



Научно-практический
рецензируемый журнал

ОТКРЫТОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
Том 27. № 4. 2023

Учредитель:
РЭУ им. Г.В. Плеханова

Главный редактор
Юрий Филиппович Тельнов

Зам. главного редактора
Александр Викторович Бойченко
Василий Михайлович Трёмбач

Ответственный редактор
Елена Алексеевна Егорова
Никита Дмитриевич Эпштейн

Технический редактор
Елена Ивановна Аникеева

Журнал издается с 1996 года.
Свидетельство о регистрации СМИ:
ПИ № ФС77-65888 от 27 мая 2016 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 «Урал-Пресс»: 47209

© ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2023
Подписано в печать 28.08.23.
Формат 60x84 1/8. Цифровая печать.
Печ. л. 8. Тираж 1500 экз. Заказ
Напечатано в ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г.В. Плеханова».
117997, Москва, Стремянный пер., 36

СОДЕРЖАНИЕ

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Ф.Т. Агаев, Г.А. Маммадова, Р.Т. Меликова
«Образование 4.0» в эпоху цифровой трансформации: пути
повышения ее эффективности 4

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА

- И.А. Андрианов, А.М. Полянский, С.Ю. Ржеуцкая, М.В. Харина
Диагностика результатов освоения компетенций в
информационной среде обучения студентов ИТ-
направлений 17

- С.А. Михеев
Дискуссионная подготовка будущих инженеров в
виртуальной образовательной среде:
опыт эмпирического исследования 29

- А.Х. Шелепаева
Цифровая трансформация системы высшего образования:
направления и риски 42

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ

- А.А. Солодов, Т.Г. Трёмбач, К.Е. Жовноватый
Алгоритм расчета помехоустойчивости когнитивных
динамических систем в пространстве состояний 43

- Тапе Хабиб Жан Макс, А.А. Погуда
Сравнение методов анализа настроений глубокого
обучения, включая LSTM и машинное обучение 60



Scientific and practical reviewed
journal

OPEN EDUCATION
Vol. 27. № 4. 2023

Founder:
Plekhanov Russian University of
Economics

Editor in chief
Yuriy F. Telnov

Deputy editor
Aleksandr V. Boichenko
Vasilij M. Trembach

Executive editor
Elena A. Egorova
Nikita D. Epshtein

Technical editor
Elena I. Anikeeva

Journal issues since 1996.
Mass media registration certificate:
№ ФC77-65888 on May 27, 2016
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.EI@rea.ru
Web: www.openedu.ru

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

© Plekhanov Russian University of
Economics, 2023

Signed to print 28.08.23.
Format 60x84 1/8. Digital printing.
Printer's sheet 8. 1500 copies.
Order

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

CONTENTS

NEW TECHNOLOGIES

- Firudin T. Aghayev, Gulara A. Mammadova, Rena T. Melikova*
“Education 4.0” in the Era of Digital Transformation: Ways to
Improve Its Efficiency 4

EDUCATIONAL ENVIRONMENT

- Igor A. Andrianov, Andrey M. Polyanskiy, Svetlana U.
Rzheutskaya, Marina V. Kharina*
Diagnostics of the results of mastering competencies in the
information environment for teaching IT students 17

- Sergey A. Mikheev*
Discussion Training of Future Engineers
in a Virtual Educational Environment: Experience of Empirical
Research 29

- Albina Kh. Shelepaeva*
Digital Transformation of the Higher Education System:
Directions and Risks..... 42

PROBLEMS OF INFORMATIZATION OF ECONOMICS AND MANAGEMENT

- Alexander A. Solodov, Tatyana G. Trembach, Kirill E. Zhovnovatiy*
Algorithm for Calculating Noise Immunity of Cognitive
Dynamic Systems in the State Space..... 43

- Tape Habib Jean Max, Alexey A. Poguda*
Comparison of Deep Learning Sentiment Analysis Methods,
Including LSTM and Machine Learning..... 60

СОСТАВ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА журнала «Открытое образование»

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Образование 4.0» в эпоху цифровой трансформации: пути повышения ее эффективности

Цель этой статьи — показать эволюцию и требования образовательной системы в эпоху 4-ой промышленной революции, выявить основные проблемы, определить актуальные направления дальнейших исследований.

Четвертая промышленная революция основывает свое развитие на интеллектуальных технологиях, искусственном интеллекте, больших данных, робототехнике и т.д. В новых условиях, перед учебными заведениями стоит задача подготовки успешных выпускников и новых способов обучения. Актуальность проблем, изложенных в настоящей статье, определяется главной целью высшего образования — подготовка квалифицированных человеческих ресурсов для экономики страны, создание и поддержание обширной передовой базы знаний, обеспечение личного развития выпускников учебного заведения. Именно качество высшего образования определяет качество человеческих ресурсов в стране. Для этого студентам необходимо овладеть широким набором компетенций в выбранной ими области обучения, постоянно расширять границы знаний во всех дисциплинах, развивать профессиональные навыки в области бизнеса, науки и новых технологиях.

Методология и методы исследования. В процессе исследования был осуществлен анализ научных публикаций за период 2012–2022 годы (плюс начало 2023 года), размещенных в базах данных: Springer Link, IEEE Xplore, ACM, Science Direct, Google Scholar, а также в научной электронной библиотеке eLIBRARY.ru.

В процессе исследования были использованы общенаучные методы: аналитический обзор проблемы, методы синтеза, индукции, применены методы сравнительного анализа, обобщения и системного подхода в вопросах использования методов интел-

лектуального анализа в системах электронного образования, использовались научные публикации последних 20 лет.

Результаты и научная новизна. В нашем исследовании были определены наиболее распространенные задачи, используемые в EDM, а также те, которые являются наиболее перспективными в будущем. Осуществленный в работе теоретический анализ основных ключевых тенденций «Образования 4.0», позволил выявить основные характеристики образования. Было показано, что образование должно стать более индивидуализированным и адаптированным к возможностям обучаемого. В результате проведенного исследования выявлены наиболее характерные задачи Data Mining в образовании, показаны пути его совершенствования и повышения качества.

Практическая значимость. В настоящее время образовательные учреждения стремятся улучшить свое обучение и преподавание путем анализа данных, собранных во время учебы студентов, разрабатываются новые механизмы на основе данных и совершенствуют интересные модели, которые могут помочь улучшить академические результаты, стимулировать мотивацию учащихся и избежать их отсева.

Полученные результаты можно использовать в качестве информационного материала в дальнейших исследованиях, связанных с изучением развития системы образования в эпоху «Индустрии 4.0». Ожидается, что полученные результаты могут быть использованы специалистами, руководителями и преподавателями для улучшения образовательной деятельности.

Ключевые слова: Образование 4.0, гибкая модель обучения, персонализированное обучение, проектное обучение, Data Mining в образовании.

Firudin T. Aghayev, Gulara A. Mammadova, Rena T. Melikova

Institute of Information Technology, Baku, Azerbaijan

“Education 4.0” in the Era of Digital Transformation: Ways to Improve Its Efficiency

The purpose of this article is to show the evolution and requirements of the educational system in the era of the fourth industrial revolution, to identify the main problems, to identify current areas for further research.

