., Romero J. R. & Ventura S. A survey on pre-processing educational data. Educational Data Mining. Cham: Springer; 2014. 29-64.

2. Castro F., Vellido A., Nebot À., Mugica F. Applying Data Mining Techniques to e-Learning Problems. In: Jain L.C., Tedman R.A., Tedman D.K. (eds) Evolution of Teaching and Learning Paradigms in Intelligent Environment. Studies in Computational Intelligence. Heidelberg: Springer, 2007; 62: 183-221. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-71974-8_8

3. A.V. Manjarres, L.G.M. Sandoval, M.J.S. Suarez Data Mining Techniques Applied in Educational Environments: Literature Review. Digital Education Review. 2018; 33: 235-266.

4. S. Lakshmi Prabha, Dr.A.R. Mohamed Shanavas Application of Educational Data mining techniques in e-Learning A Case Study. International Journal of Computer Science and Information Technologies. 2015; 6 (5): 4440-4443.

5. Atta-Ur-Rahman, K. Sultan, N. Aldhafferi A. Alqahtani Educational Data Mining for Enhanced teaching and learning . Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2018; 96; 14: 4417-4427.

6. H. Aldowah, H. Al-Samarraie, W.M. Fauzy Educational data mining and learning analytics for 21st century higher education: A review and synthesis. Telematics and Informatics. 2019; 37: 13-49. DOI: 10.1016/j.tele.2019.01.007.

7. Gorlushkina N.N., Kotsyuba I.YU., Khlopotov M.V. Tasks and methods of intellectual analysis of educational data to support decision-making. Obrazovatel'nyye tekhnologii i obshchestvo = Educational technologies and society. 2015; 18; 1: 472-482. (In Russ.)

8. Belonozhko P.P., Karpenko A.P., Khramov D.A. Analysis of educational data: directions and prospects of application [Electron. resource] Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIYE» = Internet journal «SCIENCE». 2017; 9; 4. Available from: <http://naukovedenie.ru/PDF/15TVN417.pdf>(In Russ.)

9. H.Radwan Ahmed, J.I. Glasgow Swarm Intelligence: Concepts, Models and Applications. Technical Report 2012; 585; 52. DOI: 10.13140/2.1.1320.2568.

10. A. Chakraborty, A. Kumar Kar Swarm Intelligence: A Review of Algorithms. Chapter in book Adaptive virtual topology control based on attractor selection. 2017: 475-494. DOI: 10.1007/978-3-319-50920-4_19.

11. R.M. Felder, B.A. Soloman Index of Learning Styles Questionnaire [Internet]. North Carolina State University. Available from: <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/> (Дата обращения: 21.08.2019).

12. N.C. Benabdellah, M. Gharbi Ant colont algorithm and new pheromone to adapt units sequence to learners' profiles. International Journal of Computer Science and Applications. 2015; 12; 1:26-39.

13. Dr.K. Yugandhar Interlacing Bloom's Taxonomy and E-learning to Improve the Quality of English Class. *International Journal on Studies in English Language and Literature*. 2016; 4. 1:12-16.
14. Dr. N. Sivakumar, R. Praveena Determining Optimized Learning Path For an E-learning System using Ant Colony Optimization *International Journal of Computer Science & Engineering Technology*. 2015; 6; 2: 61-66.
15. A.P. Karpenko Sovremennyye algoritmy poiskovoy optimizatsii. Algoritmy, vdokhnovlennyye prirodoy. Uchebnoye posobiye. 2-ye izd = Modern search engine optimization algorithms. Algorithms inspired by nature. Tutorial. 2nd ed. Moscow: MSTU im. N.E. Bauman; 2017. 446 p. (In Russ.)
16. V.M. Kureychik, A.A. Kazharov Using bee algorithms to solve combinatorial problems. *Iskusstvennyy intellekt = Artificial Intelligence*. 2010; 3: 583-589. (In Russ.)
17. Selim Yilmaz Ecir U. Kucuksille A New Modification Approach on Bat Algorithm for Solving Optimization Problems. *Applied Soft Computing*. 2015; 28: 259-275. DOI: 10.1016/j.asoc.2014.11.029.
18. Lung-Hsiang Wong, Chee-Kit Looi Adaptable Learning Pathway Generation with Ant Colony Optimization. *Educational Technology & Society*. 2009; 12(3): 309-326.
19. S. Allach, M.Ben Ahmed, A. Ghadi, M. Essaaidi Modeling e-learning based on Ant Colony algorithm. *International Journal of Networks Systems*. 2012; 1; 1: 37-42.
20. M. Rastegarmoghadam, K. Ziarati Improved modeling of intelligent tutoring systems using ant colony optimization. *Educational Information Technology*. 2016. DOI: 10.1007/s10639-016-9472-2.
21. A.A. Yahya Swarm Intelligence-based approach for educational data classification. *Journal of King University. Computer and Information Sciences*. 2019; 31:35-51.
22. D.K. Saini, L.S. Prakash Nature Inspired Recommender Algorithms for Collaborative Web based Learning Environments. *International Journal of Computer Applications*. 2015; 11; 14: 16-22. DOI:10.5120/20046-2048.
23. S.M.-H. Hasheminejad, M. Sarvmili S3PSO: Students' Performance Prediction Based on Particle Swarm Optimization. *Journal of AI and Data Mining*. 2019; 7; 1: 77-96. DOI: 10.22044/JADM.2018.5506.1662.
24. K. Socha M. Sampels M. Manfrin Ant Algorithms for the University Course Timetabling Problem with Regard to the State-of-the-Art. *Workshops on Applications of Evolutionary Computation. EvoWorkshop 2003: Applications of Evolutionary Computing*. 2003: 334-345. DOI: 10.1007/3-540-36605-9_31.

Сведения об авторе

Юлия Юрьевна Дюlicheva

к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедры прикладной математики

Крымский федеральный университет

имени В.И. Вернадского,

Симферополь, Россия

Эл. почта: dyulicheva_yu@mail.ru

Information about the author

Yulia Y. Dyulicheva

Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Applied
Mathematics

V.I. Vernadsky Crimean Federal University,

Simferopol, Russia

E-mail: dyulicheva_yu@mail.ru

Повышение качества теоретической подготовки курсантов с помощью информационно-коммуникационных технологий

Цель исследования. Целью исследования является оценка востребованности и эффективности разработанной и внедренной с 2017–2018 учебного года в учебный процесс Ивановской пожарно-спасательной академии Государственной противопожарной службы МЧС России многоуровневой модульной автоматизированной системы обучения, контроля и анализа теоретических знаний, реализованной в форме компьютерной программы FireTest. Актуальность и необходимость разработки компьютерной программы обусловлены особенностями учебного процесса в образовательных учреждениях системы МЧС России, связанного с отрывом курсантов от учебных занятий для выполнения профилактических мероприятий и аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий пожаров и чрезвычайных ситуаций, необходимости восполнения учебного материала и повышения интенсивности теоретической подготовки. Имеющиеся в свободном доступе компьютерные программы, предназначенные для теоретической подготовки и контроля, имеют часто ограниченные функциональные возможности, а программы, имеющие более широкий функционал, не позволяют организовать обучение с учетом требований безопасности к персональным и служебным данным, установленным в МЧС России.

Материалы и методы. Для исследования эффективности применения в образовательном процессе компьютерной программы FireTest применялись методы научно-педагогического исследования, основными из которых являлись наблюдение и педагогический эксперимент. Для обобщения полученных экспериментальных данных использовались методы синтеза и анализа информационных процессов, методы статистического анализа. Для оценки востребованности у курсантов и профессорско-преподавательского состава компьютерной программы FireTest использовались средства диагностики, имеющиеся непосредственно в программе, а также сервис «ЯндексМетрика».

Результаты. Для оценки эффективности программы FireTest проведено исследование уровня теоретических знаний курсантов экспериментальных групп, обучающихся в рамках контекстно-интеграционной модели и проходящих теорети-

ческую подготовку посредством многоуровневой модульной автоматизированной системы обучения, контроля и анализа теоретических знаний и курсантов контрольных групп, обучающихся в традиционной форме. На основании полученных данных тестирования, сделан вывод о том, что внедрение в учебный процесс программы FireTest, статистически значительно влияет на процесс теоретического обучения и способствует повышению уровня теоретической подготовки курсантов. Полученные результаты подтверждены статистическим критерием, основанным на распределении Стьюдента, с возможной относительной погрешностью не более 5%.

Востребованность программы FireTest у профессорско-преподавательского состава подтверждена динамикой ее применения для организации тестирования и контроля теоретической подготовки. В 2018–2019 учебном году количество тестов, созданных для проверки теоретических знаний курсантов в программе FireTest, увеличилось в 3,3 раза по сравнению с 2017–2018 учебным годом. Курсанты для теоретической подготовки наиболее часто используют мобильные устройства, которые позволяют независимо от времени и места нахождения иметь доступ к теоретическому материалу для его изучения и проведения самоконтроля.

Заключение. Результаты применения программы FireTest в учебном процессе показали ее востребованность у курсантов и профессорско-преподавательского состава, что подтверждается средствами диагностического контроля непосредственно самой программы и сервиса «ЯндексМетрика». Программа FireTest является эффективным инструментом теоретической подготовки и контроля и способствует повышению уровня теоретических знаний курсантов, что подтверждено экспериментальными исследованиями, проведенными в период с 2017–2018 по 2018–2019 учебный год.

Ключевые слова: качество теоретической подготовки, информационно-коммуникационные технологии, востребованность и эффективность компьютерной программы

Vladislav V. Bulgakov

Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters», Ivanovo, Russia

Improving the quality of theoretical training of cadets with the help of information and communication technologies

Purpose of research. The aim of the study is to assess the relevance and effectiveness of the multi-level modular automated system of training, control and analysis of theoretical knowledge, developed and implemented in the educational process of the Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, implemented in the form of a computer program Fire Test. The urgency and necessity of developing a computer program due to the peculiarities of educational process in institutions of the

system of the Ministry of Emergency Situations of Russia, associated with the separation of cadets from the training sessions to carry out preventive measures and emergence rescue operations in response to fires and emergencies, the need to replenish the educational material and increase the intensity of theoretical training. Freely available computer programs, designed for theoretical training and control, often have limited functionality, and programs with more functionality do not allow organizing training in accordance with the security re-

quirements for personal and service data, established in the Ministry of Emergency Situations of Russia.

Materials and methods. To study the effectiveness of the computer program Fire Test in the educational process, the methods of scientific and pedagogical research were used, the main of which were observation and pedagogical experiment. Methods of synthesis and analysis of information processes, methods of statistical analysis were used to summarize the experimental data. For estimating the demand among cadets and Faculty of the Fire Test computer program diagnostic tools were used, available in the program, as well as the service "Yandex.Metrics".

Results. To assess the effectiveness of the program Fire Test the research was carried out on the level of theoretical knowledge of cadets of experimental groups, studying within the context-integration model and undergoing theoretical training through a multi-level modular automated system for teaching, monitoring and analyzing theoretical knowledge and cadets of control groups, studying in the traditional form. On the basis of the obtained test data, it is concluded that the introduction of the Fire Test program into the educational process has a statistically significant impact on the process of theoretical training and contributes to improving the level of theoretical training of cadets. The results are

confirmed by a statistical criterion based on the student's distribution, with a possible relative error of not more than 5%.

The demand of the Fire Test program among the Faculty is confirmed by the dynamics of its application for the organization of testing and control of theoretical training. In the 2018-2019 academic year, the number of tests, created for checking the theoretical knowledge of cadets in the Fire Test program increased 3.3 times compared to the 2017-2018 academic year. Cadets for theoretical training most often use mobile devices that allow regardless of time and location to have access to theoretical material for its study and self-control.

Conclusion. The results of the application of Fire Test programs in the educational process have shown its demand among students and Faculty, which is confirmed by the diagnostic monitoring tools of the "Yandex.Metrics" and service itself. The Fire Test program is an effective tool for theoretical training and control and contributes to improving the level of theoretical knowledge of cadets, which is confirmed by experimental studies conducted in the period from 2017-2018 to 2018-2019 academic year.

Keywords: quality of theoretical training, information and communication technologies, demand and efficiency of the computer program

Введение

Современное образование направлено на повышение качества подготовки за счет применения информационных технологий, позволяющих повысить интенсивность и эффективность образовательного процесса. Одним из наиболее перспективных направлений повышения качества теоретического обучения является применение компьютерных программ, позволяющим организовать разработку учебного материала, обеспечить к нему доступ обучаемых для теоретической подготовки и осуществлять контроль усвоенных знаний с помощью различных компьютерных и мобильных устройств. Совершенствованию образовательного процесса с использованием информационно-коммуникационных технологий посвящены многочисленные методические [1, 2] и научные работы российских и зарубежных авторов [3–11].

Для реализации возможностей информационных технологий в образовательном процессе учебных заведений системы МЧС России разработана компьютерная программа FireTest, формирующая информационно-образовательную среду, позволяющая обеспечить доступ курсантов к учебному материалу в независимости от времени и места

нахождения с помощью стационарных компьютеров, ноутбуков, планшетов и смартфонов. Программа FireTest прошла апробацию и внедрена в учебный процесс Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России с 2017–2018 учебного года. В период с 2017–2018 по 2018–2019 учебный год проводилось исследование эффективности разработанной программы, и оценивались различные параметры ее использования профессорско-преподавательским составом и курсантами. Результаты внедрения программы FireTest и исследования ее эффективности рассмотрены в статье, в которой проведена оценка влияния информационных технологий на качество теоретической подготовки курсантов, сделаны выводы о востребованности информационных технологий в образовательном процессе учебного заведения системы МЧС России.

1. Обоснование и актуальность разработки компьютерной программы FireTest и ее функциональные возможности

Структурно-методическая модель компьютерной программы FireTest, методика ее применения в образовательном процессе подробно рассмотрена в работах [12–14], в которых

приводятся функциональные возможности и особенности программы, порядок работы профессорско-преподавательского состава с инструментами программы, методика организации теоретической подготовки обучаемых и контроля их знаний.

Разработанная программа является составной частью контекстно-интеграционного обучения¹, сопряженного и интегрированного в традиционную систему обучения, реализуемого в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России (далее – академия). Контекстно-интеграционное обучение включает многоуровневую модульную систему теоретической и практической подготовки, которые дополняя друг друга, позволяют повысить качество теоретических знаний, практических умений и навыков выпускников, направляемых для прохождения дальнейшей службы в практические пожарно-спасательные подразделения Госу-

¹ Контекстно-интеграционное обучение – система профессиональной подготовки сопряженная и интегрированная в традиционную систему обучения, объединяющая и комплексно формирующая теоретические знания, практические умения и навыки, полученные при изучении отдельных профессиональных дисциплин и актуализирующая их уровень на протяжении всего периода обучения.

дарственной противопожарной службы МЧС России. Актуальность внедрения контекстно-интеграционного обучения и его составной части многоуровневой модульной автоматизированной системы обучения, контроля и анализа теоретических знаний, реализованной в форме программы FireTest, обусловлена необходимостью повышения качества подготовки выпускников, выполняющих профессиональные задачи, направленные на защиту и спасение граждан от пожаров и иных чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Многоуровневая модульная автоматизированная система обучения, контроля и анализа теоретических знаний разработана с учетом особенностей учебного процесса в образовательных учреждениях МЧС России, связанных с возможностью отрыва курсантов от учебных занятий на длительные периоды времени вследствие участия в профилактических мероприятиях и в ликвидации последствий крупных пожаров и чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в составе аэромобильных группировок (далее – АМГ) [15–20]. Важной особенностью разработанной программы FireTest является предоставление пользователям, зарегистрированным в программе, неограниченного доступа к функциональным возможностям программы и учебному материалу посредством информационно-коммуникационных технологий с использованием мобильных устройств. Данная функция позволяет курсантам, отсутствующим на учебных занятиях в силу служебной необходимости, работать с учебным материалом удаленно, в том числе изучать теоретический материал, осуществлять самоконтроль, получать задание для самоподготовки и проходить контрольные тестирования. Профессорско-преподавательский состав имеет возмож-

ность контролировать самостоятельную работу курсантов по своим дисциплинам, организовывать выдачу заданий на самоподготовку и контролировать уровень теоретической подготовки обучаемых. Программа FireTest имеет широкие функциональные возможности, позволяющие организовать полноценную теоретическую подготовку и контроль знаний курсантов. Имеющиеся в свободном доступе компьютерные программы, предназначенные для организации теоретической подготовки и/или контроля, имеют ограниченные функциональные возможности [21–26], а например программы, имеющие более широкий функционал [27–31], не позволяют организовать обучение с учетом требований безопасности к персональным и служебным данным, установленным в МЧС России.

2. Результаты внедрения компьютерной программы FireTest в учебный процесс, исследование ее эффективности

Для исследования эффективности многоуровневой модульной автоматизированной системы обучения, контроля и анализа теоретических знаний и ее влияния на качество теоретической подготовки, проведена сравнительная оценка результатов теоретической подготовки контрольных групп курсантов, обучающихся по специальности 20.05.01 – пожарная безопасность в рамках традиционной системы обучения и экспериментальных групп, проходящих обучение с помощью программы FireTest.

В качестве критериев оценки результативности и эффективности внедренной многоуровневой модульной системы обучения, контроля и анализа теоретических знаний, установлены количественные показатели: средний балл и среднее время выполнения теста.

Для объективной оценки результатов педагогического эксперимента по формированию теоретических знаний, установлены следующие условия для тестирования в компьютерной программе FireTest:

- использование для тестирования баз теоретических вопросов по уровням подготовки, соответствующих году обучения: «пожарный» – для 1 курса; «командир отделения» – для 2 курса; «начальник караула» – для 3 курса; «инспектор» – для 4 курса; «инженер пожарной безопасности» – для 5 курса;

- применение единой шкалы соответствия оценки количеству правильных ответов (в процентах): «отлично» – 90–100% правильных ответов; «хорошо» – 75–90%; «удовлетворительно» – 50–75%; «неудовлетворительно» – менее 50% правильных ответов;

- время, отведенное на тестирование – 90 минут;

- количество вопросов в тесте – 250.

Для оценки эффективности теоретической подготовки проведено тестирование по уровню подготовки «начальник караула» курсантов 31 курса, проходивших в течение 2017–2018 и 2018–2019 учебных годов теоретическую подготовку в многоуровневой модульной автоматизированной системе обучения, контроля и анализа теоретических знаний и тестирование курсантов курса № 31.1, проходивших в тот же период теоретическую подготовку в традиционной системе обучения. Результаты тестирования курсантов 31 курса и курса № 31.1 приведены в табл. 1.

Оценка статистической значимости результатов среднего балла теоретической подготовки между экспериментальными и контрольными группами курсантов 3 года обучения выполнена с помощью статистического критерия Стьюдента (t – критерий). В статистиче-

Таблица 1

Сопоставление результатов теоретической подготовки в экспериментальных и контрольных группах курсантов, обучающихся по специальности 20.05.01 – пожарная безопасность на 3 курсе

Группы	Критерии оценки	Учебный курс / учебные группы / кол-во курсантов					
Экспериментальные группы		31 курс					
		311 / 26 чел.	312 / 26 чел.	313 / 25 чел.	314 / 24 чел.	—	—
	Средний балл	3,54	3,42	3,38	3,56	—	—
	Среднее время	81 мин	74 мин	82 мин	77 мин		
Средний балл по курсу		3,48					
Среднее время по курсу		78 мин					
Контрольные группы		31.1 курс					
		311.1 / 26 чел.	312.1 / 22 чел.	313.1 / 25 чел.	314.1 / 23 чел.	315.1 / 22 чел.	316.1 / 25 чел.
	Средний балл	3,05	3,1	2,9	3,13	2,86	3,11
	Среднее время	83 мин	85 мин	79 мин	83 мин	83 мин	82 мин
Средний балл по курсу		3,03					
Среднее время по курсу		83 мин					

ской выборке учитывались результаты выполнения тестов в 2018–2019 учебном году в компьютерной программе FireTest курсантами контрольных групп курса №31.1 и результаты курсантов экспериментальных групп курса №31, которые проходили теоретическую подготовку в многоуровневой модульной автоматизированной системе обучения, контроля и анализа теоретических знаний. Эффективность теоретической подготовки в рамках многоуровневой модульной автоматизированной системы обучения, контроля и анализа теоретиче-

ских знаний по сравнению с традиционной системой, подтверждается эмпирическим значением критерия Стьюдента, который составил $t_{\text{эмп}} = 6,5$, при его критическом значении $t_{\text{кр}} = 2,31$ на уровне значимости $p = 0,05$.

Для комплексной оценки эффективности и динамики теоретической подготовки в многоуровневой модульной системе обучения, контроля и анализа теоретических знаний проведены тестирования в 2017–2018 учебном году курсантов контрольных групп с 1 по 5 годы обучения и курсан-

тов экспериментальных групп в 2018–2019 учебном году, результаты которых представлены в табл. 2.

В статистической выборке учитывались результаты выполнения тестов в компьютерной программе FireTest курсантами контрольных групп с 1 по 5 годы обучения в 2017–2018 учебном году и результаты экспериментальных групп с 2 по 5 годы обучения в 2018–2019 учебном году, которые проходили теоретическую подготовку в многоуровневой модульной автоматизированной системе обучения, кон-

Таблица 2

Сопоставление результатов теоретической подготовки в экспериментальных и контрольных группах курсантов, обучающихся по специальности 20.05.01 – пожарная безопасность с 1 по 5 курсы

Группы	Критерии оценки	Базы теоретических вопросов по уровням подготовки // учебные курсы / кол-во чел.				
		Уровень подготовки «пожарный»	Уровень подготовки «командир отделения»	Уровень подготовки «начальник караула»	Уровень подготовки «инспектор»	Уровень подготовки «инженер ПБ»
Экспериментальные группы		2018–2019 учебный год				
		Нет набора	21 курс 39 чел.	31 курс 103 чел.	41 курс 125 чел.	51 курс 125 чел.
	Средний балл	—	3,49	3,48	3,61	3,77
	Среднее время	—	77 мин	78 мин	74 мин	76 мин
Средний балл по всем курсам		3,61				
Среднее время по всем курсам		77 мин				
Контрольные группы		2017–2018 учебный год				
		11 курс 39 чел.	21 курс 101 чел.	31 курс 122 чел.	41 курс 124 чел.	51 курс 126 чел.
	Средний балл	2,64	2,9	3,14	3,23	3,28
	Среднее время	88 мин	75 мин	81 мин	83 мин	77 мин
Средний балл по всем курсам		3,11				
Среднее время по всем курсам		81 мин				

троля и анализа теоретических знаний. Отсутствие данных по 1 году обучения в экспериментальных группах связано с отсутствием набора в 2018–2019 учебном году на специальность 20.05.01 – пожарная безопасность. Эффективность и положительная динамика теоретической подготовки в рамках многоуровневой модульной автоматизированной системы обучения, контроля и анализа теоретических знаний по сравнению с традиционной системой, подтверждается эмпирическим значением критерия Стьюдента, который составил $t_{эм} = 4,4$, при его критическом значении $t_{кр} = 2,45$ на уровне значимости $p = 0,05$.

На основании полученных данных, приведенных в табл. 1 и 2, можно сделать вывод о том, что внедрение в учебный процесс многоуровневой модульной автоматизированной системы обучения, контроля и анализа теоретических знаний, реализующей теоретическую подготовку и автоматизированный объективный контроль знаний, статистически значимо влияет на процесс теоретического обучения и способствует повышению уровня теоретических знаний курсантов. Возможная относительная погрешность сделанного вывода составляет не более 5%.

3. Мониторинг использования компьютерной программы FireTest курсантами и профессорско-преподавательским составом

Для оценки востребованности у курсантов и профессорско-преподавательского состава многоуровневой модульной автоматизированной системы обучения, контроля и анализа теоретических знаний, реализованной в форме компьютерной программы FireTest, и ее эффективности в условиях образовательном процессе, использовались средства диагностики, име-

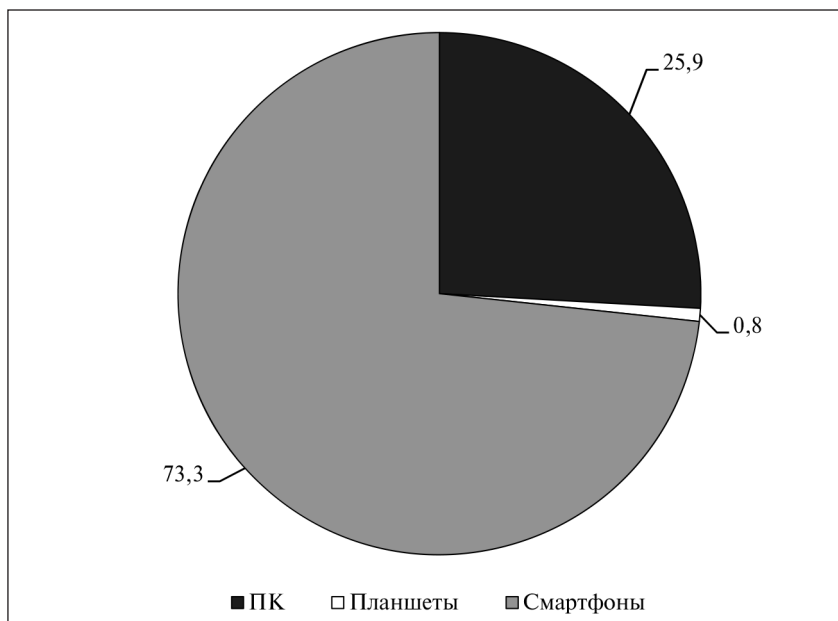


Рис. 1. Типы применяемых устройств пользователями для работы в программе FireTest в 2018–2019 учебном году

ющиеся непосредственно в программе FireTest, а также в поисковой системе Яндекс – сервис «ЯндексМетрика». «ЯндексМетрика» позволяет оценить состояние технической эксплуатации компьютерной программы FireTest: количество пользователей программы за любой временной интервал, время работы пользователей в программе, глубину просматриваемых страниц, возраст пользователей, используемые типы устройств для работы с программой и другие параметры. Например, с момента внедрения мобильной версии программы FireTest в 2018–2019 учебном году, значительно увеличилось количество пользователей, использующих мобильные устройства для работы в программе (рис. 1).

По сравнению с 2017–2018 учебным годом в 2018–2019 учебном году произошло значительное снижение количества пользователей, использующих персональные компьютеры и планшеты для работы в программе FireTest. Использование персональных компьютеров снизилось с 79,2% до 25,9%, а планшетов с 15,7% до 0,8%, а доля смартфо-

нов значительно увеличилась – с 5,14 % до 73,3 %. Таким образом, пользователи предпочитают работать в программе с помощью личных мобильных устройств, которые обеспечивают доступ к функционалу программы и теоретическому материалу вне зависимости от времени и места нахождения.

Для оценки учебной работы курсантов в программе FireTest имеются встроенные средства диагностики, которые позволяют получить по учебным курсам, по учебным группам и по отдельным курсантам следующие статистические данные: количество самоподготовки за выбранный временной интервал, количество правильных и неправильных ответов, количество побед и поражений в поединках [32]. Средства диагностики позволяют провести сравнение учебных групп и учебных курсов по количеству самоподготовки и количеству правильных и неправильных ответов за любой промежуток времени.

Востребованность и эффективность программы FireTest оценивается по результатам применения ее профессорско-преподавательским со-

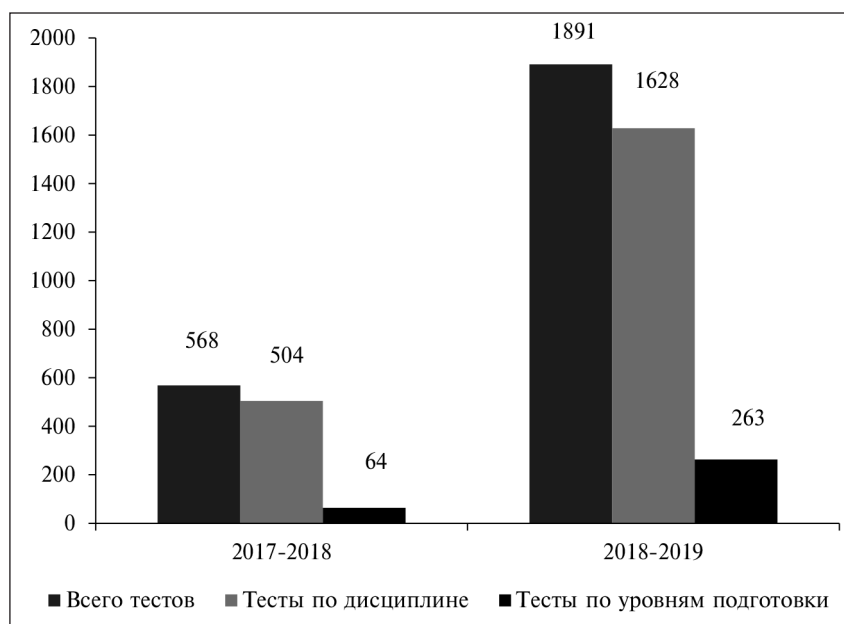


Рис. 2. Динамика создания тестов профессорско-преподавательским составом

ставом в учебном процессе. В компьютерной программе FireTest предусмотрены средства диагностики для оценки работы профессорско-преподавательского состава, позволяющие определить: количество созданных тестов, даты проведения тестирования, учебные группы, в которых проведены тестирования, дисциплины по которым проводились тестирования и результаты тестирования. Динамика применения профессорско-преподавательским составом программы FireTest в 2017–2018 и 2018–2019 учеб-

ных годах для организации тестирования и контроля теоретической подготовки представлена на рис. 2.

Количество созданных и реализованных тестов для самостоятельной работы обучаемых и контроля уровня их теоретических знаний в 2018–2019 учебном году по сравнению с 2017–2018 учебным годом увеличилось в 3,3 раза.

Заключение

Результаты внедрения многоуровневой модульной автоматизированной системы

обучения, контроля и анализа теоретических знаний, реализованной в форме компьютерной программы FireTest и результаты исследования ее востребованности и эффективности, позволяют сделать следующие выводы:

1. Внедрение в учебный процесс многоуровневой модульной автоматизированной системы обучения, контроля и анализа теоретических знаний, реализующей автоматизированный объективный контроль знаний, статистически значимо влияет на процесс теоретического обучения и способствует повышению уровня теоретической подготовки курсантов.

2. Пользователи преимущественно используют мобильные устройства для работы в программе FireTest, позволяющие работать с функционалом программы и теоретическим материалом вне зависимости от времени и места нахождения.

3. Разработанная программа предоставляет широкий спектр функциональных возможностей для пользователей, хорошо зарекомендовала себя в особых условиях учебного процесса образовательного учреждения системы МЧС России и показала востребованность у профессорско-преподавательского состава для организации теоретического обучения и контроля.

Литература

1. Захарова И.Г. Информационные технологии в образовании: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. М.: Издательский центр «Академия»; 2013. 208 с.
2. Носкова Т.Н., Баранова Е.В., Бочаров М.И. Информационные технологии в образовании: учебник. СПб.: Лань, 2016. 296 с.
3. Жигадло В.Э., Одинокая М.А., Шередекина О.А. Использование технологий мобильного обучения в самостоятельной работе студентов в техническом ВУЗе // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2016. Т. 12. № 4. С. 68–72.
4. Савицкая Т.В., Егоров А.Ф., Глуханова А.А., Никитин С.А., Захарова А.Ю. Учеб-

но-исследовательские и информационно-образовательные ресурсы в междисциплинарной автоматизированной системе обучения на основе интернет-технологий // Открытое образование. 2016. Т. 20. № 5. С. 11–26.

5. Чайкина Е.В. Система контроля знаний при формировании профессиональной компетентности студентов технических вузов // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: информатика и информатизация образования. 2016. № 3. С. 91–96.

6. Mouza C., Barrett-Greenly T. Bridging the app gap: An examination of a professional development initiative on mobile learning in urban schools [Электрон. ресурс] // Computers and Education. 2015. Vol. 88. P. 1–14. Режим до-

ступа: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131515001104?via%3Dihub. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.04.009.

7. Althunibat A. Determining the factors influencing students' intention to use m-learning in Jordan higher education [Электрон. ресурс] // *Computers in Human Behavior*. 2015. Vol. 52. P. 65–71. Режим доступа: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563215004276?via%3Dihub. DOI: 10.1016/j.chb.2015.05.046.

8. Parkes M., Reading C., Stein S. Student preparedness for university e-learning environments [Электрон. ресурс] *Internet and Higher Education*. 2015. Vol. 25. P. 1–10. Режим доступа: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1096751614000724?via%3Dihub. DOI: 10.1016/J.IHEDUC.2014.10.002.

9. Khan A., Al-Shihi H., Al-Khanjari Z et al. Mobile Learning (M-Learning) adoption in the Middle East: Lessons learned from the educationally advanced countries [Электрон. ресурс] // *Telematics and Informatics*. 2015. Vol. 32(4). P. 909–920. Режим доступа: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736585315000362?via%3Dihub. DOI: 10.1016/j.tele.2015.04.005.

10. Hung M. Teacher readiness for online learning: Scale development and teacher perceptions [Электрон. ресурс] // *Computers and Education*. 2016. Vol. 94. P. 120–133. Режим доступа: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131515300841?via%3Dihub. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.11.012.

11. Sung Y., Chang K., Liu T. The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis [Электрон. ресурс] // *Computers and Education*. 2016. Vol. 94. P. 252–275. Режим доступа: www.mendeley.com/catalogue/effects-integrating-mobile-devices-teaching-learning-students-learning-performance-metaanalysis-rese/. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.11.008.

12. Булгаков В. В. Структурно-методическая модель компьютерной программы контроля теоретических знаний курсантов // *Открытое образование*. 2018. Том 22. № 3. С. 4–13.

13. Булгаков В. В. Методика и организация работы преподавателя в автоматизированной системе обучения // *Открытое и дистанционное образование*. 2018. № 2 (70). С. 10–17.

14. Булгаков В. В. Организация самостоятельной подготовки курсантов посредством применения многоуровневой автоматизированной системы обучения, контроля и анализа уровня теоретических знаний // *Вестник Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых*. 2019. №1. С. 67–73.

15. Малый И. А. Опыт участия личного состава Ивановского института ГПС МЧС России

в ликвидации крупномасштабных чрезвычайных ситуаций, произошедших на территории Российской Федерации в период с 2010 по 2013 годы: научно-методическое издание. Иваново: Ивановский институт ГПС МЧС России, 2014. 109 с.

16. Аэромобильная группировка академии продолжает ликвидировать последствия масштабного паводка в Иркутской области [Электрон. ресурс] // *Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России*. Режим доступа: https://sibpsa.ru/about_the_university/news/4065/. (Дата обращения: 28.08.2019).

17. Аэромобильная группировка МЧС России проводит в Ставрополе аварийно-восстановительные работы и оказывает адресную помощь населению пострадавших поселков [Электрон. ресурс] // *МЧС России*. Режим доступа: <http://www.mchs.gov.ru/dop/info/smi/news/item/33213935>. (Дата обращения: 28.08.2019).

18. АМГ института приняла участие в тушении лесного пожара [Электрон. ресурс] // *Воронежский филиал Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России*. Режим доступа: <http://vf.edufire37.ru/amg-instituta-prinyala-uchastie-v-tushenii-lesnogo-pozhara/>. (Дата обращения: 28.08.2019).

19. Активная фаза аварийно-спасательных работ на месте обрушения дома в городе Иваново завершена. [Электрон. ресурс] // *ГУ МЧС России по Ивановской области*: Режим доступа: <http://37.mchs.gov.ru/pressroom/news/item/4410809/>. (Дата обращения: 28.08.2018).

20. Курсантов МЧС привлекли к профилактическим рейдам в жилом секторе Белгородской области [Электрон. ресурс] // *Информационное агентство России «ТАСС»*. Режим доступа: <http://tass.ru/mchs/4424217>. (Дата обращения: 28.08.2019).

21. Глазов А.В., Емельянова В.Н. Сравнительный анализ программных комплексов TestMaker и INDIGO // *Образовательные технологии и общество*. 2016. Т. 19. № 2. С. 519–527.

22. Сорочинский М.А. Использование среды разработки по созданию тестов и опросов iSpring QuizMaker для организации контроля студентов // *Международный студенческий научный вестник*. 2016. № 5–2. С. 166–167.

23. Лазарева Е.Г., Устинова И.Г., Пахомова Е.Г. Сравнительный анализ обучающих возможностей тестов «Айрен» и тестов на платформе Moodle в изучении дисциплин математического профиля // *Вестник Томского государственного педагогического университета*. 2015. № 12 (165). С. 81–85.

24. Ярославцев В.Л. Оценка предметных результатов обучения учащихся с использованием системы компьютерного тестирования «MyTestXpro» // *Вестник науки и образования*. 2016. № 3 (15). С. 45–49.

25. Рубцова Е.В. Пути совершенствования тестового контроля сформированности компе-

тенций студентов вуза // Карельский научный журнал. 2017. Т. 6. № 4 (21). С. 81–84.

26. Шипова Л.Н., Фролова В.Н. Программный комплекс АСТ-Тест: разработка тестовых материалов оценки теоретической подготовки обучающихся в системе СПО // Нижегородское образование. 2017. № 3. С. 62–66.

27. Абушкин Д.Б., Селезнева Н.Н. Применение облачных сервисов Google для организации проверки знаний учащихся // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: информатика и информатизация образования. 2015. №4. С. 38–46.

28. Шаверская О.Н. Использование приложений Google в работе учителя // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия: информатика и информатизация образования. 2016. №4. С. 44–49.

29. Лученецкая-Бурдина И.Ю., Федото-

ва А.А. Контроль знаний студентов в системе электронного обучения // Ярославский педагогический вестник. 2017. № 3. С. 131–135.

30. Шурыгин В.Ю. Организация тестового контроля знаний студентов средствами LMS Moodle // Балтийский гуманитарный журнал. 2017. Т. 6. № 1. С. 172–174.

31. Макуха Л.В., Селезова А.А., Сидоров А.Ю. Результаты применения интерактивного метода проверки знаний в условиях электронного обучения // Вестник КГПУ им. В.П. Астафьева. 2017. № 2. С. 78–84.

32. Булгаков В.В. Применение информационно-телекоммуникационных технологий в современном образовательном процессе при реализации игровой формы обучения и контроля теоретических знаний курсантов // Профессиональное образование в России и за рубежом. 2018. №2 (30). С. 100–106.

References

1. Zakharova I.G. Informatsionnyye tekhnologii v obrazovanii: uchebnik dlya stud. uchrezhdeniy vyssh. prof. Obrazovaniya = Information technology in education: a textbook for studentp. institutions of higher prof. education. Moscow: Publishing Center «Academy»; 2013. 208 p. (In Russ.)

2. Noskova T.N., Baranova Ye.V., Bocharov M.I. Informatsionnyye tekhnologii v obrazovanii: uchebnik = Information technology in education: a textbook. Saint-Petersburg: Doe; 2016. 296 p. (In Russ.)

3. Zhigadlo V.E., Odinkaya M.A., Sheredkina O.A. Use of mobile learning technologies in independent work of students in a technical university. Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovaniye = Modern Information Technologies and IT Education. 2016; 12. 4: 68-72. (In Russ.)

4. Savitskaya T.V., Yegorov A.F., Glukhanova A.A., Nikitin P.A., Zakharova A.YU. Educational, research and information-educational resources in an interdisciplinary automated training system based on Internet technologies. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2016; 20. 5: 11-26. (In Russ.)

5. Chaykina Ye.V. The knowledge control system in the formation of professional competence of students of technical universities. Vestnik Moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo universiteta. Seriya: informatika i informatizatsiya obrazovaniya = Bulletin of Moscow City Pedagogical University. Series: informatics and informatization of education. 2016; 3: 91-96. (In Russ.)

6. Mouza C., Barrett-Greenly T. Bridging the app gap: An examination of a professional development initiative on mobile learning in urban schools [Internet]. Computers and Education = Computers and Education. 2015; 88: 1-14. Available from: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131515001104?via%3Dihub. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.04.009. (In Russ.)

7. Althunibat A. Determining the factors influencing students' intention to use m-learning in Jordan higher education [Internet]. Computers in Human Behavior = Computers in Human Behavior. 2015; 52: 65-71. Available from: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563215004276?via%3Dihub. DOI: 10.1016/j.chb.2015.05.046. (In Russ.)

8. Parkes M., Reading C., Stein P. Student preparedness for university e-learning environments [Internet] Internet and Higher Education. 2015; 25: 1-10. Available from: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1096751614000724?via%3Dihub. DOI: 10.1016/J.IHEDUC.2014.10.002.

9. Khan A., Al-Shihi H., Al-Khanjari Z et al. Mobile Learning (M-Learning) adoption in the Middle East: Lessons learned from the educationally advanced countries [Internet]. Telematics and Informaticp. 2015; 32(4): 909-920. Available from: www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736585315000362?via%3Dihub. DOI: 10.1016/j.tele.2015.04.005.

10. Hung M. Teacher readiness for online learning: Scale development and teacher perceptions [Internet]. Computers and Education. 2016; 94: 120-133. Available from: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131515300841?via%3Dihub. DOI: 10.1016/j.compedu.2015.11.012.

11. Sung Y., Chang K., Liu T. The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis [Internet]. Computers and Education. 2016; 94: 252-275. Available from: www.mendeley.com/catalogue/effects-integrating-mobile-devices-teaching-learning-students-learning-performance-metaanalysis-rese/. DOI: 10.1016/j.compedu. 2015.11.008.

12. Bulgakov V. V. Structural and methodological model of a computer program for controlling

the theoretical knowledge of cadets. *Otkrytoye obrazovaniye* = Open Education. 2018; 22; 3: 4-13. (In Russ.)

13. Bulgakov V.V. Methods and organization of the teacher in an automated learning system. *Otkrytoye i distantsionnoye obrazovaniye* = Open and distance education. 2018; 2 (70):10-17. (In Russ.)

14. Bulgakov V.V. Organization of self-training of cadets through the use of a multi-level automated system of training, monitoring and analysis of the level of theoretical knowledge. *Vestnik Vladimirovskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Aleksandra Grigor'yevicha i Nikolaya Grigor'yevicha Stoletovykh* = Bulletin of the Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov. 2019; 1: 67-73. (In Russ.)

15. Malyy I.A. Opyt uchastiya lichnogo sostava Ivanovskogo instituta GPS MCHS Rossii v likvidatsii krupnomasshtabnykh chrezvychaynykh situatsiy, proizoshedshikh na territorii Rossiyskoy Federatsii v period s 2010 po 2013 gody: nauchno-metodicheskoye izdaniye = Experience of the participation of personnel of the Ivanovo Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia in the elimination of large-scale emergencies that occurred on the territory of the Russian Federation from 2010 to 2013: a scientific and methodical publication. Ivanovo: Ivanovo Institute of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia; 2014. 109 p. (In Russ.)

16. The aeromobile grouping of the academy continues to eliminate the consequences of a massive flood in the Irkutsk region [Internet]. *Sibirskaya pozharno-spatatel'naya akademiya GPS MCHS Rossii* = Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia. Available from: https://sibpsa.ru/about_the_university/news/4065/. (Cited: 28.08.2019). (In Russ.)