The fourth industrial revolution bases its development on smart technologies, artificial intelligence, big data, robotics, etc. In the new conditions, educational institutions are faced with the task of preparing successful graduates and new ways of learning. The relevance of the problems outlined in this article is determined by the main goal of higher education is to prepare qualified human resources for the country's economy, create and maintain an extensive advanced knowledge base, and ensure the personal development of graduates of an educational institution. It is the quality of higher education that determines the quality of human resources in a country. To do this, students need to master a wide range of competencies in their chosen field of study, constantly expand the boundaries of knowledge in all disciplines, and develop professional skills in business, science and new technologies.

Methodology and research methods. During the study, an analysis of scientific publications for the period 2012–2022 (plus the beginning

of 2023) was carried out, posted in the databases: Springer Link, IEEE Xplore, ACM, Science Direct, Google Scholar, as well as in the scientific electronic library eLIBRARY.ru.

In the course of the study, general scientific methods were used: an analytical review of the problem, methods of synthesis, induction, methods of comparative analysis, generalization and a systematic approach were applied to the use of intellectual analysis methods in e-education systems, scientific publications of the last 20 years were used.

Results and scientific novelty. Our research has identified the most common tasks used in EDM, as well as those that are the most promising in the future. The theoretical analysis of the main key trends of “Education 4.0” carried out in the paper made it possible to identify the main characteristics of education. It was shown that education should become more individualized and adapted to the abilities of the learner. As a result of the study, the most characteristic tasks of Data Mining in education were identified, ways of its improvement and quality improvement were shown.

Practical significance. Currently, educational institutions are striving to improve their learning and teaching by analyzing data

collected during students' studies, developing new databased mechanisms and improving interesting models that can help improve academic outcomes, stimulate student motivation and avoid dropouts.

The results obtained can be used as information material in further research related to the study of the development of the education

system in the era of "Industry 4.0". It is expected that the results obtained can be used by specialists, managers and teachers to improve educational activities.

Keywords: Education 4.0, flexible learning model, personalized learning, project-based learning, Data Mining in education.

Введение

Технологические достижения последних десятилетий привели к важным изменениям в обществе. В «Образовании 4.0» информация становится повсеместно доступной, а процесс преподавания и обучения — динамичным. Важной составной частью системы образования будет являться электронное обучение. У студентов появится возможность учиться в своем собственном темпе, они будут использовать свое собственное сочетание средств обучения и методологии с использованием различных устройств, программ и методов в зависимости от их собственных предпочтений. И одним из основных атрибутов «Образования 4.0» явится персонализация образования с широким использованием интеллектуальных обучающих технологий.

Четвертая промышленная революция внесла значительные изменения во все сферы человеческой деятельности, в т. ч. и в сферу образования. На смену образованию 3-го поколения пришло образование четвертого поколения — Образование 4.0 (Education 4.0). С его появлением полностью меняется концепция образования, появляются новые тенденции. Благодаря новым интерактивным средствам обучения, образование перестает зависеть от времени и пространства, студенты имеют возможность учиться где угодно и когда угодно [1]. Обучение стало более адаптированным к возможностям обучаемых и индивидуализированным [2].

В образовании 4.0 каждому студенту будет рекомендована гибкая модель обучения, при

которой, преподаватели могут использовать онлайн-данные для отслеживания и измерения результатов своих учеников, а затем предоставлять индивидуальные рекомендации, основанные на конкретных сильных и слабых сторонах обучаемых. При успешной образовательной ориентации, каждый обучаемый станет более успешным в тех областях, к которым он предрасположен, и разовьет свои слабые стороны благодаря собственному гибкому плану обучения.

Для подготовки студентов к будущей практической работе, необходимо ознакомить их с проектным обучением, при котором появляется возможность применить полученные знания в реальном проекте [3–4]. Проектное обучение научит студентов применять свои навыки в различных ситуациях, включая такие навыки, как организация, работа в команде, управление временем и проектами. Студент превратится в самостоятельного человека, эффективно использующего свои таланты во многих областях, особенно в технологиях.

Образование 4.0, основанное на проекте, способствуют преобразованию теоретических знаний в практический опыт и максимально точно воспроизводит реальный мир. Благодаря обучению на основе проектов, студенты на протяжении всей академической карьеры могут развить себя в областях, имеющих большое практическое значение и улучшить свои способности при решении проблем, сотрудничестве и командной работе, тайм-менеджменте.

С каждым днем мир технологически развивается. Когда выпускники покидают уни-

верситет, они могут не знать своей будущей профессии, но они будут очень хорошо разбираться в технологиях и смогут реагировать на глобальные потребности Индустрии 4.0. Для этого им необходимо овладеть компетенциями для работы с данными (разработка, управление, сбор, обработка и интерпретация). В качестве одного из важных требований Образования 4.0 является то, что студенты должны научиться распознавать тенденции в изучаемых данных и на их основе разрабатывать рекомендации. В результате они должны научиться подходить к стандартным данным с нетривиальной точки зрения.

В будущем математика сохранит свое место в нашей жизни, но на этот раз, эти операции будут выполнять роботы, а не люди. Современные компьютеры могут выполнять все математические действия, которыми должны овладеть учащиеся. Наряду с овладением компьютерных навыков, все большее значение будет приобретать умение учащихся анализировать и интерпретировать полученные данные. Интерпретация данных для обнаружения тенденций и логических выводов станет тенденцией будущего [5]. Задача учащихся будет заключаться в том, чтобы сделать выводы на основе полученных данных.

В нынешней системе образования учащиеся сдают экзамен в форме вопросов и ответов. По мнению многих педагогов, эта система работает только в краткосрочной перспективе. После экзамена студенты очень быстро забывают заученную информацию. В Образовании 4.0 основное внимание будет уделяться оце-

ниванию полученных знаний, а не экзаменам [6]. Оценивание знаний будет полностью изменено. Применение полученных знаний и овладение навыками будет проверяться на всем периоде обучения, а не на одном экзамене. Это будет делаться для того, чтобы выпускники университетов могли использовать полученные знания как только они приступят к профессиональной деятельности.

В Образовании 4.0 учащиеся будут участвовать в создании учебных программ. Поддержка современной, актуальной и полезной учебной программы будет важна как для профессионалов, так и для студентов. В настоящее время учебные программы содержат некоторый объем информации, который уже невозможно применить к реальным условиям. Вклад студентов в содержание своих курсов поможет создать комплексную учебную программу, соответствующую их интересам. Это означает, что в будущем учебные программы будут составляться преподавателями и учащимися вместе. Студенты станут хозяевами своего обучения, у них будет возможность принимать активное участие при разработке учебных программ и целей обучения. Вклад студентов в содержание и долговечность своих курсов является обязательным условием всеобъемлющей учебной программы.