17. The aeromobile group EMERCOM of Russia conducts emergency repair work in the Stavropol Territory and provides targeted assistance to the population of the affected villages [Internet]. *MCHS Rossii* = EMERCOM of Russia. Available from: <http://www.mchp.gov.ru/dop/info/smi/news/item/33213935>. (Cited: 28.08.2019). (In Russ.)

18. AMG Institute took part in extinguishing a forest fire [Internet]. *Voronezhskiy filial Ivanovskoy pozharno-spatatel'noy akademii GPS MCHS Rossii* = Voronezh branch of the Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia. Available from: <http://vf.edufire37.ru/amg-instituta-prinyala-uchastie-v-tushenii-lesnogo-pozhara/>. (Cited: 28.08.2019). (In Russ.)

19. The active phase of rescue operations at the site of the collapse of the house in the city of Ivanovo is completed. [Internet]. *GU MCHS Rossii*

po Ivanovskoy oblasti = GU EMERCOM of Russia for the Ivanovo Region. Available from: <http://37.mchp.gov.ru/pressroom/news/item/4410809/>. (Cited: 28.08.2018). (In Russ.)

20. Emergencies Ministry cadets were involved in preventive raids in the residential sector of the Belgorod region [Internet]. *Informatsionnoye agentstvo Rossii «TASS»* = Information Agency of Russia «TASS». Available from: <http://tasp.ru/mchs/4424217>. (Cited: 28.08.2019). (In Russ.)

21. Glazov A.V., Yemel'yanova V.N. Comparative analysis of TestMaker and INDIGO software systems. *Obrazovatel'nyye tekhnologii i obshchestvo* = Educational Technologies and Society. 2016; 19; 2: 519-527. (In Russ.)

22. Sorochinskiy M.A. Using the development environment for creating tests and surveys iSpring QuizMaker for the organization of student control. *Mezhdunarodnyy studencheskiy nauchnyy vestnik* = International Student Scientific Herald. 2016; 5-2: 166-167. (In Russ.)

23. Lazareva Ye.G., Ustinova I.G., Pakhomova Ye.G. Comparative analysis of the training capabilities of the "Ayren" tests and tests on the Moodle platform in the study of mathematical disciplines. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* = Bulletin of Tomsk State Pedagogical University. 2015; 12 (165): 81-85. (In Russ.)

24. Yaroslavtsev V.L. Assessment of subject learning outcomes of students using the computer testing system «MyTestXpro». *Vestnik nauki i obrazovaniya* = Bulletin of science and education. 2016; 3 (15): 45-49. (In Russ.)

25. Rubtsova Ye.V. Ways to improve the test control of the formation of competencies of university students. *Karel'skiy nauchnyy zhurnal* = Karelian Scientific Journal. 2017; 6; 4 (21): 81-84. (In Russ.)

26. Shipova L.N., Frolova V.N. Programmnyy kompleks ACT-Test software package: development of test materials for assessing the theoretical training of students in the ACT system. *Nizhegorodskoye obrazovaniye* = Nizhny Novgorod Education. 2017; 3: 62-66. (In Russ.)

27. Abushkin D.B., Selezneva N.N. The use of Google cloud services for the organization of student knowledge testing. *Vestnik Moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo universiteta. Seriya: informatika i informatizatsiya obrazovaniya* = Bulletin of the Moscow City Pedagogical University. Series: informatics and informatization of education. 2015; 4: 38-46. (In Russ.)

28. Shaverskaya O.N. Use of Google applications in the work of a teacher. *Vestnik Moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo universiteta. Seriya: informatika i informatizatsiya obrazovaniya* = Bulletin of the Moscow City Pedagogical University. Series: informatics and informatization of education. 2016; 4: 44-49. (In Russ.)

29. Luchenetskaya-Burdina I.YU., Fedotova A. A Control of students' knowledge in the e-learning system. Yaroslavskiy pedagogicheskiy vestnik = Yaroslavl Pedagogical Bulletin. 2017; 3: 131-135. (In Russ.)

30. Shurygin V.YU. Organization of test control of students' knowledge by means of LMS Moodle. Baltiyskiy gumanitarnyy zhurnal = Baltic Humanitarian Journal. 2017; 6; 1: 172-174. (In Russ.)

31. Makukha L.V., Selezova A.A., Sidorov A.YU.

Results of the application of the interactive method of knowledge testing in e-learning. Vestnik KGPU im. V.P. Astaf'yeva = Bulletin of KSPU im. V.P. Astafieva. 2017; 2: 78-84. (In Russ.)

32. Bulgakov V.V. Application of information and telecommunication technologies in the modern educational process when implementing the game form of training and control of theoretical knowledge of cadets. Professional'noye obrazovaniye v Rossii i za rubezhom = Vocational education in Russia and abroad. 2018; 2 (30): 100-106. (In Russ.)

Сведения об авторах

Владислав Васильевич Булгаков

*Ивановская пожарно-спасательная академия
Государственной противопожарной службы
Министерства Российской Федерации по делам
гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям
и ликвидации последствий стихийных бедствий,
Иваново, Россия*

Эл. почта: vbulgakov@rambler.ru

Information about the authors

Vladislav V. Bulgakov

*Ivanovo Fire and Rescue Academy of the State Fire
Service of the Ministry of the Russian Federation
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of
Consequences of Natural Disasters,
Ivanovo, Russia*

E-mail: vbulgakov@rambler.ru

Проектирование компетентностной модели выпускника как средство оценки качества обучения

Цель исследования. На современном этапе развития общества особенно актуальной является задача повышения процесса качества образования и основным инструментом её решения является внедрение в образовательный процесс новых федеральных образовательных стандартов. Сформированные в процессе обучения компетенции, и связанные с ними знания, умения и навыки с учетом социально-личностных качеств обучающихся являются основными компонентами разрабатываемой компетентностной модели выпускника на базе новых образовательных стандартов высшего образования. Поэтому, основной целью исследования является разработка методики оценки уровня сформированности компетенций обучающихся с учетом социально-личностных качеств в рамках разрабатываемой компетентностной модели выпускника.

Материалы и методы. Для решения поставленной цели исследования была разработана методика оценки сформированности компетенций обучающихся в рамках разрабатываемой компетентностной модели выпускника. Формирование данной методики основывается на проектировании компетентностно-дисциплинарной модели, которая отражает взаимосвязь компетентностной модели выпускника и соответствующей образовательной программы. В настоящее время не разработана объективная модель, которая определяет уровень сложности заданий для каждого обучающегося, поэтому в действительности используются приближенные методы, к которым относится и адаптивное тестирование. В проектируемой модели применяется метод адаптивного тестирования, основывающийся на теории тестовых заданий: если обучающийся верно отвечает на полученное задание, то сложность следующего задания повышается, если отвечает неверно, то сложность задания снижается. При разработке компетентностно-ориентированной образовательной программы учитывается тот фактор, что обучающийся не приступает к изучению следующего предмета, до тех пор, пока не освоит в достаточной степени дисциплины,

на которых основывается следующий изучаемый предмет. Для определения необходимых межпредметных связей используем взвешенную семантическую сеть, для построения которой сформируем матрицу смежности. В формируемой матрице в качестве узлов выступают дисциплины, соединенные дугами, отражающими зависимость формируемых компетенций одной дисциплины с компетенциями последующей дисциплины.

Результаты. В результате проведенного анализа существующих методов была спроектирована модель оценки качества обучения с учетом социально-личностных качеств. Для оценки уровня сформированности компетенций был выбран метод адаптивного тестирования. Основной задачей адаптивного тестирования выступает не просто выставление оценки обучающемуся, а определение уровня его подготовки, что возможно только при подборе индивидуальных вопросов, выявляющий уровень его подготовки. Для достоверного выявления уровня сформированности социально-личностных качеств использовался полученный адаптированный вариант многофакторного опросника Р. Кетелла, в котором в качестве компонентов выступают сформированные группы личностных качеств. Разработаны алгоритмы работы адаптивного тестирования для оценки уровня компетентности обучающегося в рамках освоения учебных дисциплин, а также оценки имеющихся социально-личностных качеств обучающихся.

Заключение. Научная новизна работы заключается в разработке компетентностной модели выпускника не только с учетом оценки уровня сформированности компетенций обучающегося, но и с учетом социально-личностных качеств.

Результаты проведенного исследования актуальны и имеют практическую значимость организаций высшего образования для решения задач оценки уровня обучения в рамках компетентностного подхода.

Ключевые слова: компетентностно-дисциплинарная модель, адаптивное тестирование, компетентность, качество обучения

Elena N. Shaforostova, Anastasiya A. Valova

National University of Science and Technology MISiS, Moscow, Russia

Competence model scheming of the graduate as an assessment tool for the quality of education

Purpose of the research. At the present time of the society development, the task of process improvement of the quality of education is especially actual and the main tool of its decision is introduction in educational process of new federal educational standards. The competences formed in the course of training, and the knowledge, abilities and skills connected with them considering social and personal qualities of learners are the main components of the developed competence model of the graduate based on new educational standards of the higher education. Therefore, the main purpose of the study is to develop methods for assessing the level of formation of competencies of students considering social and personal qualities in the framework of the developed competence model of the graduate.

Materials and methods. In order to solve the research goal, the method of assessing the formation of students' competencies within the framework of the developed competence model of the graduate was developed. The formation of the methods is based on the design of the competence-disciplinary model, which reflects the relationship of the competence model of the graduate and the corresponding educational

program. Currently, there is no objective model that determines the level of complexity of tasks for each student, so in fact, approximate methods are used, which include adaptive testing. In the designed model the method of adaptive testing based on the theory of test tasks is applied. If a student correctly answers the received task, the complexity of the next task increases, if he answers incorrectly, the complexity of the task decreases. When developing a competence-based educational program a student does not begin to study the next subject, as long as he or she does not master sufficiently the discipline on which the next subject is based. To determine the necessary interdisciplinary relationships, we use a weighted semantic network, for the construction of which we form an adjacency matrix. In the formed matrix, the units are disciplines connected by arcs, which reflect the dependence of the formed competencies of one discipline with the competencies of the subsequent discipline.

Results. As a result of the analysis of existing methods, the model for assessing the quality of training with the social and personal qualities was designed. The method of adaptive testing was chosen to assess the

level of competence formation. The main task of adaptive testing is not just to assess a student knowledge, but also to determine the level of his training, which is possible only in the selection of individual questions, revealing the level of the training. For reliable identification of the formation level of social and personal qualities, the obtained adapted version of R. Ketell's multifactorial questionnaire was used, in which the components are the formed groups of personal qualities. The algorithms of adaptive testing to assess the level of competence of students in the development of academic disciplines, as well as the assessment of existing social and personal qualities of students were developed.

Conclusion. The scientific novelty of the work is to develop a competency model of a graduate not only considering the assessment of the formation level of competencies of a student, but also considering social and personal qualities.

The results of the study are relevant and have practical significance for higher education organizations to solve the problems of assessing the level of training within the competence approach.

Keywords: competence-disciplinary model, adaptive testing, competence, quality of training

Введение

В настоящее время основной задачей высших образовательных учреждений является предоставление обучающимся качественного образования. Наиболее актуальной задачей на современном этапе развития общества является повышение процесса качества образования и одним из инструментов её решения являются новые федеральные образовательные стандарты.

Проведенный анализ современных научных исследований в данной области, позволил выявить противоречие между объективно растущей потребностью в формировании критериев оценки качества процесса обучения с учетом социально-личностных качеств обучающихся и существующими методами оценки качества процесса обучения, которые направлены на формирование частных компетенций. Таким образом, проблема данного исследования заключается в выявлении критериев формирования компетенций обучающихся с учетом социально-личностных качеств.

Основной задачей исследования является разработка методов оценки формирования необходимого уровня компетенций обучающихся с учетом социально-личностных качеств. В качестве результатов освоения компетентностно-ориентированной образовательной программы рассматривается успешное освоение компетенций, установленных образовательным стандартом высшего образовательного учреждения с учетом профиля образовательной программы.

Таким образом, объектом исследования является процесс оценки формирования необходимого уровня компетенций обучающихся.

В результате решения поставленной задачи основными компонентами проектируемой компетентностно-дисциплинарной модели выпускника на базе новых образовательных стандартов высшего образования являются сформированные в процессе обучения универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции и полученные знания, умения и навыки обучающихся с учетом социально-личностных качеств обучающихся. Разработанная компетентностно-дисциплинарная модель выпускника повышает качество практически ориентированного обучения, а также дает возможность для эффективного проектирования траекторий организации учебно-образовательного процесса.

Научная новизна работы заключается в разработке

компетентностной модели выпускника не только с учетом оценки уровня сформированности компетенций обучающегося, но и с учетом социально-личностных качеств.

Результаты проведенного исследования актуальны и имеют практическую значимость организаций высшего образования для решения задач оценки уровня обучения в рамках компетентностного подхода.

Основная часть

Основной целью разрабатываемой компетентностной модели выпускника является не только повышение качества образовательного процесса, но и подготовка востребованных на рынке труда выпускников университета. Достижение поставленной цели предполагает тесное сотрудничество с потенциальными работодателями в области моделирования эффективной компетентност-

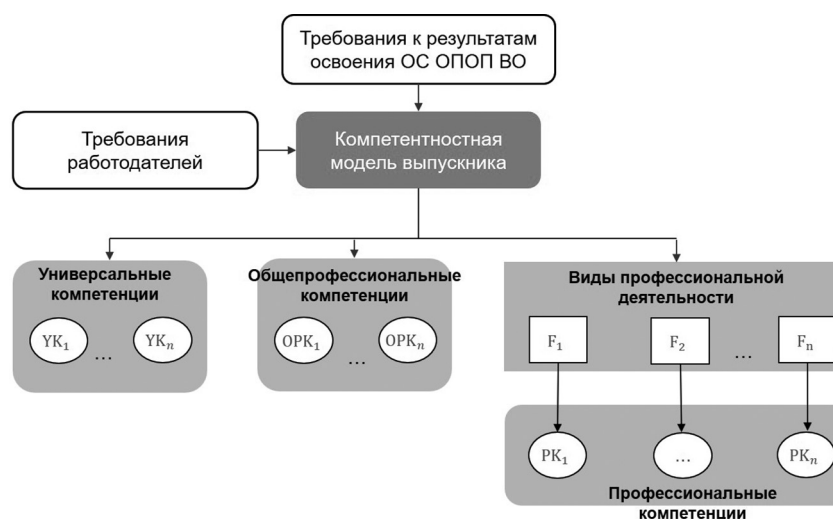


Рис. 1. Схема формирования компонент компетентностной модели выпускника

но-ориентированной образовательной программы [1].

Взаимосвязь составляющих компонент проектируемой компетентностной модели выпускника представлена на рис. 1.

Разработка компетентностной модели выпускника включает в себя следующие этапы:

- на первом этапе в соответствии с новыми образовательными стандартами высшего образования университета формируется список необходимых формируемых компетенций обучающегося в процессе обучения;

- на втором этапе составляется перечень учебных дисциплин компетентностно-ориентированной образовательной программы, которые необходимы для получения обозначенных компетенций;

- на третьем этапе формируется объективный фонд оценочных средств.

Процесс обучения, построенный на основе компетентностной модели выпускника, должен гарантировать достижение обучающимся квалификации, которая соответствует его будущей профессиональной деятельности. Основная задача внедрения компетентностной модели выпускника – обеспечение поэтапного формирования всех необходимых компетенций с учетом его социально-личностных качеств в течение всего процесса обучения и создание объективной системы контроля и оценки результатов, с учетом формирования компетенций [3].

Проведенный анализ существующих методик оценки сформированности компетенций обучающихся позволяет сделать вывод о том, что все существующие исследования не учитывают имеющиеся разнообразные факторы образовательного процесса, а преимущественно моделируют оценку итогов учебной деятельности обучающихся.

Таким образом, решение поставленной цели исследова-

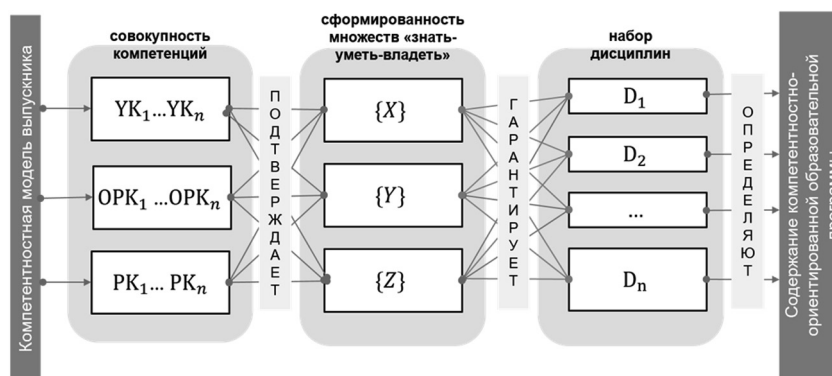


Рис. 2. Взаимосвязь проектируемой компетентностной модели выпускника и компетентностно-ориентированной образовательной программы

ния начнем с решения задачи разработки методики оценки сформированности компетенций обучающихся в рамках разрабатываемой компетентностной модели выпускника.

Формирование математической модели по оценке уровня сформированности компетенций обучающихся начнем с проектирования компетентностно-дисциплинарной модели, которая представляет связь компетентностной модели выпускника и компетентностно-ориентированной образовательной программы с учетом соответствующего образовательного стандарта [2]. Проектируемую модель представим в виде схемы, где $YK_1...YK_n$ – набор универсальных компетенций; $OPK_1...OPK_n$ – набор общепрофессиональных компетенций; $PK_1...PK_n$ – набор необходимых профессиональных компетенций; $\{X\}$, $\{Y\}$, $\{Z\}$ – множества «знания-умения-владения навыками»; $D_1...D_n$ – осваиваемые дисциплины образовательной программы (рис. 2).

Для определения межпредметных связей используем взвешенную семантическую сеть. Для формирования семантической сети, которая отражает межпредметные связи, зададим матрицу смежности, где в качестве узлов будут выступать дисциплины, которые связаны между собой дугами «предок-потомок» [4]. Матри-

ца наиболее наглядно отражает связи между дисциплинами учебного плана. В понятие «связь» представляет собой зависимость формируемых компетенций одной дисциплины с формируемыми компетенциями другой дисциплины. Пример построения семантической сети представлен на рис. 3.

В столбцах и строках матрицы семантической сети указываются дисциплины учебного плана. Преподаватели напротив своих дисциплин выставляют построчно веса тем дисциплинам, которые обладают набором компетенций, необходимых для последующего изучения дисциплины, которая указана в столбце. Оценки в диапазоне от 0 до 1, присвоенные преподавателем, является весом логической связи, где 1 – высокая степень важности сформированности компетенций дисциплины, указанной в строке, которые необходимы для успешного формирования необходимых компетенций дисциплин, указанными в столбце; 0 – отсутствие связей между учебными дисциплинами, при формировании необходимых компетенций [15]. Полученные, в результате построения матрицы смежности, весовые коэффициенты проверяются преподавателями-экспертами, которые анализируют результаты, что позволяет им далее построить семантическую сеть.



Рис. 3. Пример семантической сети для дисциплин учебного плана

Проведенный анализ существующих подходов к оценке сформированности компетенций обучающихся, а также многофакторность понятия «компетенция» позволили построить следующую математическую модель, представленную в формуле 1 [8]:

$$W_z(K_z, F_z) \rightarrow \max, \quad (1)$$

где W_z – общая оценка сформированных компетенций у z -го обучающегося; K_z – итоги адаптивного теста для z -го студента суммарной сформированности компетенций при изучении дисциплин образовательной программы; F_z – оценка сформированных социально-личностных качеств обучающегося.

При этом если значение полученной обобщенной оценки W_z превышает установленное пороговое значение, то делают вывод о достижении обучающимся достаточного уровня сформированности компетенций. Таким образом, оценка уровня сформированности компетенций обучающихся и социально-личностных качеств представляет собой поэтапный процесс получения результатов в период учебной деятельности.

В результате проведенного анализа существующих методов была спроектирована модель оценки качества обучения с учетом социально-личностных качеств. Основной зада-

чей адаптивного тестирования выступает не просто выставление оценки обучающемуся, а определение уровня его подготовки, что возможно только при подборе индивидуальных вопросов, выявляющих уровень его подготовки. Именно потребность построения тестирования с учетом индивидуализации определила выбор метода адаптивного тестирования. Построим график, отражающий зависимость сложности вопроса от уровня сформированности компетенций обучающихся (рис. 4).

На оси абсцисс отмечены номера вопросов теста (N), на оси ординат (β) – коэффициенты уровня сформированности компетенций обучающихся, которые зависят от сложности вопросов. Сложность последующего каждого вопроса определяется ответами, полученными на предыдущие задания. В результате использования данного метода, процесс тестиро-

вания остановится на соответствующем уровне сложности для каждого обучающегося [9]. Данный вариант тестирования позволяет значительно сократить количество вопросов и соответственно время самого процесса тестирования.

Таким образом, метод адаптивного тестирования состоит из набора тестовых вопросов, где сложность предложенных вопросов зависит от выбора ответа обучающегося на предыдущий вопрос. Если предыдущий ответ дан верно, то сложность последующего вопроса повышается, если ответ дан не верный, то соответственно сложность вопроса понижается. Для более точного определения уровня сформированности компетенций обучающихся имеется возможность предоставления дополнительных вопросов обучающемуся [13].

Данная модель тестирования имеет следующие пре-

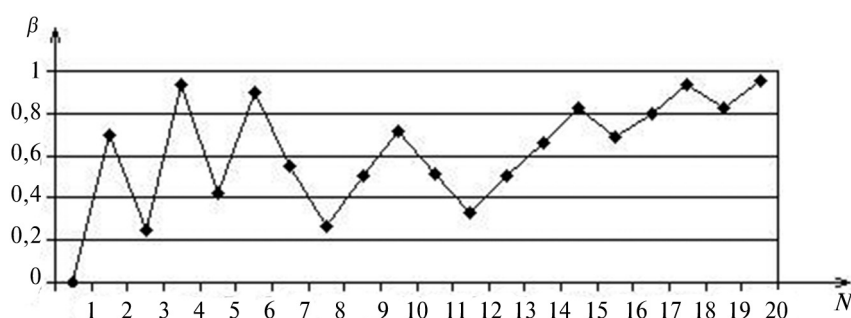


Рис. 4. Зависимость вопросов от уровня сформированных компетенций

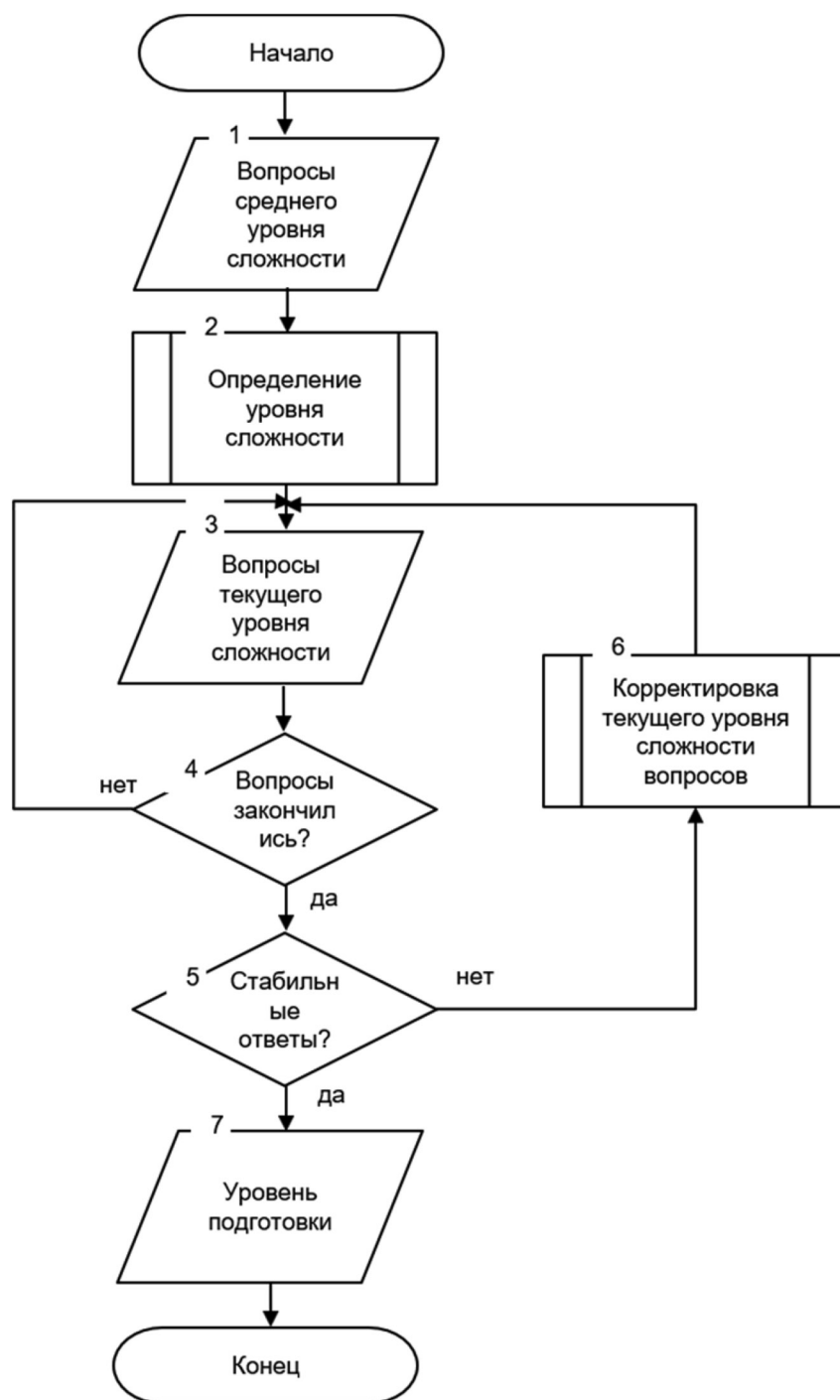


Рис. 5. Алгоритм адаптивного тестирования

имущества по сравнению с классической: более точное определение уровня подготовки; оптимальное количество необходимых вопросов; сокращение времени тестирования. Итогом работы адаптивного тестирования является выявление уровня сформированности компетенций обучающихся с учетом индивидуализации тестируемого. Отвечая, на вопросы адаптивного теста

формируется степень сложности следующего вопроса, при стабильно правильных ответах обучающегося сложность следующих вопросов остается неизменной. Адаптивное тестирование начинается с заданий среднего уровня сложности и останавливается, когда обучающийся останавливается в своих ответах на некотором постоянном уровне сложности поставленных вопросов. Раз-

работанный алгоритм адаптивного тестирования представлен на рис. 5 [15].

На первом этапе проведения адаптивного теста происходит формирование базы вопросов. Для каждой изучаемой дисциплины формируется печенье вопросов, для каждого из них определяется коэффициент сложности и перечень формируемых компетенций. Ранжирование вопросов проводится с помощью метода попарных сравнений, при этом оценочная шкала имеет следующий вид: 1 – первый вопрос сложнее, чем второй; 0 – первый вопрос легче, чем второй; 0,5 – одинаковый уровень сложности вопросов [5]. Весовой коэффициент уровня сложности вопросов рассчитывается, как отношение суммарного рейтинга вопросов к количеству заданий в сформированной базе вопросов (формула 2):

$$Y_j^{[e]} = \frac{\sum_{u=1; u \neq j}^N w_u}{N-1}, \quad (2)$$

где $Y_j^{[e]}$ – весовой коэффициент j -го вопроса от e -го эксперта; w_u – рейтинг j -го вопроса относительно u -го; N – итоговое количество вопросов в сформированной базе данных.

В итоге ранжирования вопросов получаем множество коэффициентов w_u от каждого эксперта. Используя подход теории ошибок, где утверждается, что, если выполняется нормальный закон при n измерениях одинаковой точности, то среднее арифметическое полученных результатов, является наилучшим и наиболее вероятным значением измеряемой величины, то, итоговый коэффициент сложности вопросов будем вычислять по формуле 3:

$$\gamma_j = \frac{\sum_{e=1}^E Y_j^{[e]}}{E}, \quad (3)$$

где γ_j – итоговый весовой коэффициент j -го вопроса;

$Y_j^{[e]}$ – весовой коэффициент j -го вопроса от e -го эксперта; E – количество экспертов.

Для оценки правильности ответов на вопросы используем бинарную шкалу, где 1 – верно, 0 – неверно. В нашем случае применение данной шкалы даст вероятностную оценку сформированности компетенций обучающегося, поэтому в качестве оценки правильности ответа используем также и порядковую шкалу, где за каждое выполненное задание назначается максимальное количество баллов, в нашем случае – 3 балла. За все верные выборы в одном задании выставляют 3 балла, если допущена одна ошибка – 2 балла, если допущено две ошибки – 1 балл, за полностью неверный ответ – 0 баллов [10]. Итог суммарной оценки уровня сформированности компетенций обучающихся определяется, как сумма произведения полученных баллов за ответ на коэффициент сложности вопросов (формула 4):

$$K_z = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M x_{ij}^z \times \gamma_j, \quad (4)$$

где x_{ij}^z – ответ обучающегося на j -ый вопрос, который формирует i -ую компетенцию; γ_j – итоговый весовой коэффициент j -го вопроса; M – общее количество вопросов; N – общее количество компетенций.

В результате опроса итоговые баллы выставляются определенным выбором в каждом задании, например, выбор варианта ответа или вариантов соответствия и т.д., что позволяет получить более точную индивидуальную оценку правильности ответов на предложенные вопросы адаптивного тестирования.

Эффективность и качество образования зависит не только от уровня сформированности профессиональных компетенций, но и от социально-личностных качеств обучающихся. Проведенный анализ исследований в обла-

сти качества образования подтверждают значимость формирования социальных навыков и особенностей личности, в качестве критериев оценки будущей профессиональной компетентности и получения высокого уровня качества обучения. Таким образом, для более объективного построения компетентностной модели выпускника необходимо учитывать социально-личностных качества обучающихся. Для этого проведем систематизацию существующего разнообразия социально-личностных качеств обучающихся, которые оказывают непосредственное влияние на результат обучения [6]. В основную группу входят, такие личностные качества, как интеллект, ответственность, социальная зрелость, лидерские качества, коллективизм и т.д. Основная группа содержит наиболее значимые критерии, способствующие качественному обучению и влияющему на успешность трудоустройства. В следующие группы входят дополнительные качества, направленные не только на качественное обучение, но и на адаптацию в коллективе, успешное трудоустройство и т.д. Для каждой группы критериев определяем коэффициент значимости, с помощью построения экспертами матрицы попарных сравнений [11]. Пример построения матрицы попарных сравнений представлен в таблице 1.

Таблица 1

Пример построения матрицы попарных сравнений

Группы факторов	A	B	...	N
A	0	1	...	x
B	0	0	...	x
...	...	...	...	...
N	x	x	x	x

Матрица попарных сравнений формируется выставлением в ячейках таблицы коэффи-

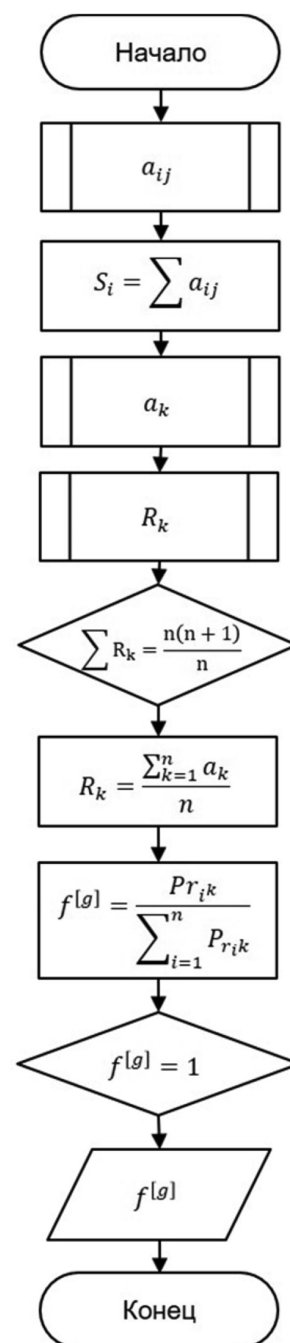


Рис. 6 Алгоритм обработки матрицы попарных сравнений

циентов следующим образом: если фактор «А» сложнее фактора «В», то коэффициент равен 1, если фактор «В» сложнее фактора «А», то коэффициент равен 0, если факторы по значимости равны – 0,5. Алгоритм обработки построенной матрицы попарных сравнений представлен на рис. 6.

Разработанный алгоритм отражает следующие действия:

1. заполнение данными матрицы попарных сравнений $\{a_{ij}\}$;

2. расчет и проверка в матрице корректности относительного рангового места R_k ;

3. вычисление процентного рангового показателя f^g , нормирование его элементов;

4. проверка полученных процентных показателей.

Для достоверной диагностики сформированности групп социально-личностных качеств используем многофакторный опросник Р. Кетелла [7], в котором в качестве факторов берутся сформированные группы личностных качеств обучающихся.

Для анализа и выявления группы сформированных социально-личностных качеств обучающихся используем модель классического тестирования обучающихся. Обучающемуся необходимо дать ответы на вопросы, позволяющие определить сформированность множества факторов, отражающих группы личностных качеств обучающихся. Разработанный алгоритм работы теста по выявлению сформированных социально-личностных качеств обучающихся на примере группы, содержащей факторы «А» представлен на рис. 7 [14].

Результатом итогов тестирования является вычисление произведения суммы баллов, которые получены обучающимися за g -ую группу факторов на установленный коэффициент значимости этой группы (формула 5):

$$F_z = \sum_{n=1}^H \sum_{g=1}^F y_n^{[g]} \times f^{[g]}, \quad (5)$$

где $y_n^{[g]}$ — ответ обучающегося на n -ый вопрос g -ой группы социально-личностных качеств; $f^{[g]}$ — установленный коэффициент значимости g -ой группы социально-личностных качеств; H — общее количество базы вопросов; F — количество групп, формирующих социально-личностные качества.

Итогом тестирования является выявление сформиро-

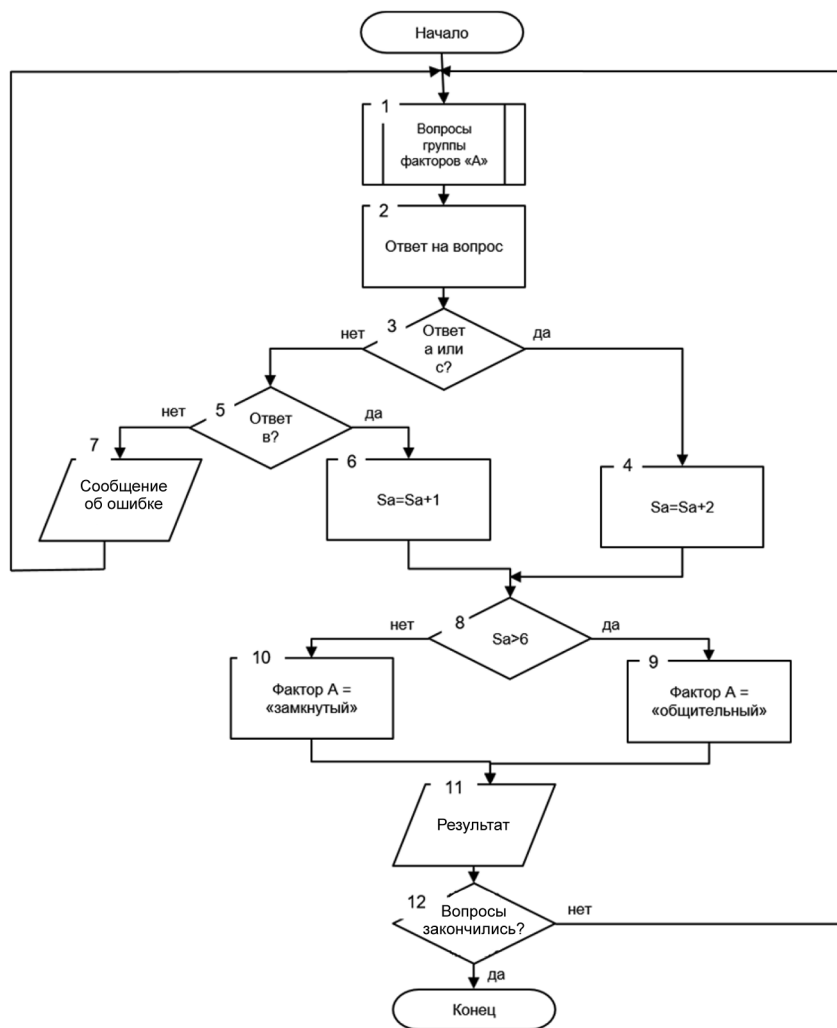


Рис. 7. Алгоритм работы тестирования на примере группы, содержащей факторы «А»

ванности личностных качеств обучающихся. За ответ на каждый вопрос теста ставятся баллы, сумма которых определяет наличие у обучающихся определенной группы социально-личностных качеств, которые сформированы по шести критериям. В результате использования методики оценки социально-личностных качеств обучающихся разработан механизм регулирования сложности вопроса, направленных на индивидуализацию проводимого тестирования.

Таким образом, для построения компетентностной модели выпускника учитывались методы оценки сформированности социально-личностных качеств обучающихся и методы адаптивного тестирования на выявление уровня сформиро-

ванности компетенций обучающихся по изучаемым дисциплинам учебного плана данного направления подготовки.

Заключение

Разработанная математическая модель позволяет определить количественные и качественные показатели сформированности компетенций обучающихся. Для решения поставленной задачи был разработан и реализован метод оценки сформированности компетенций обучающихся, а также разработаны алгоритмы работы адаптивного тестирования для оценки сформированности компетенций обучающихся и оценки сформированности социально-личностных качеств обуча-

ющихся. Научная новизна работы заключается в разработке компетентностной модели выпускника не только с учетом оценки уровня сформированности компетенций обучаю-

щегося с учетом требований работодателя, но и с учетом социально-личностных качеств обучающихся.

Результаты проведенного исследования актуальны и

имеют практическую значимость для организаций высшего образования при решении задач оценки качества обучения в рамках компетентностного подхода.

Литература

1. Dancer L.J. and Woods S.A. Higherorder factor structures and intercorrelations of the 16PF5 and FIRO-B // *International Journal of Selection and Assessment*. 2003. P. 385–91.

2. Templin J., Bradshaw L. The Use and Misuse of Psychometric Models. *Psychometrika*. 2014. 79 (2): 347–354.

3. Белоус Н. В. Модель адаптивного контроля знаний // *Радиоэлектроника, информатика, управление*. 2010. № 1. С. 39–45.

4. Герасимова И.Б., Уразбахтина Л.Р. Когнитивная модель взаимодействия преподавателя и студента в процессе обучения на основе триад // *Вестник УГАТУ*. 2012. № 3. С. 252–258.

5. Глушенко А.И. Разработка метода адаптивного управления обучением по индивидуальной образовательной траектории // *Диссертация на соискателя ученой степени к.т.н.* Москва. 2009.

6. Глушенко, А.И., Ю.И. Еременко О формализации процесса обеспечения взаимопремущественности дисциплин при разработке индивидуального учебного плана // *Сборник международной научной конференции «Сложные системы управления и менеджмент качества CCSQM'2007»*. Старый Оскол: 2007. С. 276–281.

7. Есенбаева Г.А., Какенов К.С. Оценка факторов, влияющих на качество образования в вузе // *Международный журнал экспериментального образования*. 2016. № 2. С. 241–243.

8. Иванченко И.В. Проблема повышения качества образования в вузе [Электрон. ресурс] // *Молодой ученый*. 2016. № 5.1. С. 18–22. Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/109/26315>.

9. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений 2-е изд. М.: Логос, 2003. 392с.

10. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. М.: Патент, 2004. 271 с.

11. Махныткина О.В. Моделирование и оптимизация индивидуальной траектории обучения студента: автореф. дис. канд. тех. наук: 05.13.10 Новосибирск, 2013. 23 с.

12. Наумова С.В. Модели и методы автоматизированного синтеза учебных планов высшего образования: диссертация канд. тех. наук: 05.13.18. Саратов, 2005. 126 с.

13. Николаева Д.Р. Наше мнение о создании карт компетенции (некоторые примеры и разъ-

яснения) // *Проблемы реализации компетентностного подхода российском профессиональном образовании: материалы Всероссийской научно-методической конференции*. Тюмень: 2010. С. 116–118.

14. Николаева Д.Р. Обобщенная математическая модель формирования и оценивания профессиональных компетенций // *Материалы III международной научно-практической конференции «Современные проблемы развития фундаментальных и прикладных наук*. Прага: 2016. С. 61–64.

15. Шалкина Т.Н., Николаева Д.Р. Формирование базы данных многоуровневых профессионально-ориентированных заданий как средства развития компетенций студентов в области информатики и вычислительной техники // *Мир науки, культуры, образования*. 2013. № 6 (43). С. 73–78

16. Новиков, Д.А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи. М.: МЗ-Пресс, 2004. 67с.

17. Седых И.Ю. Оценка качества обучения в современном вузе. Современная математика и концепции инновационного математического образования. М.: ООО «Издательский дом МФО». 2016. ISSN: 2412-9895.

18. Терентьева Т.В., Кулакова М.Н. Факторы, влияющие на эффективность образовательных услуг вуза в современном обществе // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 5.

19. Шафоростова Е.Н., Валова А.А. Разработка методики оценки профессиональных компетенций обучающихся. Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика. Революция в управлении: новая цифровая экономика или новый мир машин: материалы II Международного научного форума. Вып. 2. М.: Издательский дом ГУУ, 2018. 459 с. С. 265–272.

20. Шафоростова Е.Н., Валова А.А. Формирование компетентностной модели выпускника с учетом требований работодателя. Интеграция научно-методической работы и системы повышения квалификации кадров // *Материалы XX Международной научно-практической конференции*. 2018. С. 109–114.