Считается, что через 20 лет процесс обучения студентов будет иметь более самостоятельную форму. В этой форме, наставничество приобретет все большее значение, т.е. преподаватели будут играть ключевую роль в образовании как наставники. Преподавателям и другим специалистам в области образования придется больше работать в качестве наставников и тренеров для студентов. В этой роли педагоги окажут ценную услугу, помогая студентам наметить путь в лабиринте доступной им информации.

Применение методов Data Mining в электронном образовании

В последний период времени резко увеличилось использование компьютерных технологий в сфере образования, в информационных системах учебных заведений накопился большой объем информации об учащихся и преподавателях (полученные оценки, посещаемость, научная деятельность и т.д.). Источниками образовательных данных в электронном образовании являются оценки студентов на экзаменах, ответы на тестовые задания, учебный контент, файлы регистрации действий студентов в сети, анкетные данные, учебные программы дисциплин, взаимодействия в социальных сетях и т.д.

В связи с этим, возникла необходимость анализа такого огромного потока данных, выявления в них закономерностей и взаимосвязей для принятия эффективных решений в образовательной сфере. Для решения этих задач используется интеллектуальный анализ образовательной информации (Educational Data Mining – EDM).

Методы и инструменты EDM предназначены для автоматического извлечения содержания из больших хранилищ данных, созданных в результате учебной деятельности людей в образовательных учреждениях и могут быть использованы для принятия управляющих воздействий по улучшению образовательного процесса [7–8].

Основными целями применения методов интеллектуального анализа данных в образовании являются:

- улучшение образовательного процесса путем принятия своевременных управленческих решений в сфере образования;
- управление образовательной траекторией студентов;

- улучшение методики оценивания знаний студентов;

- выявление неявных взаимосвязей между полученной в процессе обучения образовательной информацией и приобретенными умениями и навыками учащихся;

- оптимизация обновления учебных программ по предметам;

- увеличение числа выпускников;

- повышение качества образования и т.д.

Применение EDM предоставит дополнительные возможности как для обучающихся, так и преподавателей.

Для обучающихся:

- Позволит им ставить собственные цели, двигаться в своем темпе и взаимодействовать с коллегами и преподавателями.

- Обучение станет личностно-ориентированным, будут учитываться личностные характеристики и особенности развития каждого обучаемого, будут разрабатываться индивидуализированные учебные программы для прохождения практических занятий, выполнения лабораторных, курсовых работ, научной и исследовательской деятельности.

- В соответствии со своими реальными потребностями, учащиеся могут выбирать соответствующий контент, контролировать скорость обучения, применять разумные стратегии обучения и получать определенные учебные ресурсы.

- Для реализации совместного обучения в сети студенты могут исследовать и передавать учебный контент с помощью различного удобного программного обеспечения.

Для преподавателей:

- На основе анализа образовательных данных (ответы студентов на тестовые задания, экзаменационные оценки и др.), преподаватель будет иметь представление об уровне знаний студентов, сложностях и проблемах, которые они ис-

пытаются в процессе обучения. Полученная информация позволит преподавателю улучшить образовательную практику и учебные программы.

– Методы EDM предоставят преподавателям лучшие методы и приемы для облегчения работы, позволят им лучше общаться с обучаемыми, делать это более эффективно и быстро. Сократится административная нагрузка, автоматизируются и модернизируются определенные процессы и методы обучения.

– Преподавателю в автоматизированном режиме будет предоставлена обратная связь с обучаемым, которая позволит ему оценить структуру и содержание курса, проанализировать элементы, которые оказались эффективными при обучении, оценить процесс обучения, улучшить учебную среду, обеспечить индивидуальную помощь каждому учащемуся в соответствии с его потребностями.

– Используя экзаменационные оценки, ответы тестов, участие в форумах и исследовательской деятельности, у преподавателя появится возможность разделить студентов на группы – по уровню восприятия информации. Содержание обучения станет адаптированным к когнитивным возможностям учащихся каждой группы, а образовательный процесс будет настраиваться под конкретного обучаемого. Этот процесс включает в себя обеспечение адаптированной и персонализированной среды обучения для отдельных групп студентов, доставки индивидуализированного учебного контента.

– В электронном образовании в автоматизированном режиме собирается детализированная информация о частоте и длительности просмотра учебного материала, ошибках при прохождении тестирования, выполненных контрольных заданиях. Вся эта информация

сохраняется в системе. Применение EDM позволит преподавателю адаптировать курс под конкретного студента. Если студент быстро справляется с контрольными заданиями и тестами, то ему будут предложены более сложные задания (факультативно). И наоборот, при большом количестве ошибок в тестовых заданиях, преподаватель может определить возможные причины неудач, возникающих у студентов и дать рекомендации для изучения дополнительного материала.

Применяя методы искусственного интеллекта в электронном образовании, можно традиционный контент учебника разбить на интерактивный контент, в котором педагоги могут настраивать контент в соответствии с требованиями и включать аудио- и видеоролики для создания реалистичной среды. Интеллектуальная система предоставляет контент электронного обучения в более персонализированном формате. Например, в процессе обучения, система может пропустить несколько модулей электронного обучения, и вернуться к ним позже, или использовать более комплексный, линейный подход для тех, кому все еще не хватает базовых знаний.

Интеллектуальная система обучения помогает эффективно преподавать определенные предметы, разрабатывать интеллектуальный, удобный и гибкий интерфейс для учащихся. Этот новый метод использует программу машинного обучения для имитации процесса обучения учащихся. Алгоритмы машинного обучения позволяют преподавателю предоставлять конкретный контент электронного обучения на основе прошлых результатов и индивидуальных целей обучения. Например, история онлайн-учащегося показывает, что он предпочитает тактильные виды электронного обучения. Тогда, система будет

автоматически корректировать курс электронного обучения, включив в него более серьезные игры и симуляции, которые являются кинестетическими по своей природе. Точно так же, онлайн-учащиеся, у которых есть определенные пробелы в навыках, получают целевые рекомендации, которые помогут развить соответствующие таланты и способности, приобретать соответствующие компетенции.

Искусственный интеллект может работать в качестве виртуального наставника. В интеллектуальной системе обучения студенты могут задавать системе вопросы, на которые они получают соответствующие ответы. Это помогает устранить соответствующие пробелы в обучении и создает учащимся улучшенную среду обучения.

Связанные работы: обзор литературы

На основании вышеизложенного, могут быть выделены следующие основные цели применения EDM:

- улучшение модели предметной области, которая характеризуется изучаемым контентом и оптимальной последовательностью изложения;
- прогнозирование успеваемости студентов путем создания модели обучаемого, включающей такую информацию, как его знания, мотивацию и отношение к учебе;
- совершенствование образовательного процесса путем ее адаптации индивидуальным характеристикам и предпочтениям обучаемого, персонализация обучения;
- разделение обучаемых на группы и определение приоритетов обучения для различных групп учащихся;
- обнаружение нежелательного поведения учащихся и рисков отчисления из учебного заведения;
- анализ взаимодействий студентов в социальных сетях.

Рассмотрим подробнее эти цели.