References

1. Dancer L.J. and Woods S.A. Higherorder factor structures and intercorrelations of the 16PF5 and FIRO-B. *International Journal of Selection and Assessment*. 2003; 85-91.
2. Templin J., Bradshaw L. The Use and Misuse of Psychometric Models. *Psychometrika*. 2014; 79 (2): 347-354.
3. Belous N. V. Model of adaptive knowledge control. *Radioelektronika, informatika, upravleniye* = *Radioelectronics, informatics, management*. 2010; 1: 39- 45. (In Russ.)
4. Gerasimova I.B., Urazbakhtina L.R. Cognitive model of interaction between teacher and student in the process of learning based on triads. *Vestnik UGATU* = *Bulletin of USATU*. 2012; 3: 252-258. (In Russ.)
5. Glushchenko A.I. Development of a method of adaptive management of learning on an individual educational path. *Dissertatsiya na soiskatelya uchenoy stepeni k.t.n.* = *Thesis for a degree candidate Ph.D.* Moscow. 2009. (In Russ.)
6. Glushchenko, A.I., YU.I. Yeremenko On the formalization of the process of ensuring the succession of disciplines in the development of an individual curriculum. *Sbornik mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Slozhnyye sistemy upravleniya i menedzhment kachestva CCSQM'2007»* = *Collection of the international scientific conference «Complex management systems and quality management CCSQM'2007»*. *Staryy Oskol*; 2007: 276-281. (In Russ.)
7. Yesenbayeva G.A., Kakenov K.S. Assessment of factors affecting the quality of education at the university. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya* = *International Journal of Experimental Education*. 2016; 2: 241-243. (In Russ.)
8. Ivanchenko I.V. The problem of improving the quality of education at the university [Internet]. *Molodoy uchenyy* = *Young scientist*. 2016; 5; 1: 18-22. Available from: <https://moluch.ru/archive/109/26315>. (In Russ.)
9. Larichev O.I. *Teoriya i metody prinyatiya resheniy 2-ye izd* = *Theory and Decision Making Methods 2nd ed.* Moscow: Logos; 2003. 392 p. (In Russ.)
10. Litvak B.G. *Ekspertnyye otsenki i prinyatiye resheniy* = *Expert judgment and decision making*. Moscow: Patent; 2004. 271p. (In Russ.)
11. Makhnytkina O.V. *Modelirovaniye i optimizatsiya individual'noy trayektorii obucheniya studenta: avtoref. dip. kand. tekhn. nauk: 05.13.10* = *Modeling and optimization of an individual student learning path: abstract. dis. Cand. Eng. Sciences: 05.13.10*. Novosibirsk. 2013. 23 p. (In Russ.)
12. Naumova S.V. *Modeli i metody avtomatizirovannogo sinteza uchebnykh planov vysshego obrazovaniya: dissertatsiya kand. tekhn. nauk: 05.13.18.* = *Models and methods of automated synthesis of higher education curricula: dis. Cand. Eng. Sciences: 05.13.18*. Saratov. 2005. 126p. (In Russ.)
13. Nikolayeva D.R. Our opinion on the creation of competency maps (some examples and explanations). *Problemy realizatsii kompetentnostnogo podkhoda rossiyskom professional'nom obrazovanii: materialy Vserossiyskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii* = *Problems of implementing the competency-based approach to Russian vocational education: materials of the All-Russian Scientific and Methodological Conference*. Tyumen': 2010: 116-118. (In Russ.)
14. Nikolayeva D.R. A generalized mathematical model of the formation and assessment of professional competencies. *Materialy III mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii Sovremennyye problemy razvitiya fundamental'nykh i prikladnykh nauk* = *Materials of the III international scientific and practical conference Modern problems of the development of fundamental and applied sciences*. Prague: 2016: 61-64.
15. Shalkina T.N., Nikolayeva D.R. Formation of a database of multilevel professionally oriented tasks as a means of developing students' competencies in the field of computer science and computer technology. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* = *World of Science, Culture, Education*. 2013; 6 (43): 73-78 (In Russ.)
16. Novikov, D.A. *Statisticheskiye metody v pedagogicheskikh issledovaniyakh (tipovyye sluchai)*. = *Statistical methods in pedagogical research (typical cases)* Moscow: MZ-Press; 2004. 67p. (In Russ.)
17. Sedykh I.YU. *Otsenka kachestva obucheniya v sovremennom vuze. Sovremennaya matematika i kontseptsii innovatsionnogo matematicheskogo obrazovaniya* = *Assessment of the quality of education in a modern university. Modern mathematics and concepts of innovative mathematical education*. Moscow: LLC «Publishing House MFI»; 2016. ISSN: 2412-9895. (In Russ.)
18. Terent'yeva T.V., Kulakova M.N. Factors affecting the effectiveness of educational services of a university in modern society. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* = *Modern problems of science and education*. 2012; 5. (In Russ.)
19. Shaforostova Ye.N., Valova A.A. Development of a methodology for assessing the professional competencies of students. *Shag v budushcheye: iskusstvennyy intellekt i tsifrovaya ekonomika. Revolyutsiya v upravlenii: novaya tsifrovaya ekonomika ili novyy mir mashin: materialy II Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma. Vyp. 2.* = *Step into the future: artificial intelligence and the digital economy. A revolution in management: a new digital economy or a new world of machines: proceedings of the II International Scientific Forum. Vol. 2*. Moscow: GUU Publishing House; 2018: 459 p. p. 265-272. (In Russ.)
20. Shaforostova Ye.N., Valova A.A. Formation of the competency model of the graduate taking into account the requirements of the employer. Integration of scientific and methodological work and a system of advanced training of personnel. *Materialy XX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* = *Materials of the XX International Scientific and Practical Conference*. 2018: 109-114. (In Russ.)

Сведения об авторах**Елена Николаевна Шафоростова***к.п.н., доцент**Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»,
Москва, Россия**Эл. почта: shaf-elena@yandex.ru***Анастасия Александровна Валова***инженер**Национальный исследовательский
технологический университет «МИСиС»,
Москва, Россия**Эл. почта: sunshine_0803@mail.ru***Information about the authors****Elena N. Shaforostova***Cand. Sci. (Pedagogy), Associate Professor**National University of Science and Technology
MISiS,
Moscow, Russia**E-mail: shaf-elena@yandex.ru***Anastasiya A. Valova***Engineer**National University of Science and Technology
MISiS,
Moscow, Russia**E-mail: sunshine_0803@mail.ru*

Идентификация структуры биоинформационных технологий в парадигме качества информационных систем

Цель исследования. Целью исследования является анализ условий эффективного преподавания биоинформационных технологий в парадигме качества информационных систем с применением электронно-образовательных средств, а также компетентно-деятельностного подхода в учебном процессе вуза. Актуальность темы определяется необходимостью развития качества учебного процесса и улучшению качества подготовки специалистов в области информационных технологий и систем. Предметом исследования является идентификация и анализ свойств структуры биоинформационных технологий в контексте обеспечения качества преподавания информационных технологий и систем. Объектом исследования выбран процесс подготовки бакалавров по направлению «бизнес-информатика», направленность «Прикладная информатика в гуманитарной сфере», магистров по направлению «Прикладная информатика», направленность: «Управление данными и знаниями в компьютерных сетях».

Материалы и методы исследования. В статье выполнен анализ свойств биоинформационных технологий. Изложены материалы применения электронно-образовательных ресурсов в учебном процессе в аспекте компетентно-деятельностного подхода в улучшении профессиональных компетенций студентов. В работе использован набор методов исследования в рамках методологии биоинформационных технологий. Выполнен комплекс концептуальных, формализованных и компьютерных моделей, в частности, структурно-параметрический синтез. Метод реализован посредством построения модулей, нацеленных на выполнение последовательного распознавания свойств биоинформационных технологий.

Результаты. По результатам выполненных исследований установлена эффективность анализа свойств биоинформационных технологий в парадигме качества информационных систем и улучшения образовательного процесса по комплексу

информационных дисциплин. Включение класса биоинформационных технологий в образовательный процесс расширяет и уточняет парадигму качества информационных технологий и систем и методологию их развития. Данное условие улучшает представление компетентно-деятельностного подхода с учетом перспективных требований к подготовке специалистов.

Заключение. Эффективность подготовки ИТ-специалистов в вузах страны в значительной мере зависит от необходимости рассмотрения в образовательном процессе широкого класса информационных технологий. В этой связи следует констатировать о недостаточном внимании к биоинформационным технологиям. Особую значимость в развитии компетентно-деятельностного подхода составляет условие рассмотрения свойств биоинформационных технологий в парадигме качества информационных систем. Возникает необходимость решения задач идентификации свойств биоинформационных технологий и их последующего синтеза с позиций требований, предъявляемых к качеству информационных систем. Решение задач выполняется на основе структурно-параметрического синтеза биоинформационных технологий. Синтез выполняется посредством реализации структурных модулей системы синтеза. Такой подход обеспечивает активизацию работы студентов по освоению профессиональных компетенций, улучшить успеваемость, уровень качества курсовых и выпускных квалификационных работ с учетом перспективных требований к качеству подготовки ИТ-специалистов в Институте информационных технологий и безопасности Российского государственного гуманитарного университета.

Ключевые слова: биоинформационные технологии, идентификация структуры, измерение и оценка качества, технология функционирования, методология биоинформационных технологий

Georgy N. Isaev, Andrey A. Roganov

Russian State University for the Humanities, Moscow, Russia

Identification of the structure of bioinformation technologies in the paradigm of the quality of information systems

Purpose of the study. The purpose of the study is to analyze the conditions for the effective teaching of bioinformation technologies in the paradigm of the quality of information systems using electronic educational tools, as well as the competence-activity approach in the educational process of the university. The relevance of the topic is determined by the need to develop the quality of the educational process and improve the quality of training of specialists in the field of information technologies and systems. The subject of the study is the identification and analysis of the properties of the structure of bioinformation technologies in the context of ensuring the quality of teaching information technologies and systems. The object of the study was the process of preparing bachelors in the direction of "Business Informatics", focusing on "Applied Informatics in the Humanitarian Sphere", masters in the direction of "Applied Informatics", focusing on: "Data and Knowledge Management in Computer Networks".

Materials and Research Methods. The article analyzes the properties of bioinformation technologies. The materials of the use of electronic educational resources in the educational process in the aspect of the competence-activity approach in improving the professional competencies of students are presented. The work used a set of research methods in the framework of the methodology of bioinformation technologies. A complex of conceptual, formalized and computer models has been completed, in particular, structural and parametric synthesis. The method is implemented by constructing modules aimed at performing consistent recognition of the properties of bioinformation technologies.

Results. Based on the results of the studies, the effectiveness of the analysis of the properties of bioinformation technologies in the quality paradigm of information systems and the improvement of the educational process in a set of information disciplines has been specified. The inclusion of a class of bioinformation technologies in the educational process expands and refines the quality paradigm

of information technologies and systems and the methodology for their development. This condition improves the representation of the competency-based approach, taking into account the prospective requirements for the training of specialists.

Conclusion. The effectiveness of training IT specialists at universities in the country largely depends on the need to consider a wide class of information technologies in the educational process. In this regard, it should be noted that insufficient attention is paid to bioinformation technologies. The condition for considering the properties of bioinformation technologies in the quality paradigm of information systems is of particular importance in the development of the competence-activity approach. There is a need to solve the problems of identifying the properties of bioinformation technologies and their subsequent synthesis from the standpoint of the requirements for

the quality of information systems. Problem solving is based on the structural and parametric synthesis of bioinformation technologies. Synthesis is performed through the implementation of the structural modules of the synthesis system. This approach ensures the activation of students' work on the development of professional competencies, to improve academic performance, the level of quality of term and graduate qualification final projects, taking into account promising requirements for the quality of training of IT specialists at the Institute of Information Technology and Security of the Russian State Humanitarian University.

Keywords: bioinformation technologies, structure identification, quality measurement and assessment, functioning technology, bioinformation technology methods

Введение

Развитие парадигмы качества информационных систем (ИС) невозможно без учета максимального спектра видов информационных технологий и систем [1]. В этом плане представляет особую актуальность идентификация биоинформационных технологий (БИТ), особенно в части методологии построения их структуры и технологии функционирования. Особую актуальность этот и другие вопросы биоинформационных технологий имеют в организации преподавания в вузах биоинформатики, в частности, при разработке учебных планов, программ учебных дисциплин, определенных видов учебно-методической документации.

Следует отметить, что в настоящее время уже имеется определенный теоретический и практический арсенал методов и средств решения задач в области биоинформационных технологий. В работе В.А. Хачатряна рассмотрены задачи выявления биоинформационных возможностей обновления человеческого организма на биоинформационном уровне [2]. В работе [3] рассмотрены вопросы, относящиеся к системному представлению биоинформатики. Биоинформатика рассматривается как эффективный метод в решении определенного класса научных задач [4]. Биоинформационный анализ белковых сетей применяется для эксперимен-

тальных решений биологов [5]. В контексте биоинформатики для обоснования решений имеются работы В.Д. Лахно по созданию биологической математики [6,7]. При наличии достаточного исходного материала по теории и практики рассматриваются пути развития и перспективы биоинформатики [8]. Рассматриваются подходы к решению задач экологического пространства с позиций биоинформационных технологий [8]. С целью унификации доступа к информационным ресурсам в области биоинформатики разрабатываются специальные системы генерации web-сервисов [10].

Особую значимость в проблематике биоинформационных технологий представляют исследования в области генетики [11–14]. Специфические задачи всегда были интересны для исследователей своей оригинальностью. Одно из подобных явлений – перекрывающиеся гены, открытые в 1976 году, становятся объектом применения математических методов в исследованиях. Главная задача состояла в анализе потенциала генетического кода. По результатам решения задачи выявлено в структуре генетического кода неизвестное свойство генетического кода. Изучение этого свойства обусловило создание нового способа идентификации общего свойства всех известных в настоящее время природных кодов. В статье М.А. Каменской рассмотрены вопросы

задействования биоинформатики в общем цикле информационных дисциплин учебных планов вузов. [15].

Несмотря на широкий спектр имеющихся работ, рассматривающих методы, средства и технологии биоинформатики, в частности, вопросы биоинформационных технологий, отсутствует рассмотрение задач относительно методологии идентификации структуры биоинформационных технологий в контексте требований к ним со стороны качества информационных систем, как одному из значимых аспектов улучшения качества преподавания информационных технологий и систем в вузах страны.

Целью данной статьи является рассмотрение подхода к методологии идентификации структуры биоинформационных технологий в парадигме качества информационных систем, как одному из актуальных вопросов в образовательной, научной и практической деятельности.

Методология идентификации структуры биоинформационных технологий должна учитывать принципы создания, эксплуатации и развития биоинформационных технологий, логику их организации, методы и средства решения задач биоинформационных технологий и др. При данном условии возможно эффективное решение задач биоинформационных технологий. Кроме того, подобный подход может обеспечить выделение спец-

и физических свойств биоинформационных технологий и адекватное представление их структуры.

Методологические аспекты идентификации структуры биоинформационных технологий

Эффективность решения задач по созданию биоинформационных технологий и их компонентов в методологическом плане в значительной мере определяется принятием и обозначением парадигмы биоинформационных технологий в контексте качества информационных систем (рис.1).

С позиций качества биоинформационных технологий и информационных систем парадигма представляет собой сложную многоуровневую иерархическую систему соподчиненных категорий. К примеру, понятийный аппарат имеет подкатегории общих и частных понятий, условия и методику формирования и др. Структура

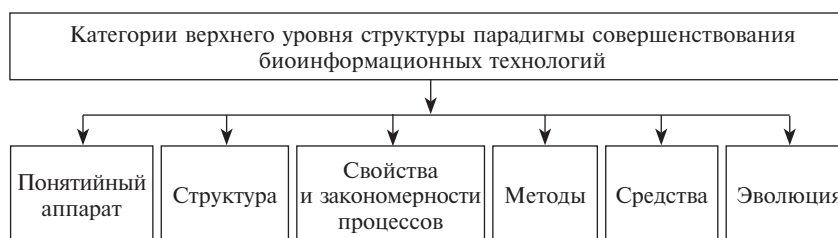


Рис.1. Структура парадигмы биоинформационных технологий

ра биоинформационных технологий включает в себя подкатегории обеспечивающей и функциональной частей, каждая из этих частей имеет свои подкатегории, компоненты. Свойства биоинформационных технологий включают такие подкатегории как-то: семантические, синтаксические, прагматические. Относительно закономерностей процессов необходимо предусматривать действие теоретических, динамических и статистических законов. Определенную значимость в общем комплексе задач имеет эволюция биоинформационных технологий. В эволюции рассматриваются,

в основном две подкатегории — генезис и развитие биоинформационных технологий. В рамках генезиса предусматривается идентификация внутренних и внешних причин возникновения биоинформационных технологий. Относительно эволюции анализу подлежат задачи системного, функционального, структурно-параметрического развития и др.

Такие категории парадигмы как-то методы и средства в определенной мере пересекаются с методологией совершенствования биоинформационных технологий, структуру которой можно ото-



Рис.2. Структура методологии совершенствования биоинформационных технологий

бразить основными компонентами — принципы, логика организации, методы и средства биоинформационных технологий (рис. 2).

С позиций системного подхода следует учитывать полноту состава компонентов, универсальные и специфические принципы построения изучаемых объектов [16]. К универсальным принципам создания, эксплуатации и развития биоинформационных технологий можно отнести довольно широкий набор, прежде всего, это принципы адекватности, полноты, системности, развития, самоорганизации и др.. Укажем вкратце содержание некоторых указанных здесь принципов.

Принцип адекватности означает, прежде всего, необходимость достоверного отображения процессов по проектированию структуры биоинформационных технологий. В значительной мере это относится к построению системы обработки данных и реализации эффективной системы контроля достоверности данных на всех этапах разработки, эксплуатации и развития структурных компонентов биоинформационных технологий. Принцип системности предполагает рассмотрение структурных компонентов биоинформационных технологий и способы их взаимосвязи на внутреннем и внешнем уровнях. На внутреннем уровне рассматривается многообразие связей между компонентами биоинформационных технологий. Особое внимание должно уделяться вопросам совместимости частей структуры, обеспечения целостности, функциональной устойчивости структуры биоинформационных технологий. На внешнем уровне необходимо рассматривать формы и способы взаимосвязи с вышестоящими и равностоящими системами. Четко обусловленные взаимосвязи являются залогом эффек-

тивного функционирования биоинформационных технологий в общей системе управления. Принцип самоорганизации направлен на улучшение свойств и функционирование структуры биоинформационных технологий. Необходимо предусмотреть способность биоинформационных технологий к самоанализу отклонений от заданной программы функционирования и адекватной коррекции заданной программы.

Определенную сложность имеет идентификация специфических принципов биоинформационных технологий. Например, принцип эффективности с позиций качества функционирования биоинформационных технологий будет значительно отличаться по методике реализации этого принципа. Это относится, прежде всего, к объекту регистрации (сканирования) информации. Для данного класса информационных технологий сканирование и последующая обработка данных выполняется по свойствам биологических видов — людей, животных, насекомых [17]. Для определения методики измерения этих свойств необходимы специальные приборы, шкалы, формулы и алгоритмы по измерению и выполнению расчетов эффективности. Относительно принципа формализации следует отметить следующее. В рамках, например, моделирования структуры биоинформационных технологий имеется значительное различие между методами и средствами моделирования биологических видов и объектов «неживой» природы — зданий, оборудования, финансов и др.

Логика организации и выполнения задач относительно структуры биоинформационных технологий предусматривает решение следующих компонентов: целеориентирование, задачи, функции, структура, технология функциони-

рования, критерии, нормы, правила. Относительно структуры необходимо обозначить обеспечивающую и функциональную части структуры, предусмотренных нормативными документами [18]. Кроме того, следует определить методы и средства в арсенале методологии идентификации структурных компонентов биоинформационных технологий. Относительно методов решения задач биоинформационных технологий может быть применен широкий набор методических средств. Метод моделирования в задачах развития биоинформационных систем потенциально предусматривает задействование дескриптивных формальных и экспериментальных методов. К дескриптивным методам относятся анализ и синтез, классификация, индукция и дедукция, структурно-параметрический синтез и др. Формальные методы включают графические и математические методы. Последние, в свою очередь, могут базироваться на средствах математической логики, теории множеств, теории массового обслуживания, теории графов, математической статистики и др. Относительно математической статистики могут быть применены следующие виды анализа статистических данных — корреляционный, факторный, регрессионный, кластер-анализ и др. В части экспериментальных методов могут применяться системные и частные физические и машинные модели (реализация посредством ЭВМ) совершенствования биоинформационных технологий.

Одним из эффективных методов исследования и развития биоинформационных технологий представляется метод структурно-параметрического синтеза [1]. С учетом сущности биоинформационных технологий и методологических условий построим обобщен-

ную схему синтеза систем биоинформационных технологий (рис. 3). Синтез систем биоинформационных технологий можно представить совокупностью модулей. Каждый модуль реализует определенный уровень синтеза. Первый уровень представляет собой модуль идентификации структуры биоинформационных технологий.

Идентификация может быть выполнена заданием морфологического множества, в частности, классификацией в виде рисунка или таблицы. Морфологическое множество можно упорядочить различными способами, создавая системы классификационных признаков. Этот модуль идентифицирует структуру биоинформационных технологий, но не обеспечивает получение его спецификации.

Второй модуль является отображением морфологического множества уровня спецификации и содержит специ-

фикации различных структур рассматриваемого систем биоинформационных технологий. Применив в задаче синтеза первый модуль, можно идентифицировать биоинформационные технологии, определив значения его классификационных признаков. Но такая модель не содержит параметрическую информацию о структуре идентифицированной системы биоинформационных технологий. Для формирования структуры биоинформационных технологий необходим набор базовых параметризованных моделей, представляющий собой множество спецификаций базовых структур. По условию соединения 1-го модуля с набором параметризованных моделей, а также компиляции — задания и реализации правил генерации спецификации биоинформационных технологий по идентификатору биоинформационной технологии, может быть получена модель на новом

уровне синтеза. Модель содержит необходимую информацию о морфологическом множестве и позволяет получить спецификацию структуры соответствующей системы биоинформационных технологий.

Третий модуль представляет уровень имитации или универсальных моделей. В этом модуле модель морфологического множества дополнена функциональной моделью. В решении задач биоинформационных технологий, кроме возможности формирования структуры, должна быть обеспечена возможность формирования системы уравнений, описывающей процессы биоинформационных технологий. Таким образом, в схеме синтеза должен быть предусмотрен уровень, который бы обеспечивал не только всесторонний анализ структуры биоинформационных технологий, но и функциональный. Такая модель будет обобщенной моделью биоинформационных технологий, имитирующей функционирование системы биоинформационных технологий с применением средств компьютерного моделирования.

Третий модуль должен обеспечивать всесторонний анализ различных систем биоинформационных технологий. Однако структурно-параметрический синтез биоинформационных технологий будет возможен при условии модуля, обеспечивающего такой алгоритм. Поскольку пока отсутствуют универсальные алгоритмы, позволяющие проводить такой синтез, поэтому целесообразно использовать различные решения других предметных областей. При условии обогащения третьего модуля знаниями задания на синтез и решениями, применяемыми при проектировании систем биоинформационных технологий, то получим четвертый модуль.

Четвертый модуль реализует процессы интеграции и

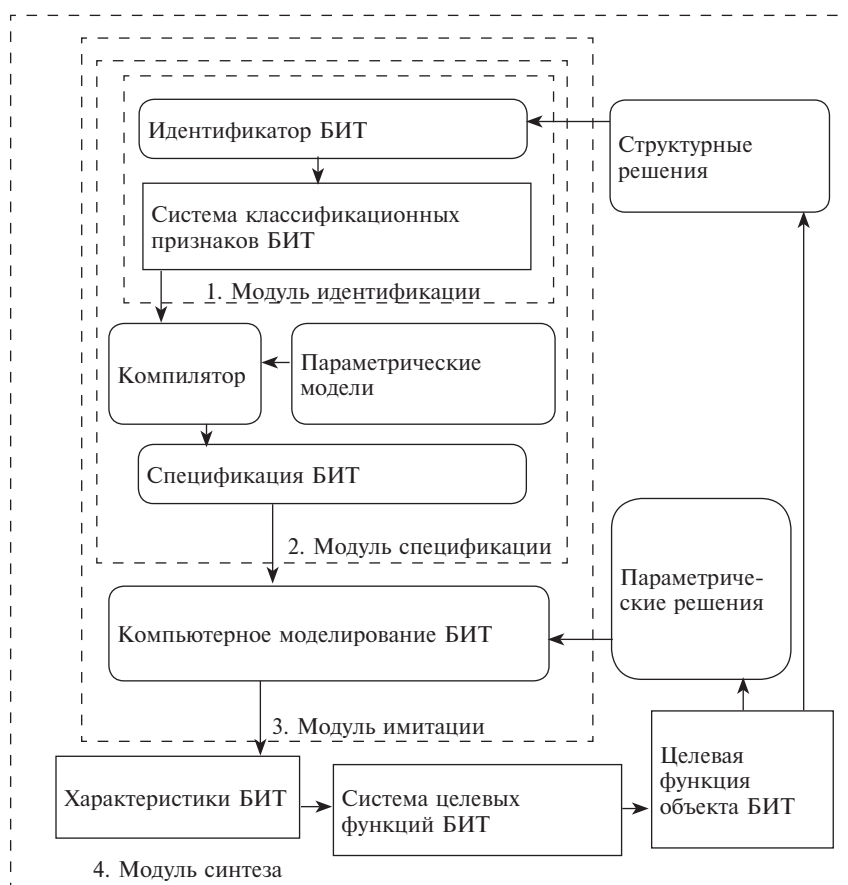


Рис. 3. Обобщённая схема структурно-параметрического синтеза биоинформационных технологий

применяет эвристики, как общие, относящиеся к определенному виду систем биоинформационных технологий, так и специфические, для конкретных систем. В соответствии с этой схемой каждый модуль более высокого уровня иерархии включает в себя все модули более низких уровней. В совокупности эти модули должны обеспечивать условия реализации методологии в решении задач создания и развития систем биоинформационных технологий. Этот модуль представляет собой обобщающую модель, дополненную алгоритмом синтеза. Необходимо, чтобы модель отражала полную и достоверную информацию по предметной области биоинформационных технологий.

Идентификация структуры биоинформационных технологий

При построении структуры биоинформационных технологий необходимо четкое определение свойств управляемого объекта. Это нужно, прежде всего, для решения задач по коррекции управляемых биообъектов, например, построения схем самоорганизации систем с учетом организации жизнедеятельности муравьиного социума [17], разработки методики лечения людей посредством пчелиного биополя [18] и др.

Идентификация назначения биоинформационных технологий составляет принципиальный структурный компонент, который в свою очередь состоит из следующих частей — целеориентирование, задачи и функции биоинформационных технологий. Под целеориентированием можно понимать мыслительное предвосхищение ожидаемого результата от функционирования биоинформационных технологий. Целеориентирование формируется на стадии про-

ектирования биоинформационных технологий. Оно в значительной мере обуславливает последующие формулировки и коррекции целей на этапе эксплуатации и развития качества биоинформационных технологий. Формулирование цели биоинформационных технологий предусматривает необходимые признаки, прежде всего, наименование необходимого результата, сроки его достижения, исполнителей, а в некоторых случаях и ресурсное обеспечение для достижения цели. Для более четкого целеориентирования биоинформационных технологий могут быть использованы соответствующие методы, например, «дерево целей», «матрица целей» и др. Они дают возможность достичь лучшего качества в построении, эксплуатации и совершенствовании биоинформационных технологий.

В соответствии с установленными целями формируются задачи биоинформационных технологий. Они могут быть универсальными и специальными. К универсальным задачам можно отнести: обработка данных о свойствах биообъектов и выдача их специалисту для анализа и принятия решения, например, по коррекции лечения, минимизации ресурсов функционирования биоинформационных технологий, улучшению качества информационной культуры в решении задач специалистов и др. Состав специальных задач определяется внешними и внутренними факторами и условиями, влияющими на функционирование биоинформационных технологий, например, класс управляемых биообъектов, пространство и время функционирования биоинформационных технологий, уровень новизны технологии обработки данных, квалификация персонала и др.

На основе структурирования задач может быть опре-

делен состав функций биоинформационных технологий. Функции можно представить двумя классами: информационно-технологические и организационно-управленческие функции. К первому классу относятся функции сбора, регистрации, обработки, поиска, коррекции, хранения, выдачи результатной информации специалистам и др. Ко второму классу можно отнести функции прогнозирования и планирования, учета, анализа, контроля, нормирования и др. Так, например, функция нормирования обеспечивает работы по расчету нормативов, с целью рационального расходования ресурсов.

С системных позиций собственно структура биоинформационных технологий может быть представлена двумя компонентами: обеспечивающей и функциональной частями структуры [18]. В рамках обеспечивающей части, как базиса функционирования биоинформационных технологий, необходимо предусматривать следующие структурные подсистемы: информационное, техническое, программно-математическое и организационно-правовое обеспечение.

В составе подсистемы информационного обеспечения биоинформационных технологий следует учитывать базы данных, на последующих этапах развития — базы знаний, систему показателей, отражающих свойства управляемых биообъектов, например, показатель равновесия при изучении функций мозжечка [17], лингвистические средства, методики индексирования документов и запросов и др.

В рамках технического обеспечения в аспекте перспектив развития биоинформационных технологий необходимо учитывать возможность задействования широкой номенклатуры вычислительных средств и периферийных устройств. Кроме того, специфика биообъектов

может обусловить применение специальных приборов и методов измерения и оценки свойств биообъектов, например, при апитерапии дозировки так называемого иммунного меда [19].

Программно-математическое обеспечение биоинформационных технологий включает общепринятый набор программ, обеспечивающий функциональную устойчивость биоинформационных технологий, так и специфические программы, обусловленные конкретным видом биоинформационных технологий, например, компьютерная автоматизированная система кинетической электропунктурной диагностики (КАСКЭД), разработанный в соответствии с требованиями Минздрава РФ [17]. Относительно организационно-правового обеспечения учитываются статус лицензирования продукта, технологические инструкции пользователю, например, что и как выполнять по методике лечения, способы и средства регистрации данных по протоколу лечения пациента и др.

В состав функциональной части с позиций логики организации должны быть включены компоненты, отвечающие за решение функций биоинформационных технологий. Это, прежде всего, информационно-технологические функции, обеспечивающие процессы преобразования данных биологических объектов, а также организационно-управленческие, для решения задач специалистов по созданию, эксплуатации и развитию биоинформационных технологий. Разумеется, каждая из указанных подсистем структуры биоинформационных технологий будет иметь свои специфические оттенки, прежде всего, определяемых характером управляемых биообъектов. Следует отметить, что принципиальная схема функционирования биоинформационных

технологий будет мало отличаться от подобных схем информационных технологий и систем других классов. Вместе с тем, эта схема может иметь и свои специфические отличия от иных видов информационных технологий.

Специфичность функционирования биоинформационных технологий, прежде всего, в обработке данных обуславливается применяемыми методами и средствами воздействия на биосистемы, как объекты управления в решении задач специалистов. В так называемой альтернативной медицине, например, восточной (китайской и тибетской) используют гомеопатию, набор методов акупунктуры и др. Для диагностики состояния биообъектов используются метод измерения функциональности меридианов [20]. Здесь по результатам технического измерения для лечения выбирается меридиан, с точкой наименьшего электрического сопротивления биообъекта. Довольно широкое распространение получил метод, реализованный посредством вышеуказанной компьютерной диагностики КАСКЭД [17]. В данном методе измерение кинетических кривых выполняется не на «глазок», а посредством ввода данных непосредственно в компьютер. Затем эти данные обрабатываются с использованием методов теории распознавания, что существенно улучшает качество диагностики медицинской информационной системы. Перспективным представляется метод биоэнергоинформационной технологии, например, в протоколе лечения задействованы пчелы и продукты пчеловодства [19]. Лечение проводится путем активизации иммунной системы человека посредством создаваемого пчелами биополя, в который «погружается» пациент. Кроме того, эффект излечения подкрепляется медом повышенной биологической

активности, в частности таким ингредиентом как маточное молочко. Эта технология применяется для лечения довольно значительного ряда заболеваний.

Оценка качества биоинформационных технологий может выполняться на стадиях создания, эксплуатации и развития. Следует отметить сложность оценки качества. Пока не создано универсальных методик измерения качества этого класса систем. Следует отметить, что применяемые для определенных видов биоинформационных технологий показатели излечения пациента скорее всего на данном этапе относятся более к качественным показателям, чем к количественным измерителям. Вместе с тем некоторые виды биоинформационных технологий имеют достаточно адекватные параметры оценки качества функционирования [17]. На данном этапе исследований перспективным направлением в создании универсальных методов оценки качества биоинформационных технологий представляется рассмотрение и оценка конкретных видов биоинформационных технологий на основе их адекватного классификатора. Следование данному условию в значительной мере будет содействовать улучшению качества разработки учебно-методической документации, электронно-образовательных ресурсов в преподавании биоинформационных технологий в общем комплексе информационных дисциплин соответствующих учебных планов вузов. Так, например, созданы программы, лабораторные практикумы, деловая игра и другие материалы. При разработке материалов целевым объектом был выбран процесс подготовки бакалавров по направлению «Бизнес-информатика», направленность «Прикладная информатика в гуманитарной сфере», магистров по на-

правлению «Прикладная информатика», направленность: «Управление данными и знаниями в компьютерных сетях» Института информационных технологий и безопасности Российского государственного гуманитарного университета.

Заключение

Идентификация структуры биоинформационных технологий расширяет и уточняет парадигму качества информационных технологий и систем, что обеспечивает более четкое представление задач в преподавании дисциплин по биотехнологиям.

Решение задач по идентификации структуры биоинформационных технологий должно выполняться с учетом средств системного анализа.

В работах по созданию, эксплуатации и развитию качества биоинформационных

технологий необходимо применять методологию качества информационных систем с учетом рассмотрения аспектов: принципов, логики организации, методов и средств биоинформационных технологий.

Одним из существенных методов решения задач моделирования биоинформационных технологий является структурно-параметрический синтез.

В задачах идентификации структуры биоинформационных технологий определенного вида на стадиях проектирования, эксплуатации, совершенствования качества необходимо учитывать следующие основные компоненты: цели, задачи, функции, структура, технология функционирования, оценка качества функционирования.

Каждый структурный компонент биоинформационных технологий в методологическом аспекте имеет как универ-

сальные, так и специфические свойства, которые необходимо учитывать в решении задач создания, эксплуатации и развития биоинформационных технологий.

Результаты работ обсуждались на кафедральных и университетских семинарах. Полученные в ходе обсуждения замечания и рекомендации были учтены в работах по коррекции учебно-методической документации, выбора электронно-образовательных ресурсов, организации постоянно-действующего студенческого научного семинара «Теория и методология управления качеством информационных систем». Полученные результаты положительно повлияли на активность студентов в изучении учебного материала, что в конечном итоге обеспечило повышение уровня успеваемости и качества учебного процесса.

Литература

1. Исаев Г.Н. Управление качеством информационных систем: Теоретико-методологические основания. М.: Наука, 2011. 279 с.
2. Хачатрян В.А. Биоинформационные возможности микроорганизмов: потенциал клеточных механизмов управления процессами обновления человеческого организма на биоинформационном уровне. М., СПб.: ДИЛЯ; 2013. 249 с.
3. Леск А. Введение в биоинформатику. М.: Бином, 2013. 318 с.
4. Афонников Д.А., Иванисенко В.А. Биоинформатика: метод во главе угла. // Наука из первых рук. 2013. Т. 49. № 1. С. 50–59.
5. Булгаков В.П., Цициашвили Г.Ш. Биоинформационный анализ белковых сетей: поиск статистик и топологий, наиболее адекватно отвечающих запросам экспериментальных биологов (мини-обзор) // Биохимия. 2013. Т. 78. № 10. С. 1405–1411.
6. Лахно В.Д. Математическая биология и биоинформатика // Вестник Российской академии наук. 2011. Т. 81. № 9. С. 812–818.
7. Лахно В.Д. Прикладные задачи математической биологии и биоинформатики // Биофизика. 2011. Т. 56. № 6. С. 1071–1081.
8. Несговорова Г.П. Биоинформатика: пути развития и перспективы. В кн.: Информатика в науке и образовании. Сер. Выпуск 21 Кон-

струирование и оптимизация программ. Новосибирск: НГУ, 2012. С. 71–89.

9. Павлов А.Н., Ермолаев Ю.М. Биоинформационная экология. М.: ИРИАС, 2011. 143 с.

10. Комышев Е.Г., Генаев М.А., Гунбин К.В., Афонников Д.А. Biouniwa – система генерации web-сервисов и конвейеров для унифицированного доступа к ресурсам в области биоинформатики // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2013. Т. 17. № 4-1. С. 607–614.

11. Козлов Н.Н. Расчет генетического кода // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2010. № 26. 23 с.

12. Королев С.А., Любецкий В.А., Селиверстов А.В. Модель ранней эволюции геномов и формирования видов // Информационные процессы. 2013. Т. 13. № 4. С. 336–337.

13. Коротков Е.В., Короткова М.А. Биоинформатика и поиск сдвигов рамки считывания в генах // Информационные технологии и вычислительные системы. 2010. № 1. С. 3–23.

14. Коротков Е.В., Шеленков А.А., Короткова М.А. К вопросу о распознавании скрытой периодичности в последовательностях ДНК // Математическая биология и биоинформатика. 2013. Т. 8. № 2. С. 529–536.

15. Каменская М.А. Биоинформатика – новая дисциплина в системе высшего образова-

ния // Научно-техническая информация. Сер. 1. Организация и методика информационной работы. 2005. № 1. С. 13–16.

16. Таратута В.П., Шорохов И.М. Системные исследования в современной науке. Сборник научных трудов. Новосибирск: НГУ, 1982. С. I-168.

17. Чернавский Д.С., Карп В.П., Родштат И.В., Никитин А.П., Чернавская Н.М. Распознавание, Аутодиагностика. Мышление. Синергетика и наука о человеке. М.: Радиотехника, 2004. 272 с.

References

1. Isayev G.N. Upravleniye kachestvom informatsionnykh sistem: Teoretiko-metodologicheskiye osnovaniya = Quality management of information systems: Theoretical and methodological foundations. Moscow: Nauka; 2011. 279 p. (In Russ.)

2. Khachatryan V.A. Bioinformatsionnyye vozmozhnosti mikroorganizmov: potentsial kletochnykh mekhanizmov upravleniya protsessami obnoveniya chelovecheskogo organizma na bioinformatsionnom urovne = Bioinformation capabilities of microorganisms: the potential of cellular mechanisms for controlling the renewal of the human body at the bioinformation level. Moscow, Saint Petersburg: DILIA; 2013. 249 p. (In Russ.)

3. Lesk A. Vvedeniye v bioinformatiku = Introduction to bioinformatics. Moscow: Binom; 2013. 318 p. (In Russ.)

4. Afonnikov D.A., Ivanisenko V.A. Bioinformatics: a method at the forefront. Nauka iz pervykh ruk = Science first hand. 2013; 49; 1: 50-59. (In Russ.)

5. Bulgakov V.P., Tsitsiashvili G.S.H. Bioinformational analysis of protein networks: the search for statistics and topologies that most adequately meet the needs of experimental biologists (mini-review). Biokhimiya = Biochemistry. 2013; 78; 10: 1405-1411. (In Russ.)

6. Lakhno V.D. Mathematical biology and bioinformatics. Vestnik Rossiyskoy akademii nauk = Mathematical biology and bioinformatics. 2011; 81; 9: 812-818. (In Russ.)

7. Lakhno V.D. Applied problems of mathematical biology and bioinformatics. Biofizika = Biophysics. 2011; 56; 6: 1071-1081. (In Russ.)

8. Nesgovorova G.P. Bioinformatika: puti razvitiya i perspektivy. V kn.: Informatika v nauke i obrazovanii. Ser. Vypusk 21 Konstruirovaniye i optimizatsiya program = Bioinformatics: development paths and prospects. In: Computer Science in Science and Education. Ser. Issue 21 Design and optimization of programs. Novosibirsk: NSU; 2012: 71-89p. (In Russ.)

9. Pavlov A.N., Yermolayev YU.M. Bioinformatsionnaya ekologiya = Bioinformation ecology. Moscow: IRIAS; 2011. 143 p. (In Russ.)

18. ГОСТ 34.601-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Стадии создания.

19. Колотова Л. Пасека Савина: лечение онкологии продуктами пчеловодства. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://fb.ru/article/247706/paseka-savina-lechenie-onkologii-produktami-pchelovodstva/> (Дата обращения 18.05.2018).

20. Вогралик В.Г., Вогралик М.В. Пунктурная рефлексотерапия: Чжень-цзю. Горький: Волго-Вятское кн. изд-во: 1988. 335 с.

10. Komyshev Ye.G., Genayev M.A., Gunbin K.V., Afonnikov D.A. Biouniwa a system for generating web services and pipelines for unified access to resources in the field of bioinformatics. Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii = Vavilovsky Journal of Genetics and Selection. 2013; 17; 4-1: 607-614. (In Russ.)

11. Kozlov N.N. Calculation of the genetic code. Preprinty IPM im. M.V. Keldysha = KIAM Preprints named after M.V. Keldysh. 2010; 26: 23 p. (In Russ.)

12. Korolev S.A., Lyubetskiy V.A., Seliverstov A.V. A model of the early evolution of genomes and the formation of species. Informatsionnyye protsessy = Information Processes. 2013; 13; 4: 336-337. (In Russ.)

13. Korotkov Ye.V., Korotkova M.A. Bioinformatics and the search for reading frame shifts in genes. Informatsionnyye tekhnologii i vychislitel'nyye sistemy = Information Technologies and Computing Systems. 2010; 1: 3-23. (In Russ.)

14. Korotkov Ye.V., Shelenkov A.A., Korotkova M.A. To the issue of recognition of latent periodicity in DNA sequences. Matematicheskaya biologiya i bioinformatika = Mathematical Biology and Bioinformatics. 2013; 8; 2: 529-536. (In Russ.)

15. Kamenskaya M.A. Bioinformatics - a new discipline in the system of higher education. Nauchno-tekhnicheskaya informatsiya. Ser.1. Organizatsiya i metodika informatsionnoy raboty = Scientific and technical information. Ser. 1. Organization and methodology of information work. 2005; 1: 13-16. (In Russ.)

16. Taratuta V.P., Shorokhov I.M. Sistemnyye issledovaniya v sovremennoy nauke. Sbornik nauchnykh trudov = Systemic research in modern science. Collection of scientific papers. Novosibirsk: NSU; 1982. I-168p. (In Russ.)

17. Chernavskiy D.S., Karp V.P., Rodshtat I.V., Nikitin A.P., Chernavskaya N.M. Raspoznavaniye, Autodiagnostika. Myshleniye. Sinergetika i nauka o cheloveke = Recognition, Auto Diagnostics. Thinking. Synergetics and the science of man. Moscow: Radio engineering; 2004. 272 p. (In Russ.)

18. GOST 34.601-90. Informatsionnaya tekhnologiya. Kompleks standartov na avtomatizirovannyye sistemy. Avtomatizirovannyye sistemy. Stadii sozdaniya = Information technology. Set of standards for automated systems. Automated systems. Stages of creation. (In Russ.)

19. Kolotova L. Paseka Savina: lecheniye onkologii produktami pchelovodstva = Apiary Savina: oncology

treatment with bee products. [Internet]. Available from: <http://fb.ru/article/247706/paseka-savina-lechenie-onkologii-produktami-pchelovodstva/> (cited 18.05.2018). (In Russ.)

20. Vogralik V.G., Vogralik M.V. Punkturnaya refleksoterapiya: Chzhen'-tszyu = Puncture reflexology: Zhen-jiu. Gorky: Volga-Vyatka Prince Publishing House; 1988. 335 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Георгий Николаевич Исаев

Российский государственный гуманитарный университет, Москва, Россия

Эл. почта: georg.isaev@mail.ru

Андрей Арьевич Роганов

Российский государственный гуманитарный университет, Москва, Россия

Эл. почта: andrej.a@mail.ru

Information about the authors

Georgy N. Isaev

Russian State University for the Humanities, Moscow, Russia

E-mail: georg.isaev@mail.ru

Andrey A. Roganov

Russian State University for the Humanities, Moscow, Russia

E-mail: andrej.a@mail.ru

Решение задачи определения времени выполнения работы группой сотрудников с помощью нечетких множеств*

Цель исследования. Целью исследования является разработка алгоритмов вычисления времени выполнения задачи группой работников. Рассматривается возможность применения нечетких множеств для задания времени выполнения работы одним работником и подход к заданию нечетких множеств времени выполнения работы, при общении с работником, основанный на оптимистичном и пессимистичном временах выполнения работы. При этом для вычисления результирующего времени выполнения работы множеством работников приводится новый алгоритм обобщения нечетких функций, заданных на различных несущих множествах.