Одной из задач EDM является предсказание успеваемости обучающегося, целью которого является построение модели обучающегося, основанной на его оценках, знаниях и навыках, полученных в предыдущие периоды обучения. Чаще всего, прогнозирование используется для предсказания результатов обучения. Прогнозирование предполагает разработку модели, опирающейся на большие массивы данных, которая адекватно описывает исследуемый процесс и может вывести одно множество данных (прогнозируемых переменных) из некоторого сочетания других данных (переменных-предикторов) [9].

Разработка моделей, прогнозирующих успеваемость учащихся, может помочь создать эффективные механизмы, улучшающие процесс обучения и академические результаты, предотвратить отсеивание, выявить на ранней стадии учащихся с проблемами в обучении и дать им конкретные рекомендации. Прогнозирование также перспективно для разработки моделей предметной области, использующих показатели предметной области, таких как, связывание процедур или фактов с определенной последовательностью и количеством теоретических и практических заданий [10].

Методология прогнозирования в EDM используется по-разному. В качестве способов предсказания используется статистические методы (регрессия, экспоненциальное сглаживание и т.д.) и методы структурного моделирования (нейронные сети, классификационные модели на основе деревьев решений, цепи Маркова). Так, в работе [11] для разработки моделей прогнозирования на основе личных, до университетских и университетских характеристик студента, применили различные

методы интеллектуального анализа данных: ассоциативные правила обучения, классификатор дерева решений, нейронную сеть и метод ближайшего соседа.

Следующей, широко используемой моделью для прогнозирования, является модель регрессии, используемая для сопоставления между входными и выходными переменными. Задача регрессии состоит в подборе функции, которая на основе известных данных предсказывает неизвестные данные. Во многих работах методы регрессии используются для прогнозирования непрерывных оценок студентов на определенных курсах [12–13].

В большинстве исследований последних лет, для решения задач прогнозирования успеваемости обучающихся, большое внимание отводится применению алгоритмов классификации и регрессии при помощи «деревьев решений». В «деревьях решений» устанавливаются правила разбиения данных в соответствии с их признаками, которые могут давать интерпретируемые результаты и привлекают большое внимание к задачам прогнозирования. Они могут быть преобразованы в набор правил «если-то», интуитивно понятных людям. В работах [14–15] авторы исследования изучили и оценили эти правила для повышения точности прогнозов для системы высшего образования.

В некоторых работах метод «дерева решений» был использован для прогнозирования «отсева» студентов [16]. Были выявлены студенты, которые с большей вероятностью бросят учебу в свой первый год инженерного обучения. При использовании метода дерева решений сравнивались алгоритмы ID3, C4.5, CART и ADT, использовалась информация об оценках за предыдущие периоды обучения, доходе семьи учащегося, образовании родителей и т. д. В результате

проведенной работы, для сокращения отсева студентов, был выявлен список учащихся, которым необходимо уделять особое внимание. Результаты этого исследования показывают, что «деревья решений» могут создать эффективную прогностическую модель на основе существующих данных учащихся.

Некоторые авторы для прогнозирования используют методы кластеризации [17]. При кластеризации объекты классифицируются по разным группам так, что в одну группу попадают похожие объекты, отличающиеся от объектов другой группы. В интеллектуальном анализе образовательных данных, кластеризация используется, например, для разбиения студентов на группы. Обычно, для нахождения похожих данных применяются различные меры близости. В работе авторы применили алгоритм кластеризации k-means (к-среднее) для разделения студентов на группы в зависимости от их академической успеваемости, в результате чего было спрогнозировано и выявлено студентов, которые с наибольшей вероятностью в будущем будут отчислены из учебного заведения. В этом исследовании, для объединения учащихся в разные группы в зависимости от грамотности, были применены и другие методы кластеризации — самоорганизующиеся карты и двухэтапная кластеризация. Сделан вывод о том, что методы интеллектуального анализа данных могут помочь университетам выявить студентов, которым требуется дополнительная подготовка.

Достижения в области информационных технологий последних лет привели к развитию концепции персонального образования (PLE — Personal Learning), идея которого состоит в обеспечении обучающихся возможностями, позволяющими им настраивать и управлять собственным обучением.

Так, в работе [18], для реализации индивидуальных образовательных траекторий при изучении математических дисциплин, предложено внедрить трехступенчатую «оценочно — корректирующую адаптацию» (адаптация нормативных параметров уровня усвоения материалов с учетом результатов, достигнутых учащимися). Апробация метода проводилась в адаптивном электронном курсе дискретной математики в Сибирском федеральном университете в России. Внедрение предложенной трехступенчатой системы позволило сформировать для каждого обучающегося личное пространство математического образовательного содержания, адаптирующегося к его уровню усвоения материала. Внедрение данного метода способствовало повышению качества обучения математическим дисциплинам.

В других исследованиях [19–20] была предложена концепция электронного обучения, основанная на принципах персонализации и вариативности содержания. Предметная область была представлена системой, выстроенных в виде иерархической структуры дерева базовых понятий. На основе предложенной системы обучения был разработан электронный курс, успешно внедренный в образовательный процесс студентов.

С развитием новых технологий, данные, собранные из реального мира, становятся больше как по размеру, так и по измерениям. Возрастающая сложность данных вызывает появление новых паттернов, которые не соответствуют ожидаемому поведению или отличаются от большинства других данных объектов, с точки зрения некоторых характеристик. Выявление и анализ интересных или неожиданных паттернов очень важны во многих областях, поскольку они могут указывать на ценную и

актуальную информацию. Эти неожиданные закономерности называются «выбросами», а процесс их обнаружения в данных называется обнаружением выбросов. Первое определение выбросов было дано Граббсом в 1969 г. [21]. Выбросом является такое наблюдение, которое заметно отличается от других членов выборки, в которой оно встречается. С тех пор выбросы постоянно исследуются и охарактеризованы в различных работах [22–23].

Раньше основной целью поиска выбросов была очистка данных — удаление их из данных из-за чувствительности существующих моделей к наблюдениям, которые отклонялись от большинства наблюдений. Однако после 2000 года исследователи начали обращать внимание на выбросы, поскольку они могли указывать на интересные особенности, подозрительные события или записи аномальных данных.

В последних работах исследуется влияние выбросов на прогноз отсева студентов из учебного заведения, а также на прогноз окончательных результатов успеваемости [24–25]. Многие учебные заведения стремятся снизить процент отсева. Растущий уровень отсева негативно влияет на социальные аспекты, такие как, сокращение числа людей с высшим образованием, и экономические аспекты (финансирование студентов, которые не заканчивают учебу). Это приводит к растущему интересу к изучению факторов, влияющему на отсев.

Взаимосвязь между переменными и отсевом из учебного заведения можно использовать для построения модели прогнозирования, которая затем может выявить учащихся из групп риска. Заблаговременное составление этих прогнозов может помочь учебным заведениям избежать или уменьшить влияние конкретных проблем. В работе [26], используя информацию о

времени отклика учащихся на данные электронного обучения, выявили студентов, имеющих трудности с обучением, обнаружили учащихся с проблемами обучения и нерегулярными процессами обучения. Более того, было обнаружено нетипичное поведение обучаемого в виртуальном кампусе. Поиск «выбросов» может помочь в определении учащихся из группы риска и выявить данные, влияющие на них.