Материалы и методы исследования. В основе предложенного алгоритма лежит идея вычисления итогового времени выполнения задачи для определенного значения функции принадлежности. Для вычисления времени выполнения задачи предлагается использовать производительность работников, вычисленных из нечетких функций времени выполнения работы. Для возможности применения алгоритма обобщения на «четкие» функции принадлежности нечеткой функции времени выполнения работы конкретным работником накладываются ограничения. Данные функции должны быть непрерывными, монотонными и в пределах принимать значения 0 и 1. При выполнении ограничений процедура обобщения, определенная как поиск максимума функций, может быть представлена в виде поиска аргументов функций принадлежности для одинаковых значений самих функций. В случае задания функции принадлежности отдельного работника в виде кусочной функции алгоритм обобщения требует рассмотрения только точек, в которых кусочные функции имеют точки перегиба. После назначения группы работников на задачу необходимо вычислить все точки перегиба результирующего времени выполнения работы. Для каждого полученного значения функции принад-

лежности необходимо вычислить общую производительность всех работников. В результате получается кусочная функция принадлежности нечеткой функции производительности всех работников, назначенных на задачу, из которой можно вычислить и функцию принадлежности нечеткой функции времени выполнения задачи.

Результаты. Рассмотрена процедура задания нечетких множеств времени выполнения задачи для каждого отдельного работника. Предложен новый алгоритм вычисления времени выполнения задачи группой работников с помощью нечетких множеств. Для предлагаемого алгоритма создан математический аппарат процедуры обобщения нечетких функций, заданных на различных несущих множествах. В работе приведен подробный разбор предложенного алгоритма обобщения для двух работников с различными функциями принадлежности времени выполнения работы. Кроме того, с помощью программного обеспечения, была решена задача определения времени выполнения работы при решении задачи составлении бригад программистов (35 программистов) при разработке программного продукта (разбитого на 15 задач). При этом задачу о назначении приходилось решать вручную.

Заключение. Предложенный подход позволяет достаточно просто вычислять обобщенное время выполнения работ, но и требует дальнейших исследований. В основном требуются исследования, которые позволили бы проводить процедуру дефазификации или построить систему поддержки решений, основанную на нечетких критериях. Также возможны исследования связанные с заменой кусочной функции на другую монотонную, непрерывную функцию.

Ключевые слова: нечеткие множества, процедура обобщения, управление персоналом, метод критического пути, задача о назначении

Vladimir A. Sudakov¹, Titov Yu. Pavlovich²

¹Keldysh Institute of Applied Mathematics, RAS, Moscow, Russia

²Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

Solving the problem of determining the time of work by a group of employees using fuzzy sets

Purpose of the research. The aim of the study is to develop algorithms for calculating the time to complete a task by a group of workers. The possibility of using fuzzy sets to set the time to complete the work by one employee, and the approach to setting fuzzy sets of the time to complete the work when communicating with the employee, based on optimistic and pessimistic times of work. At the same time, a new algorithm for summarizing fuzzy functions defined on different bearing sets is presented for calculating the resulting time to complete work by many workers.

Materials and research methods. The proposed algorithm is based on the idea of calculating the total task execution time for a certain

value of the membership function. To calculate the time to complete the task, it is proposed to use the productivity of workers calculated from fuzzy functions of the time to complete the work. For the possibility of applying the generalization algorithm to the “clear” membership functions of the fuzzy function of the time the work is performed by a specific employee, restrictions are imposed. These functions must be continuous, monotonic and within the range take values 0 and 1. When the constraints are satisfied, the generalization procedure, defined as a search for the maximin of functions, can be represented as a search for arguments of membership functions for the same values of the functions themselves. In the case of specifying the membership

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-00-00012 (18-00-00011) КОМФИ

function of an individual employee in the form of a piecewise function, the generalization algorithm requires consideration only of the points at which the piecewise functions have inflection points. After assigning a group of workers to the task, it is necessary to calculate all the inflection points of the resulting time to complete the work. For each obtained value of the membership function, it is necessary to calculate the total productivity of all employees. The result is a piecewise membership function of the fuzzy productivity function of all the workers assigned to the task, from which we can calculate the membership function of the fuzzy function of the task execution time.

Results. The procedure for setting fuzzy sets of task execution time for each individual employee is considered. A new algorithm for calculating the time to complete a task by a group of workers using fuzzy sets is proposed. For the proposed algorithm, a mathematical apparatus has been created for the procedure for generalizing fuzzy functions defined on various bearing sets. The paper provides a

detailed analysis of the proposed generalization algorithm for two workers with different membership functions of the time of the work. In addition, with the help of software, the problem of determining the time to complete the work was solved when solving the problem of compiling teams of programmers (35 programmers) during the development of a software product (broken down into 15 tasks). At the same time, the assignment problem had to be solved manually.

Conclusion. The proposed approach makes it easy enough to calculate the generalized time to complete the work, but also requires further research. Basically, research is required that would allow for a defuzzification procedure or a decision support system based on fuzzy criteria. Studies related to the replacement of piecewise function by another monotonic, continuous function are also possible.

Keywords: fuzzy sets, generalization procedure, personnel management, critical path method, assignment problem

1. Введение

В современном мире планирование сроков выполнения проекта обычно делают с помощью построения сетевого графика работ. [1,2] При этом до сих пор основным методом расчета сроков проекта остается метод критического пути (Critical Path Method, CPM) [3]. Применение данного метода накладывает ограничения на сетевой график, основным из которых является необходимость знать точное время выполнения работы. Точно определить это время крайне сложно, поэтому для определения этого времени используется метод PERT, разработанный в 1958 году и определяющий время выполнения каждой работы по формуле, использующей оптимистичное, пессимистичное и ожидаемое время выполнения работы: $t_e = 1/6 \times (t_o + 4 \times t_m + t_p)$ [4]. Но, если на задачу назначена команда разработчиков, то определение этого времени делается очень не точно. Кроме того очень сложно определять зависимость этого времени от количества сотрудников и их персональных навыков.

В работе рассматривается возможность применения нечетких множеств для решения задач управления персоналом. Примером такой задачи может служить задача о назначении работников на определенные виды работ. Для подобных задач обычно необходимо задать время выполнения работником определенных работ, но так как оценка данного времени не может быть определена точно, то можно применять нечеткую переменную времени. [5–9] Можно также задать «четкую» функцию принадлежности $v_{ij}(t)$ с насыщением, для нечеткой переменной t_{ij} , определяющую время выполнения работы j -го типа для i -го работника. Если несколько работников назначить на одну задачу, то время выполнения этой задачи будет меньше, и для оценки этого времени часто применяют понятие производительности работника, которую вычисляют как обратную величину времени выполнения работы, т.е. $p_{i,j} = 1/t_{i,j}$. «Четкая» функция принадлежности $\mu_{ij}(p_{ij})$ с насыщени-

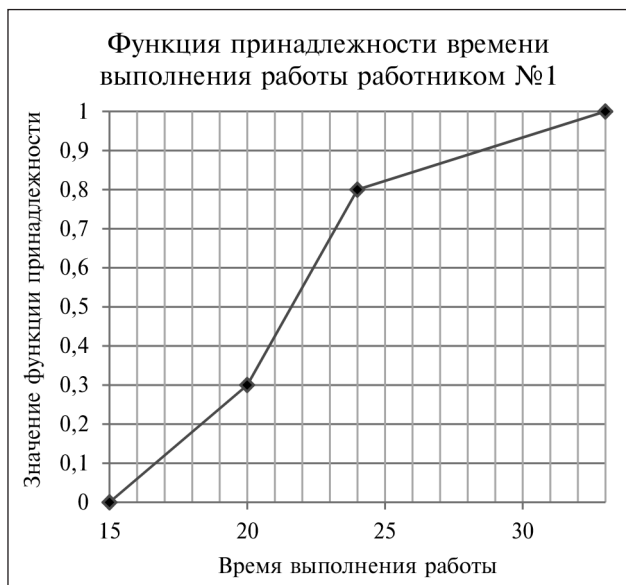
ем, для нечеткой переменной p_{ij} определяется по формуле $\mu_{ij}(p_{ij}) = 1 - v_{ij}(t_{ij})$. В таком виде данная функция принадлежности определяет производительность работника. Для получения общей производительности всех работников, назначенных на задачу необходимо провести операцию обобщения. Но операция обобщения определена для нечетких чисел или для нечетких функций, определенных на одинаковых несущих множествах. Предложен алгоритм проведения операции обобщения для нечетких функций, определенных на различных несущих множествах при выполнении некоторых ограничений.

2. Описание метода получения функции принадлежности

Функция принадлежности $v_{ij}(t)$ может быть задана как кусочная функция. В данном случае для задания кусочной функции принадлежности можно применять метод PERT. Пессимистический и оптимистический сроки можно вычислить исходя из статистических методов или прогноза. Ожидаемое время выполнения работы может быть определено путем экспертной оценки, в том числе и с привлечением самого работника. В общем случае не обязательно ограничиваться 3-мя значениями. Но такая функция должна быть непрерывной и монотонной. Для оптимистического срока значение функции принадлежности $v_{ij}(t) = 1$, а для пессимистического $v_{ij}(t) = 0$.

Пусть, для примера, произведен опрос двух работников для оценки времени выполнения одной, определенной работы. При оценке времени работника, кроме времени выполнения работы, просили определить позитивные и негативные риски, связанные с предложенной работой [10, 11]. Негативные риски — те, что могут увеличить срок выполнения работы, а позитивные — уменьшить. После этого просим оценить время работы при условии срабатывания всех позитивных факторов (оптимистичный срок) и всех негативных факторов (пессимистичный

Время	15	20	24	33
Значение функции принадлежности	0	0,3	0,8	1



Время	20	27	40
Значение функции принадлежности	0	0,6	1

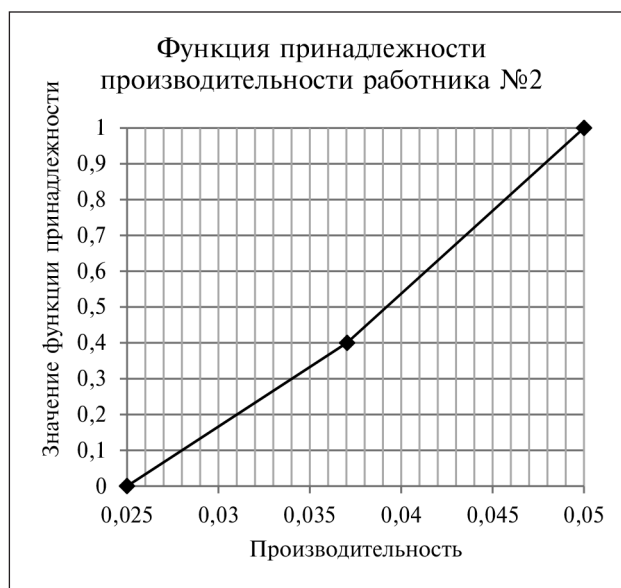
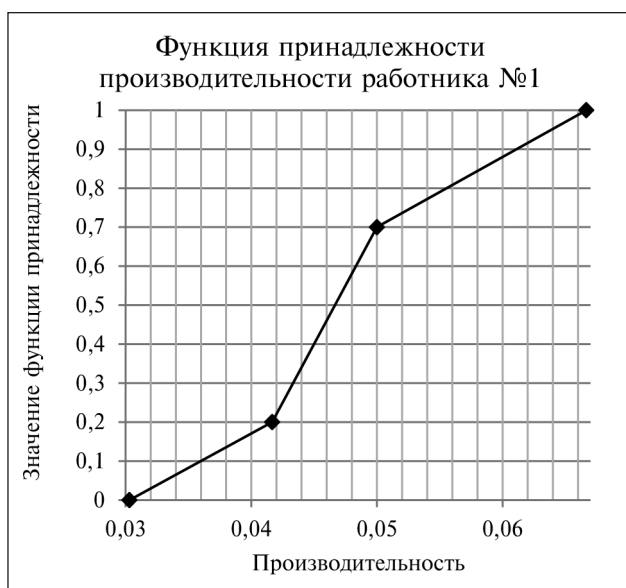
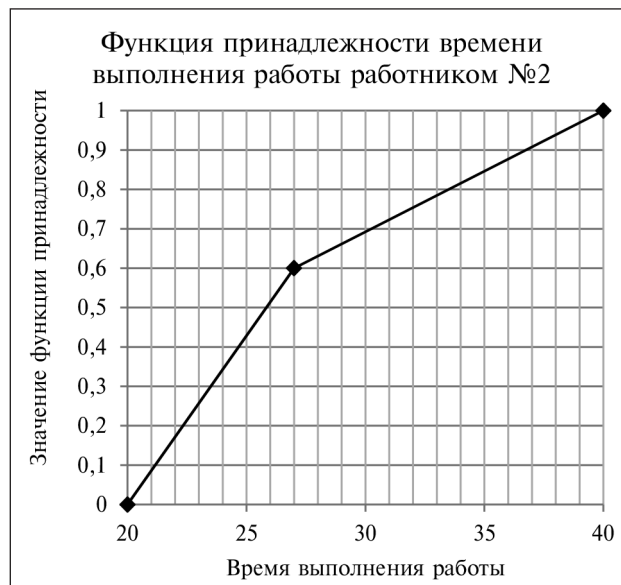


Рис. 1. Времена выполнения работы и соответствующие производительности работников

срок). После этого для предлагаемого времени выполнения работы у работника просим определить вероятность выполнения работы. Если работник затрудняется дать оценку, то можно предложить ему определить несколько времен и указать для них вероятности выполнения работы. Но следует помнить, что при увеличении времени работы вероятность ее выполнения не должна уменьшаться. Пусть два работника указали следующие времена выполнения работы (рис. 1).

3. Вычисление общей производительности

Для всех работников, назначенных на данную работу, вычисляют общую их производительность по формуле: $p_j = \sum_{i \in I_j} p_{i,j}$, где p_j –

производительность выполнения j -ой работы; I_j – множество всех работников назначенных на j -ую работу; $p_{i,j}$ – производительность выполнения j -ой работы i -м работником. Сумма нечетких множеств $p_{i,j}$ находится на основе принципа обобщения.

$$\mu_j(p_j) = \max_{p_j = \sum_{i \in I_j} p_{i,j}} \left(\min_i (\mu_{i,j}(p_{i,j})) \right)$$

Подобные формулы применяются при объединении нечетких чисел, а для нечетких множеств процедура объединения используется только в случае одинаковых несущих множеств. [12] В нашем же случае у обоих работников разное, непрерывное несущее множество. В работе будут определены правила проведения обобщения для нечетких множеств, определенных на

непрерывном несущем множестве и имеющих непрерывную, монотонную, «четкую» функцию принадлежности.

Из общей производительности работы можно найти общее время выполнения работы по формуле: $t_j = 1/p_j + (n-1) \times t_{вз}$, где n – количество работников назначенных на j -ю работу; $t_{вз}$ – время, которое тратится на взаимодействие между работниками. Причем это время может быть нечетким, и задано с помощью «четкой» функции принадлежности $\gamma_{i1,i2,j}(t)$ с насыщением. Эта функция в общем виде зависит от типа выполняемой работы и от каждого сотрудника, позволяющая определять различную сложность и способ их взаимодействия. Для представленного примера функция принадлежности общей производительности приведена на рис. 2.

Функция принадлежности при таком подходе теряет монотонность. Эта особенность связана с отсутствием учета при применении процедуры обобщения только узловых значений функции принадлежности нечеткой функции времени выполнения работы каждым отдельным работником. На рис. 3 показан результат перебора всех точек с целью вычисления значений функции принадлежности по правилу обобщения. Но поиск значений функции принадлежности в этом случае очень ресурсоемкий и неэффективный.

4. Математическая модель вычисления обобщенной функции принадлежности

Для более эффективной процедуры вычисления значений функции принадлежности воспользуемся свойствами, накладываемые на функцию $\nu_{i,j}(t)$: непрерывность и монотонность. Преобразования, которые проводятся для получения $\mu_{i,j}(p)$, сохраняют свойства непрерывности и монотонности и для функции $\mu_{i,j}(p)$. Свойства непрерывности и граничные условия, определяющие значения $p_{i,j}$ в которых значение функции принадлежности $\mu_{i,j}(p)$ принимает значение 0 и 1, гарантируют, что после процедуры обобщения вычисленная функция принадлежности $\mu_j(p)$ будет принимать все значения от 0 до 1, т.е. для $\forall \mu \in (0..1) \exists p : \mu_j(p) = \mu$.

Из-за задания функции принадлежности в виде кусочной функции, производная этой функции между точек перегиба постоянна, что позволяет не рассматривать все множество точек функции, а только точки ее перегиба. Свойство монотонности функций принадлежности нечетких функций производительности работников позволяет сделать вывод, что обобщенная функция принадлежности тоже будет монотонна и для нее будет выполняться условие: $\forall p_1, p_2 : p_1 > p_2 \mu_j(p_1) \geq \mu_j(p_2)$. Так как обобщенная функция будет принимать все значения в интервале (0..1), то максимум обобщенной

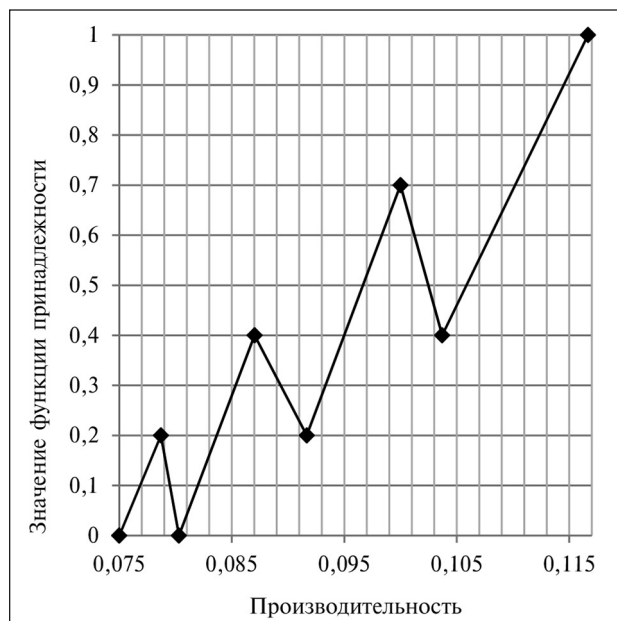


Рис. 2. Функция принадлежности общей производительности работников № 1 и № 2 без учета взаимодействия, вычисленная по опорным точкам

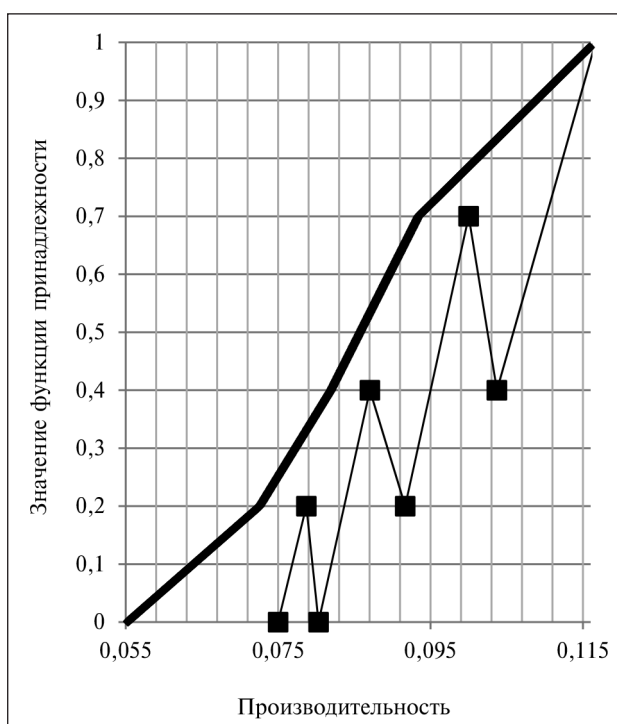


Рис. 3. Функция принадлежности общей производительности работников № 1 и № 2 без учета взаимодействия. Точки – функция, вычисленная по опорным точкам. Кривая – функция, вычисленная в результате программного перебора всех возможных комбинаций точек

функции принадлежности для каждой точки будет в случае равенства значений функции принадлежности нечеткой функции производительности каждого работника.

$$\begin{aligned} \mu_{i1,j}(p_{i,j}) &= \mu_{i2,j}(p_{i,j}) = \\ &= \max_{p_j = \sum_{i \in I_j} p_{i,j}} \left(\min_i (\mu_{i,j}(p_{i,j})) \right) = \mu_j(p_j) : \forall i1, i2 \end{aligned}$$

Тогда задачу нахождения значения обобщенной функции принадлежности для точки можно изменить на подобную задачу нахождения аргумента обобщенной функции принадлежности p_j для каждого значения функции принадлежности $\mu_j(p_j)$ из интервала $(0..1)$.

$$p_j = \sum_{i \in I_j} p_{i,j} : \mu_j(p_j) = \mu_{i,j}(p_{i,j}),$$

$$\text{для } \forall i \in I_j, \forall \mu_j(p_j) \in (0..1)$$

Исходя из того, что обобщенная функция является кусочной, то можно рассматривать не все значения обобщенной функции принадлежности, а только значения равные точкам перегиба функции принадлежности нечеткой функции каждого работника, назначенного на работу.