Одной из важных задач интеллектуального анализа данных является обнаружение неочевидных отношений между объектами в наборе данных («Анализ отношений») [27]. В электронном образовании собираются огромные массивы данных о пользовательских шаблонах, к которым можно применять методы Data Mining для обнаружения взаимосвязей между различными переменными. Такой анализ влечет за собой выявление переменных, тесно связанных с конкретными данными, представляющими особый интерес. В электронном образовании «Анализ отношений» может быть использован для обнаружения интересных взаимосвязей между атрибутами учащихся, атрибутами проблем и стратегиями решения, анализа правил ассоциации, последовательных и частых шаблонов.

Последовательный анализ шаблонов создает правила, фиксирующие связи между «N» вхождениями последовательных событий, например, поиск временных последовательностей действий учащегося в процессе онлайн-обучения, с последующим извлечением важных шаблонов из набора последовательностей. Анализ шаблонов может использоваться для поиска связей между различными темами образовательной программы, извлечения наиболее трудных и важных тем, изучения того, какие шаблоны в поведении учащихся при сотрудничестве

ведут к более успешному конечному групповому проекту, исследования взаимосвязи между действиями учащихся во время практических занятий и их результатами на итоговом контрольном тесте.

Интеллектуальный анализ правил ассоциации является наиболее распространенным методом EDM. Отношение, обнаруживаемое при анализе ассоциативных правил, представляет собой правила «если» → «тогда». Основная цель этих правил состоит в том, чтобы определить, вызывает ли одно событие другое событие. При помощи этого метода устанавливается взаимосвязь между двумя или более переменными в наборе данных. В образовании, например, можно установить взаимосвязь между уровнем образования родителей и отсевом учащихся из учебного заведения или выяснить, какие педагогические стратегии ведут к более эффективному/надежному обучению [28].

Анализ ассоциативных правил можно использовать для поиска однотипных ошибок учащихся при ответах на тестовые задания, связывания используемого контента с типами пользователей, создания рекомендаций по улучшению учебного материала и внесения изменений в подходы к обучению. Этот метод можно также применить для обнаружения ассоциаций между успеваемостью учащихся и последовательностью курсов, а также выяснения того, какие педагогические стратегии являются более эффективными и надежными в обучении. Последняя область, называемая обучающей аналитикой, предназначена для помощи исследователям в создании автоматизированных систем, моделирующих эффективные стратегии обучения. Обнаружение отношений между последовательными событиями можно выявить, например, исследуя стратегии обучения

студентов на основе их действий в ходе онлайн-обучения или серьезной игры. В работе [29], используя извлеченные правила, в соответствии с поведением и предпочтениями учащихся, нашли для них список подходящих курсов онлайн-образования.

Одной из не менее важных задач EDM является оценка сформированности профессиональных компетенций студентов. С этой целью, были разработаны алгоритмы построения компетентностной модели обучающихся [30–31]. В работе [32] предлагается интеллектуальная система оценки уровней сформированности профессиональных компетенций обучающихся в электронном обучении на уровне дисциплин, модулей и образовательной программы в целом. Эти оценки были использованы для принятия решений об изменении структуры и содержания дисциплин, модулей и образовательных программ. В работе, для оценки знаний использовались нечеткие бинарные отношения между стандартными ответами, синтезированными по тестовым вопросам из базы знаний, и ответами учащихся. Уровень компетентности рассчитывался как среднее значение всех видов компетенций по образовательной программе, на основе оценок, полученных по дисциплинам, входящим в учебные модули. Такой подход позволил определить уязвимые места каждой дисциплины, каждого модуля, каждой компетенции и образовательной программы в целом.

При определении уровня компетентности, в англоязычной литературе используется очень популярный термин — «трассировка знаний» (Knowledge Tracing, KT), задачей которого является моделирование знаний. Используя этот метод, на основе ряда предыдущих практик и результатов обучения, производится

оценка состояния знаний и приобретенных навыков учащегося, предсказывается, сможет ли он правильно ответить на поставленные вопросы или решить соответствующие задачи. Частным случаем данного метода является байесовская трассировка знаний (Bayesian Knowledge Tracing, BKT) [33, 34], в которой знания учащегося представлены в виде набора бинарных переменных. В результате применения данного метода делался вывод об успешном или неуспешном освоении знаний и навыков учащимся. Отслеживание знаний учащихся также может использоваться для мониторинга учебной деятельности и помощи преподавателям в предоставлении персонализированной и целенаправленной обратной связи с обучаемым [35].

В исследовании [36] были изучены социально-демографические данные (возраст, пол, этническая принадлежность, образование, статус работы и инвалидность) и условия обучения (программа курса и блок курса), которые могли помочь в выявлении успешных и неуспешных студентов. Исследователи пришли к выводу, что классификация студентов на основе информации перед зачислением, может помочь выявить студентов, которым грозит прекращение курса, и предложить программы консультирования и наставничества, чтобы сделать их успешными.

В последние годы, в задачах EDM начали использовать «Анализ социальных сетей» (Social Network Analysis, SNA), направленный исследование взаимодействий между различными людьми. Анализ социальных сетей — это область исследования, в которой делается попытка понять и измерить взаимосвязи между данными, распространяемыми в социальных сетях. Подходы интеллектуального анализа этих данных можно использовать для изучения

онлайн-взаимодействий студентов друг с другом, студентов и преподавателей [37–38]. Хранилища знаний в Интернете, такие как, вики, форумы, блоги и видеоролики, которыми делятся участники, все чаще становятся основным учебным ресурсом не только для студентов, но и других пользователей сети. Методы EDM в социальных сетях могут быть использованы для майнинговой группой деятельности обучаемых.

Социальные технологии поддерживают гибкость в процессах обучения, обеспечивая легкую публикацию, обмен идеями, ссылки на соответствующие ресурсы в интернете. Кроме того, некоторые авторы утверждают, что образовательная деятельность в социальных сетях ценна для развития навыков совместной работы студентов, где студенты используют привлекательные для них социальные технологии. В статье [39] исследуются возможности использования социальных сетей для персонализации контента учебных материалов, распространяемого студентами ВУЗа в социальной сети.

В последнее десятилетие наблюдается неуклонный рост исследований в области лингвистического анализа и переработки текста. Анализ текста (Text Mining) служит для интеллектуального анализа текстовых данных путем извлечения из неструктурированных документов ранее неизвестных и полезных данных, поиск релевантной информации, оценку и интерпретацию полученных результатов [40]. Text Mining включает методы кластеризации, классификации и категоризации текстовой информации, выявление сущностей, правил и полезных данных. В электронном образовании Text Mining может использоваться при анализе учебных материалов, курсовых работ и иных публикаций студентов, исследовании контента социальных сетей при взаи-

модействии студентов. Так, в исследовании [41], Text Mining применили для выявления наиболее сложных для изучения учащимися, тем. В работе было предложено решение, основанное на модели глубокого обучения (Deep-Learning), которая автоматически извлекает основные темы, освещенные в учебных документах. Автоматизация процесса определения тем позволила быстро анализировать результаты обучения учащихся по каждой теме и предоставить преподавателям соответствующую информацию для улучшения материалов и ресурсов в соответствии с потребностями учащихся.