Для примера приведенного выше можно выделить 5 точек перегиба, соответствующих следующим значениям обобщенной функции принадлежности: 1; 0,7; 0,4; 0,2; и 0, взятые из рис. 1. 1; 0,7; 0,2; 0 для первого работника и 1; 0,4; 0 для второго. Значение функции принадлежности нечеткой функции обобщенной производительности будет принимать значение равное 0 до точки $0,0303 + 0,025 = 0,0553$. Далее у функций принадлежности нечетких функций производительности работников № 1 и № 2 изменяются значения производных. Это приводит к изменению производной обобщенной функции принадлежности. В результате необходимо вычислить следующую точку. Для значения функции принадлежности $\mu_{1,j}(p_j) = 0,2$ для работника № 1 известно значение производительности

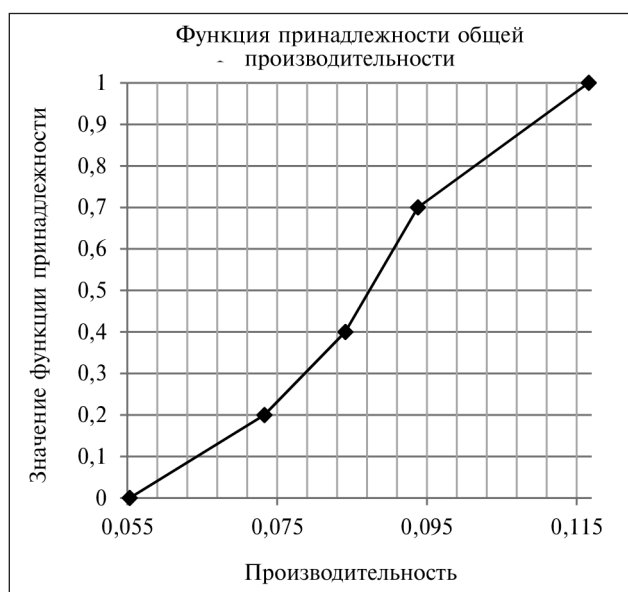
$p = 0,0417$. Для работника № 2 значение производительности необходимо вычислить исходя из линейной интерполяции двух точек: $(0; 0,025)$ и $(0,4; 0,037)$. Значение функции принадлежности нечеткой функции производительности работника № 2 принимает значение $\mu_{2,j}(p_j) = 0,2$ в точке $p = 0,0316$. Значение функции принадлежности нечеткой функции обобщенной производительности $\mu_j(p) = 0,0417 + 0,0316 = 0,0733$. Изменение производной функции принадлежности нечеткой функции производительности работника № 1 делает необходимым поиск следующей точки. Результат вычисления функции принадлежности нечеткой функции обобщенной производительности приведен на рис. 4.

5. Время на взаимодействие работников

Если взаимодействие определяется скалярным значением, возможно, зависящем от количества и качества работников, то время выполнения необходимо сдвинуть на соответствующую величину. В случае, когда затраты времени на взаимодействие задано в виде нечеткой функции с кусочной функцией принадлежности, то необходимо провести процедуру обобщения функции принадлежности общего времени выполнения работ и времени, которое затрачивается на взаимодействие работников.

Так как основной проблемы нечетких множеств является сложность их задания, то стоит привести пример процедуры определения времени взаимодействия сотрудников. Если

Производит.	0,0553	0,0733	0,0841	0,0938	0,1166
Значение функции принадлежности	0	0,2	0,4	0,7	1



Время	18	14	12	11	9
Значение функции принадлежности	1	0,8	0,6	0,3	0

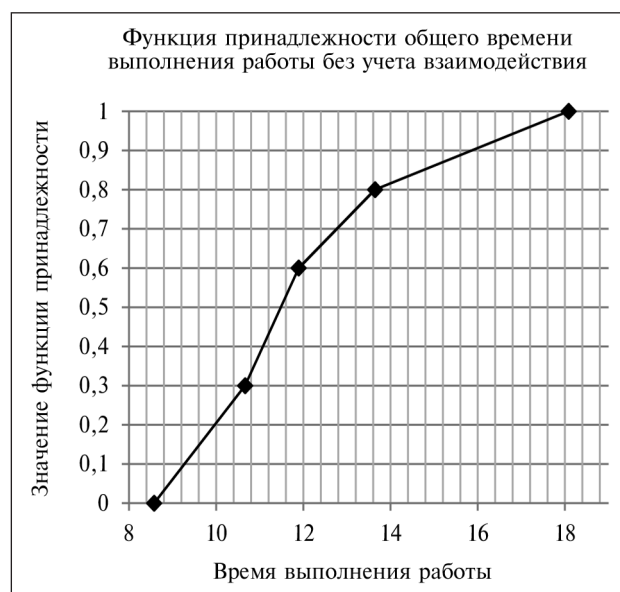


Рис. 4. Функции принадлежности общего времени выполнения работы и производительности без учета взаимодействия

представить самый неоптимальный случай взаимодействия, то он может быть описан фразой: «Хочешь сделать хорошо, сделай сам». В таком случае более опытный работник, т.е. работник, который делает работу быстрее, обучает неопытного до условного своего уровня. В таком случае можно выбрать четкое число равное разнице в пессимистическом времени выполнения работы работниками или как максимум функции принадлежности $\gamma_{i1,i2,j}(t)$ нечеткой функции взаимодействия двух работников, вычисленной по принципу обобщения.

$$t_{вз} = \max_t (\gamma_{i1,i2,j}(t)) = \max_t (v_{i1,j}(t_{i1,j}) - v_{i2,j}(t_{i2,j})),$$

для $\forall i1, i2 \in I_j$

Для предложенного примера взаимодействия двух работников разница во времени равна $40 - 33 = 7$. В общем случае это достаточно пессимистичная оценка времени взаимодействия работников. Для нашего примера, время для взаимодействия двух сотрудников составляет более 20% времени выполнения задачи в одиночку. Но это время – самый неблагоприятный вариант общения между сотрудниками. Предлагается умножить его на коэффициент общения ($k_{вз}$), который определяет насколько плотно необходимо взаимодействовать. $k_{вз} = 1$ для случая постоянного взаимодействия сотрудников, например по принципу два сотрудника за одним компьютером, а $k_{вз} = 1$ для случая, когда взаимодействия между работниками не требуется. Кроме того этот коэффициент описывает взаимодействие между всеми сотрудниками, назначенными на работу, и может описывать различные методы взаимодействия целой группы работников.

Если рассматривать все возможные взаимодействия между работниками, то это время будет очень сильно влиять на общее время выполнения задачи. Взаимодействие между работниками может быть представлено в виде полновязанного графа взаимодействия $G(V, E)$, где V – множество вершин, соответствующим работникам, а E – множество дуг, соответствующие взаимодействиям между ними и определяющие необходимое время. Например, на рис. 5 представлен граф взаимодействия шести работников. Суммарное время, которое требуется для взаимодействия равно сумме всех значений дуг графа, и для нашего примера равно 77. В таком случае следует установить низкий $k_{вз} = 0,05$ так как время 77 сильно избыточно и, скорее всего, превосходит время, требуемое на выполнение работы. В качестве другого времени можно рассмотреть только дуги, образующие гамильтонов путь (на рисунке отмечены жирными линиями). [13] Гамильтонов путь в данном случае опишет только общение между работниками одного «умения» и будет достаточно оптимистическим

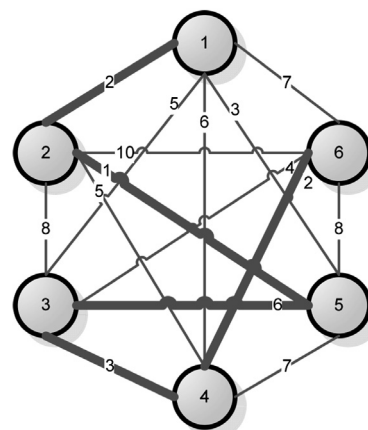


Рис. 5. Граф взаимодействия между сотрудниками

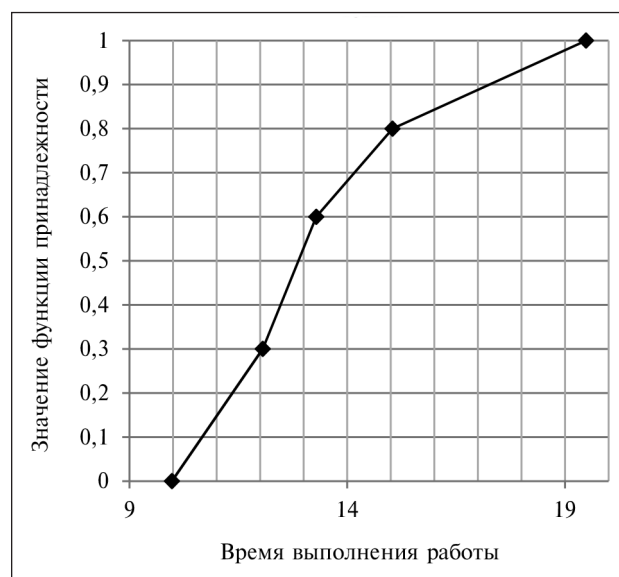


Рис. 6. Функция принадлежности общего времени выполнения работы с учетом взаимодействия

временем, так как наиболее часто требуется как раз другие виды общения в группе. В таком случае время взаимодействия будет равно 14 и $k_{вз}$ стоит взять в промежутке $(0,1; 0,5)$. Но вычисление гамильтонова пути очень трудоемкая задача.

В качестве адекватной оценки времени взаимодействия можно использовать оценку времени взаимодействия каждого работника только с работником, имеющим наибольший опыт, т.е. выполняющего данную работу за наименьшее время. Такой подход похож на взаимодействие руководителя отдела со своим отделом и в целом с достаточно небольшой погрешностью может описать все необходимые взаимодействия в команде. Кроме того такой подход достаточно прост в реализации и вычислении. В нашем примере с шестью работниками наилучшим работником был работник № 2, а время, необходимое на взаимодействие, равно 26. Коэффициент взаимодействия $k_{вз}$ стоит брать из промежутка $(0,1; 0,3)$.

6. Вычисление времени выполнения работы

Все значения функций принадлежности и коэффициенты задаются при постановке задачи, а вот процесс определения множества работников, назначенных на задачу, еще не определен. Для решения такой задачи очень сложно подобрать критерий, ведь время выполнения работы задается в виде нечеткой функции. Если ограничиться только одним значением, например, взять пессимистичное время выполнения работы, т.е. время t при котором функция принадлежности $v_j(t) = 1$.

Для более сложных вариантов можно использовать время выполнения работы, вычисленное с помощью интеграла функции принадлежности:

$$t_{инж} = \int_{t_o}^{t_p} t \times v_j(t) dt / \int_{t_o}^{t_p} v_j(t) dt,$$

где $t_p = \min(t)$, для $v_j(t) = 1$; $t_o = \max(t)$, для $v_j(t) = 0$.

Данный параметр не совсем отражает время, требуемое на выполнения работы. Он учитывает все возможные времена выполнения работы, т.е. чем уже несущее множество у функции принадлежности, тем меньше будет этот параметр.

Предположив, что функция принадлежности нечеткой переменной времени выполнения работы может отражать функцию распределения вероятности выполнения работы в конкретное время, можно воспользоваться математическим ожиданием (и вторым начальным моментом) времени выполнения работы, вычисленного по формулам.

$$\begin{aligned} f v_j(t) &= \frac{dv_j(t)}{dt} \\ t_{мод} &= \int_{-\infty}^{+\infty} t \times f v_j(t) dt \\ t_{a2j} &= \int_{-\infty}^{+\infty} t^2 \times f v_j(t) dt \end{aligned}$$

Так как функция принадлежности является кусочной, линейной функцией, то значение производной между точками будет постоянно. Это значение близко к времени выполнения работы, вычисленное по методу PERT. Вычисление математического ожидания для подобных функций достаточно простое.

Все предложенные значения не могут полностью отразить полноту нечеткой функции време-

ни выполнения работы и, поэтому, оптимизация по вычисленным временам (пессимистичное, интегральное или математическое ожидание времени выполнения работы) может давать различные решения для задачи назначения работников. Для таких задач рекомендуется применять алгоритмы, позволяющие быстро находить рациональные решения, которые могут быть одинаково хороши по различным критериям. [14–17] Одним из таких алгоритмов можно считать метод муравьиных колоний, который исходя из вероятностной сути поиска решений позволяет быстро находить рациональные решения [18, 19]. Кроме предложенных алгоритмов стоит рассмотреть возможность использования лингвистических переменных как для задания времени выполнения работы, так и для оценки полученных результатов [20].

Заключение

В работе рассматривается задача назначения работников на определенные работы и определения времени выполнения задачи этой группой работников. Время выполнения определенной работы для каждого работника предлагается задавать в виде нечеткой функции. Предложен алгоритм, позволяющий вычислить нечеткую функцию времени выполнения работы в случае, если на нее назначено несколько сотрудников. Предлагается рассмотреть операцию обобщения непрерывных функций принадлежности нечетких функций, заданных на различных несущих множествах, путем поиска значений времени, в которых функция принадлежности будет принимать определенные значения. Данный подход потребовал наложения ограничений на функции принадлежности времен выполнения работы: непрерывность, монотонность и возможность задать в виде кусочной функции. В случае решения задачи назначения работников на работах эти ограничения можно легко удовлетворить. Определены алгоритмы учета времени, необходимого для взаимодействия работников, назначенных на одну работу.

Данная методика была применена для определения времени выполнения работы при решении задачи составления бригад программистов при разработке программного продукта. При этом рассматривалось около 15 задач и 35 программистов с различным уровнем подготовки. Само назначение работников в данном случае производилось вручную.

Литература

1. О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации: Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642.
2. Зацаринный А.А., Киселев Э.В., Козлов С.В., Колин К.К. Информационное пространство цифровой экономики России. //

Концептуальные основы и проблемы формирования. М.: ФИЦ ИУ РАН, 2018. 236 с

3. Акимов В.А., Балашов В.Г., Заложнев А.Ю. Метод нечеткого критического пути // Управление большими системами: сборник трудов. 2003. № 3. С 5–10.

4. Фридлянов М.А. Методы и приемы управ-

ления проектами в сфере промышленного производства // Проблемы рыночной экономики. 2017. № 3. С 17–24.

5. Piegat A. Fuzzy modeling and control. Berlin. Heidelberg: Springer, 2001. 371 p

6. Балашов В.Г., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А. Механизмы управления организационными проектами. М.: ИПУ РАН, 2003, 84 с.

7. Шевляков А.О., Матвеев М.Г. Сравнение различных нечетких арифметик // Искусственный интеллект и принятие решений. 2017. № 4. С. 60–68.

8. Зацаринный А.А., Коротков В.В., Матвеев М.Г. Моделирование процессов сетевого планирования портфеля проектов с неоднородными ресурсами в условиях нечеткой информации // Информатика и ее применения. 2019. Т. 13. Вып. 2. С. 92–99.

9. Kuchta D. “Fuzzy capital budgeting”. Fuzzy Sets and Systems. 2000. № 111: 367–385.

10. Лавренова Г.А., Лавренова Е.В. «Анализ методов оценки рисков инвестиционной деятельности предприятия» // ЭКОНОМИНФО. 2018. № 1. С. 71–76.

11. Соколов М.Ю., Маслова С.В. Управление рисками в проектах государственно-частного партнерства // Вестник Санкт-Петербургского университета. Менеджмент. 2013. № 4. С. 100–124.

12. Чернов, В.Г. Основы теории нечетких множеств: учеб. Пособие. Владимир: Изд-во Владимирского государственного университета, 2010. 96 с.

13. Оре Ойстин Теория графов: Перев. с ан-

глийского. Изд 2-е. М.: Книжный дом «Либроком», 2009. 352с.

14. Kumanan S., G. J. Jose and K. Raja. Multi-project scheduling using a heuristic and a genetic algorithm. Int. J. Adv. Manuf. Tech. 2006. № 31 (3–4): 360–366

15. Yannibelli V., and A. Amandi A knowledge-based evolutionary assistant to software development project scheduling. Expert Syst. Appl. 2011. № 38 (7): 8403–8413.

16. Mohamed S., McCowan A.K. “Modelling project investment decisions under uncertainty using possibility theory”. Int. J. Project Management. 2001. № 19. 231–241.

17. Рач О.Н. Основные процедуры выбора наилучшего вариант инвестирования / О.Н. Рач // Менеджер. Вісник Донецької державної академії управління. 2001. № 3 (15). С. 30–34.

18. Титов Ю.П. Модификации метода муравьиных колоний для разработки программного обеспечения решения задач многокритериального управления поставками // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2017. Т. 13. № 2. С. 64–74.

19. Титов Ю.П. Опыт моделирования планирования поставок с применением модификаций метода муравьиных колоний в системах высокой доступности // Системы высокой доступности. 2018. Т. 14. № 1. С. 27–42.

20. О.В. Россошанская. Метод построения базовых функций принадлежности на основе лингвистической переменной «характер развития системы» // Управление проектами и развитие производства. 2009. №. 4 (32). С. 85–94.

References

1. On the strategy of scientific and technological development of the Russian Federation: Decree of the President of the Russian Federation dated 01.12.2016 No. 642. (In Russ.)

2. Zatsarinnyy A. A., Kiselev E. V., Kozlov S. V., Kolin K. K. Information space of the digital economy of Russia. Kontseptual'nyye osnovy i problemy formirovaniya = Conceptual foundations and problems of formation. Moscow: FIC IU RAS; 2018. 236 p. (In Russ.)

3. Akimov V.A., Balashov V.G., Zalozhnev A.YU. Method of fuzzy critical path. Upravleniye bol'shimi sistemami: sbornik trudov = Management of large systems: proceedings. 2003; 3: 5-10. (In Russ.)

4. Fridlyanov M.A. Methods and techniques of project management in the field of industrial production. Problemy rynochnoy ekonomiki = Problems of a market economy. 2017; 3: 17–24. (In Russ.)

5. Piegat A. Fuzzy modeling and control. Berlin. Heidelberg: Springer; 2001. 371 p.

6. Balashov V.G., Zalozhnev A.YU., Novikov D.A.

Mekhanizmy upravleniya organizatsionnymi proyektami = Mechanisms of management of organizational projects. Moscow: IPU RAS; 2003. 84 p. (In Russ.)

7. Shevlyakov A. O., Matveyev M. G. Comparison of various fuzzy arithmetic. Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy = Artificial Intelligence and Decision Making. 2017; 4: 60–68. (In Russ.)

8. Zatsarinnyy A. A., Korotkov V. V., Matveyev M. G. Modeling of network planning processes for a portfolio of projects with heterogeneous resources under fuzzy information. Informatika i yeye primeneniya = Informatics and its applications. 2019; 13; 2: 92-99. (In Russ.)

9. Kuchta D. “Fuzzy capital budgeting”. Fuzzy Sets and Systems. 2000. №111: 367–385.

10. Lavrenova G.A., Lavrenova Ye.V. «Analysis of methods for assessing the risks of investment activity of the enterprise». EKONOMINFO = ECONOMINFO. 2018; 1: 71-76. (In Russ.)

11. Sokolov Maksim Yur'yevich, Maslova Svetlana Valentinovna. Risk management in public-private partnership projects. Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Menedzhment =

Bulletin of St. Petersburg University. Management. 2013; 4: 100-124. (In Russ.)

12. Chernov V. G. Osnovy teorii nechetkikh mnozhestv : ucheb. Posobiye. = Fundamentals of the theory of fuzzy sets: textbook. Manual. Vladimir: Publishing House of the Vladimir State University; 2010. 96 p. (In Russ.)

13. Ore Oystin Teoriya grafov: Perv. s angliyskogo. Izd 2-ye = Ore Oystin Count Theory: Perv. from English. 2nd ed. Moscow: Book house «Librocom»; 2009. 352p.

14. Kumanan S., G. J. Jose and K. Raja. Multi-project scheduling using a heuristic and a genetic algorithm. Int. J. Adv. Manuf. Tech. 2006. 31 (3-4): 360–366.

15. Yannibelli V., and A. Amandi A knowledge-based evolutionary assistant to software development project scheduling. Expert Syst. Appl. 2011. 38 (7): 8403–8413.

16. Mohamed S., McCowan A.K. “Modelling project investment decisions under uncertainty using possibility theory”. Int. J. Project Management. 2001. 19: 231–241.

17. Rach O.N. Basic procedures for choosing the best investment option / O.N. Rach. Menedzher. Visnik Donets'koї derzhavnoi akademii upravlinnya = Manager. Newsletter of the Donetsk State Academy of Management. 2001; 3(15): 30-34. (In Russ.)

18. Titov YU.P. Modifications of the ant colony method for developing software for solving multi-criteria supply management problems. Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovaniye = Modern Information Technologies and IT Education. 2017; 13; 2: 64-74. (In Russ.)

19. Titov YU.P. The experience of modeling supply planning using modifications of the ant colony method in high availability systems. Sistemy vysokoy dostupnosti = High Availability Systems. 2018; 14; 1: 27-42. (In Russ.)

20. O.V. Rossoshanskaya. The method of constructing basic membership functions based on the linguistic variable «nature of the development of the system». Upravleniye proyektami i razvitiye proizvodstva = Project management and production development. 2009; 4 (32): 85-94. (In Russ.)

Сведения об авторах

Владимир Анатольевич Судаков

д.т.н., доцент, Ведущий научный сотрудник,
Отдел №16

Институт прикладной математики им. М.В.
Келдыша РАН, Москва, Россия
Эл. Почта sudakov@ws-dss.com

Юрий Павлович Титов

к.т.н., доцент кафедры №304

Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет),
Москва, Россия
Эл. Почта kalengul@mail.ru

Information about the authors

Vladimir A. Sudakov

Dr. Sci. (Engineering), Associate Professor, Leading
Researcher, Department No. 16
Keldysh Institute of Applied Mathematics, RAS,
Moscow, Russia
E-mail: sudakov@ws-dss.com

Yuriy P. Titov

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor of the
Department No. 304
Moscow Aviation Institute (National Research
University), Moscow, Russia
E-mail: kalengul@mail.ru