Материалы и методы исследования

Проведенное исследование позволило выявить основные тенденции цифровой трансформации образования в эпоху 4-ой промышленной революции. Было показано, что технологические достижения последних лет оказали большое влияние на учебные заведения, позволили студентам получить свободный доступ к большому объему информации и, следовательно, к большому количеству знаний.

Если информационные революции конца 90-х и начала 2000-х привели к применению информационно – коммуникационных технологий в образовательной сфере, то позже, эти технологии открыли новые возможности в сфере инноваций по внедрению новых образовательных методологий, ориентированных на осмысленное обучение, готовящих обучаемого к работе и технологиям, которые еще не созданы, а также к решению проблем, которые еще не были предсказаны.

Несмотря на множество научных работ и исследований, посвященных использованию и применению методов интеллектуального анализа данных в

образовании, в этой области, по-прежнему, не хватает систематических и объективных организационных исследований. Анализ научных публикаций показал, что подавляющее большинство статей было посвящено высшему образованию. Это может быть связано с лучшим доступом к данным за счет разработки систем управления обучением (LMS) в высших учебных заведениях, а также с тем, что там легче проводить научные эксперименты. Большинство исследований было направлено на:

- Проектирование и разработку индивидуальных сценариев обучения, основанных на паттернах, адаптации каждого отдельного обучаемого к содержанию, интерфейсам и последовательности обучения. Для этой цели использовались методы Data Mining – анализ правил ассоциации, кластеризация и анализ последовательных шаблонов.

- Прогнозирование успеваемости обучаемых, основанное на оценках, знаниях и навыках, полученных ими в предыдущие периоды учебы. Прогнозирование успеваемости учащегося является одним из старейших и наиболее распространенных приложений Data Mining, в котором применяется несколько методов и моделей (нейронные сети, байесовские сети, структуры на основе правил, а также регрессионный и корреляционный анализ).

- Выявление учащихся из групп риска. Целью исследования явилось выявление нежелательного поведения учащихся с проблемами в учебе, с такими, как: прогулы, плохая мотивация к учебе, чрезмерное увлечение компьютерными играми и т.д. Эти исследования помогают администрации учебного заведения на ранней стадии выявлять студентов с высоким риском отсева, для выработки рекомендаций и оказания таким учащимся

своевременной помощи. Алгоритмы классификации, используемые для выявления ненадлежащего поведения учащихся, включают нейронные сети, дерево решений, наивный байесовский алгоритм, обучение на основе экземпляров, логистическую регрессию и др.

– Разделение учащихся на группы, с целью определения приоритетов обучения для каждой группы обучаемых. Задача состоит в том, чтобы создать студенческие группы, ориентированные на индивидуальные характеристики, навыки межличностного общения и т. д. Результаты такого разделения используются для создания адаптированной структуры обучения, способствующей продуктивному обучению в сообществе, разработки адаптивного контента и т. д. В этих исследованиях использовались такие методы интеллектуального анализа данных как кластеризация и классификация. Алгоритмы кластеризации использовались для идентификации классов обучаемых с одинаковыми показателями способностей (например, к-средних). Для классификации обучаемых и разделения их на группы использовались такие методы, как, нейронная сеть, деревья решений и случайный лес, дерево регрессии и классификация.

– Проектирование и разработка учебных программ по различным дисциплинам. В электронном образовании дизайн и разработка учебной программы может повлиять на эффективность обучения. Дизайн и разработка учебной программы важны для онлайн-обучения и могут повлиять на эффективность обучения учащихся. Однако учащиеся предъявляют разные требования к учебным программам, и существующая структура учебных программ в значительной степени зависит от знаний и опыта экспертов,

что затрудняет адаптацию к разным учащимся. Развитие интеллектуальных технологий позволило более точно анализировать персонализированную информацию и запросы учащихся. Появились интеллектуальные платформы онлайн-обучения, которые начали задействовать многие из распространенных в настоящее время технологий и использовать их, чтобы помочь преподавателям и учащимся разрабатывать персонализированные онлайн-учебные планы.

Заключение

Мы стоим на пороге 4-й промышленной революции, в основе которой лежит концепция полностью сетевого и адаптивного производства с интеллектуальными системами. В соответствии с меняющимися требованиями, необходимы изменения на рынке труда и, как следствие, в концепциях обучения. В этом контексте, специализация в технологической сфере будет расти, а области знаний станут другими. Чтобы соответствовать изменениям и тенденциям рынка труда, производственная сфера требует от образования и, в частности, от университетов человеческих ресурсов с новыми умениями и навыками, так как именно люди — ключевой фактор экономического роста.

Образовательные системы должны адаптироваться к новым условиям, чтобы обеспечивать обучение трудным навыкам, таким как проектирование технологий и управление ресурсами. Такие навыки необходимы для того, чтобы люди могли развиваться в более сложном, взаимосвязанном и быстро меняющемся мире. Учащиеся, которые лучше подготовлены к будущему, станут проводниками перемен, способными положительно влиять на намерения и чувства других людей и понимать их, а

также предвидеть краткосрочные и долгосрочные последствия проблем, влияющих на общество.

Применение интеллектуальных систем в образовании позволит преподавателям лучше изучить потенциал учащихся, находить более эффективные решения и подходы для удовлетворения индивидуальных потребностей обучаемых. В свою очередь, эти системы позволят учащимся планировать свое время и учиться в своем собственном темпе, самостоятельно искать ресурсы в интернете, повысит их мотивацию в получении образования. Интеллектуальный анализ образовательной информации, предоставит инструкторам и администрации учебного заведения возможности в качестве поддержки для принятия решений в сфере образования, способствуя тем самым более успешному обучению и повышению его качества.

Образовательные учреждения должны отойти от традиционного способа передачи знаний и предоставить педагогам автономии, возможность с помощью современных технологий экспериментировать с новыми педагогическими приемами для учащихся и устанавливать собственный темп обучения. Используя аналитику обучения и прогнозное моделирование, Образование 4.0 и искусственный интеллект могут сыграть ключевую роль в выявлении новых факторов в успеваемости учащихся и реализации персонализированного обучения. Используя образовательные инновации, современные преподаватели должны искать новые способы улучшить свое обучение в будущем. В этом смысле, данное исследование предполагает, что преподавателям необходимо пересмотреть старые истоки ориентации и обучения и обновить свой учебный опыт, чтобы выполнить требования Образования 4.0.

Литература

1. Клочкова Е.Н., Садовникова Н.А. Трансформация образования в условиях цифровизации // Открытое образование. 2019. № 23(4). С. 13–22. DOI: 10.21686/1818-4243-2019-4-13-22.
2. Сазонов Б.А. Организация образовательного процесса: возможности индивидуализации обучения // Высшее образование в России. 2020. № 6. С. 35–50. DOI: 10.31992/0869-3617-2019-29-6-35-50.
3. Astawa N.L., Artini L.P., Nitiasih P.K. Project-based Learning Activities and EFL Students' Productive Skills in English // Journal of Language Teaching and Research. 2017. № 8(6). С. 1147–1155.
4. Bell S. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future // The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas. 2010. № 83(2). С. 39–43.
5. Marr B. Extended reality in practice: 100+ amazing ways virtual, augmented and mixed reality are changing business and society. Wiley. 2021. 272 с.
6. Partnership for 21st Century Skills. Framework for 21st Century Learning [Электрон. ресурс]. 2019. Режим доступа: <https://bit.ly/3FS9JBC>.
7. Ryan S.J.D., Yacef K. The state of educational data mining in 2009: A review and future visions // Journal of Educational Data Mining. 2009. № 1(1). С. 3–17.
8. Romero C., Ventura S. Data Mining in Education // WIREs Data Min. Know. Discov. 2013. № 3. С. 12–27. DOI: 10.1002/widm.1075.
9. Белоножко П.П., Карпенко А.П., Храмов Д.А. Анализ образовательных данных: направления и перспективы применения [Электрон. ресурс] // Наукоедение. 2017. Т. 9. № 4. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/15TVN417.pdf>.
10. Baker R., Gowda S.M., Corbett A.T. Automatically detecting a student's preparation for future learning: Help use is key // In Proceedings of the 4th International Conference on Educational Data Mining. 2011. С. 179–188.
11. Kabakchieva D. Predicting student performance by using data mining methods for classification // Cybernetics and Information Technologies. 2013. № 13(1). С. 61–72.
12. Polyzou A., Kapuris G. Grade prediction with models specific to students and courses // International Journal of Data Science and Analytics 2(3–4), 2016. DOI: 10.1007/s41060-016-0024-z.
13. Morsy S., Kapuris G. Cumulative Knowledge-based Regression Models for Next term Grade Prediction. Proceedings of the 2017 SIAM International Conference on Data Mining. С. 552–560.
14. Hamoud A.K., Hashim A.S., Awadh W. A. Predicting Student Performance in Higher Education Institutions Using Decision Tree Analysis [Электрон. ресурс] // International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence. 2018. № 2. С. 26–31. Режим доступа: http://www.ijimai.org/journal/sites/default/files/files/2018/02/ijimai_5_2_3_pdf_30196.pdf
15. Topirceanu A., Grossecck G. Decision tree learning used for the classification of student archetypes in online courses. 21st International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, KES2017 (6–8 September 2017, Marseilles, France). Procedia Computer Science. 2017. № 112. С. 51–60.
16. Cristiano M. A. Gomes Leandro S. Almeida Advocating the Broad Use of the Decision Tree Method in Education // Practical Assessment, Research and Evaluation. 2017. № 22. С. 28–38.
17. Oyelade O.J., Oladipupo O.O., Obagbuwa I.C. Application of k Means Clustering algorithm for prediction of Students Academic Performance, (IJCSIS) // International Journal of Computer Science and Information Security. 2010. Т. 7. № 1. С. 292–295.
18. Chymak M., Khomych L., Nakonechna L., Kopchuk-Kashetska M., Zadoya S. Individual Educational Trajectory as a Way to Reveal the Potential of a Future Teacher // Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala. 2021. № 13(3). С. 387–400. DOI: 10.18662/rrem/13.3/458.
19. Vainshteina Y., Shershneva V., Esin R., Tsibulsky G., Safonov K. Adaptation algorithms of mathematical educational content in e-learning courses // ERPA International Congresses on Education 2018 (ERPA 2018). 2018. Т. 48. С. 8. DOI: 10.1051/shsconf/20184801010.
20. Russkikh P.A., Kapulin D.V., Moor I.A. Implementing e-learning with personalized trajectories // Journal of Physics: Conference Series. 2020. Т. 1691. DOI: 10.1088/1742-6596/1691/1/012201.
21. Grubbs F.E. Procedures for detecting outlying observations in samples // Technometrics. 1969. Т. 11. № 1. С. 1–21.
22. Hodge V. J. and Austin J. A survey of outlier detection methodologies // Artificial Intelligence Review. 2004. Т. 22. С. 85–126.
23. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: A survey // ACM Comput. Surv. 2009. № 41(3). С. 1–58.
24. Aggarwal C.C. Outlier analysis in Data mining. Springer, 2015. С. 237–263.
25. Bai M., Wang X., Xin J., Wang G. An efficient algorithm for distributed density-based outlier detection on big data // Neurocomputing. 2016. Т. 181. С. 19–28.
26. Carneiro R.E., Drapal P., Fagundes R.A., Maciel A.M., Rodrigues R.L. Anomaly detection on student assessment in e-learning environments // in 2019 IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). 2019. Т. 2161. С. 168–169.
27. Bishop C.M. Pattern Recognition and Machine Learning // Information Science and Statistics. Springer, 2006. 738 с.

28. Oughdir L. Association Rules Mining Method of Big Data for E-Learning Recommendation Engine, Springer Nature Switzerland AG, 2019 // International Journal of Information Science & Technology –iJIST. 2019. Т. 3. № 2. С. 11–18.

29. Valdiviejas H., Bosch N. Using Association Rule Mining to Uncover Rarely Occurring Relationships in Two University Online STEM Courses: A Comparative Analysis // Proceedings of The 13th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2020). 2020. С. 686–690.

30. Макаров С.И., Моделирование оценки качества формирования профессиональных компетенций, обучающихся // Самарский научный вестник, Педагогические науки. 2020. Т. 9. № 4. С. 307–311. DOI: 10.17816/snv202094307.

31. Oleksandra Olshanska O., Gumennykova T., Bila O., Orel V., Perova S., Ivannikova M. Building a Competency Model Student Training // International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT). 2019. Т. 8. № 6. С. 2689–2695.

32. Barlybayev A., Kaderkeyeva Z., Bekmanova G., Sharipbay A., Omarbekova A., Altynbek S. Intelligent system for evaluating the level of formation of professional competencies of students [Электрон. ресурс] // IEEE Acces. Special section on machine learning designs, implementations and techniques. 2020. Т. 8. С. 58829–58835. Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9027836>.

33. Shayakhmetova A., Seisenbekova P., Othman M., Mamyrbayev O., Kassymova D. Bayesian approach for competence formation for students of it-specialty // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2020. Т. 98. № 19. С. 3172–3192.

34. Delen Dursun., Topuz Kazim., Eryarsoy, Enes. Development of a Bayesian Belief Network-

based DSS for predicting and understanding freshmen student attrition // European Journal of Operational Research, Elsevier. 2020. № 281(3). С. 575–587.

35. Yudelso M., Koedinger K., Individualized Bayesian Knowledge Tracing Models // Conference: 16th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2013). 2013. С. 171–180.

36. Islam T., Meade N., Carson R.T., Louviere J. Wang J. The usefulness of socio demographic variables in predicting purchase decisions: Evidence from machine learning procedures // Journal of Business Research. Т. 151. С. 324–338.

37. Allen M. An Education in Facebook // Digital Culture and Education. 2012. № 4(3). С. 213–225.

38. Pursel K., Hui Xie. Patterns and Pedagogy: Exploring Student Blog Use in Higher Education // Contemporary educational technology. 2014. № 5(2). С. 96–109.

39. Мамедова Г.А., Агаев Ф.Т., Зейналова Л.А. Использование социальных сетей для персонализации электронного образования // Проблемы информационных технологий. 2019. № 1. С. 27–34.

40. Большакова Е.И., Клышинский Э.С., Ландэ Д.В., Носков А.А., Пескова О.В., Ягунова Е. В. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика. М.: МИЭМ, 2011, 272 с.

41. Araujo L., López-Ostenero F., Martínez-Romo J., Plaza L. Deep-Learning Approach to Educational Text Mining and Application to the Analysis of Topics Difficulty [Электрон. ресурс]. 2020. № 8. С. 218002–218014. Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9276393/metrics>.

References

1. Klochova E.N., Sadovnikova N.A. Transformation of education in the context of digitalization. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2019; 23(4): 13-22. DOI: 10.21686/1818-4243-2019-4-13-22. (In Russ.)

2. Sazonov B.A. Organization of the educational process: the possibility of individualization of learning. Vyssheye obrazovaniye v Rossii = Higher education in Russia. 2020; 6: 35-50. DOI: 10.31992/0869-3617-2019-29-6-35-50. (In Russ.)

3. Astawa N.L, Artini L.P, Nitiasih P.K. Project-based Learning Activities and EFL Students' Productive Skills in English. Journal of Language Teaching and Research. 2017; 8(6): 1147- 1155.

4. Bell S. Project-Based Learning for the 21st Century: Skills for the Future. The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas. 2010; 83(2): 39-43.

5. Marr B. Extended reality in practice: 100+ amazing ways virtual, augmented and mixed reality

are changing business and society. Wiley; 2021. 272 p.

6. Partnership for 21st Century Skills. Framework for 21st Century Learning [Internet]. 2019. Available from: <https://bit.ly/3FS9JBC>.

7. Ryan S.J.D., Yacef K. The state of educational data mining in 2009: A review and future visions. Journal of Educational Data Mining. 2009; 1(1): 3-17.

8. Romero C. Ventura S. Data Mining in Education. WIREs Data Min. Know. Discov. 2013; 3: 12–27. DOI: 10.1002/widm.1075.

9. Belonozhko P.P., Karpenko A.P., Khramov D.A. Analysis of educational data: directions and prospects of application [Internet]. Naukovedeniye = Naukovedenie. 2017; 9; 4. Available from: <http://naukovedenie.ru/PDF/15TVN417.pdf>. (In Russ.)

10. Baker R., Gowda S.M., Corbett A.T. Automatically detecting a student's preparation for future learning: Help use is key. In Proceedings of

the 4th International Conference on Educational Data Mining. 2011: 179-188.

11. Kabakchieva D. Predicting student performance by using data mining methods for classification. *Cybernetics and Information Technologies*. 2013; 13(1): 61-72.

12. Polyzou A., Kapuris G. Grade prediction with models specific to students and courses. *International Journal of Data Science and Analytics* 2(3-4), 2016. DOI: 10.1007/s41060-016-0024-z.

13. Morsy S., Kapuris G. Cumulative Knowledge-based Regression Models for Next term Grade Prediction. *Proceedings of the 2017 SIAM International Conference on Data Mining*. P. 552-560.

14. Hamoud A.K., Hashim A.S., Awadh W.A. Predicting Student Performance in Higher Education Institutions Using Decision Tree Analysis [Internet]. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*. 2018; 2: 26-31. Available from: http://www.ijimai.org/journal/sites/default/files/files/2018/02/ijimai_5_2_3_pdf_30196.pdf

15. Topirceanu A., Grosseck G. Decision tree learning used for the classification of student archetypes in online courses. *21st International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, KES2017 (6-8 September 2017, Marseilles, France)*. *Procedia Computer Science*. 2017; 112: 51-60.

16. Cristiano M. A. Gomes Leandro S. Almeida Advocating the Broad Use of the Decision Tree Method in Education. *Practical Assessment, Research and Evaluation*. 2017; 22: 28-38.

17. Oyelade O.J., Oladipupo O.O. Obagbuwa I.C. Application of k Means Clustering algorithm for prediction of Students Academic Performance, (IJCSIS). *International Journal of Computer Science and Information Security*. 2010; 7; 1: 292- 295.

18. Chymak M., Khomych L., Nakonechna L., Kopchuk-Kashetska M., Zadoya S. Individual Educational Trajectory as a Way to Reveal the Potential of a Future Teacher. *Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala*. 2021; 13(3): 387-400. DOI: 10.18662/rrem/13.3/458.

19. Vainshteina Y., Shershneva V, Esin R., Tsiulsky G. Safonov K. Adaptation algorithms of mathematical educational content in e-learning courses. *ERPA International Congresses on Education 2018 (ERPA 2018)*. 2018; 48: 8. DOI: 10.1051/shsconf/20184801010.

20. Russkikh P.A., Kapulin D.V., Moor I.A. Implementing e-learning with personalized trajectories. *Journal of Physics: Conference Series*. 2020; 1691. DOI: 10.1088/1742-6596/1691/1/012201. (In Russ.)

21. Grubbs F.E. Procedures for detecting outlying observations in samples. *Technometrics*. 1969; 11; 1: 1-21.

22. Hodge V.J. and Austin J.A survey of outlier detection methodologies. *Artificial Intelligence Review*. 2004; 22: 85-126.

23. Chandola V., Banerjee A., Kumar V. Anomaly detection: A survey. *ACM Comput. Surv.* 2009; 41(3): 1-58.

24. Aggarwal C. C. Outlier analysis in Data mining. Springer; 2015: 237-263.

25. Bai M., Wang X., Xin J., Wang G. An efficient algorithm for distributed density-based outlier detection on big data. *Neurocomputing*. 2016; 181: 19-28.

26. Carneiro R.E., Drapal P., Fagundes R.A., Maciel A.M., Rodrigues R.L. Anomaly detection on student assessment in e-learning environments. in *2019 IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*. 2019; 2161: 168-169.

27. Bishop C.M. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Information Science and Statistics. Springer; 2006. 738 p.

28. Oughdir L. Association Rules Mining Method of Big Data for E-Learning Recommendation Engine, Springer Nature Switzerland AG, 2019. *International Journal of Information Science & Technology –iJIST*. 2019; 3; 2: 11-18.

29. Valdiviejas H., Bosch N. Using Association Rule Mining to Uncover Rarely Occurring Relationships in Two University Online STEM Courses: A Comparative Analysis. *Proceedings of The 13th International Conference on Educational Data Mining (EDM 2020)*. 2020: 686-690.

30. Makarov S.I. Modeling the quality assessment of the formation of professional competencies of students. *Samarskiy nauchnyy vestnik, Pedagogicheskiye nauki = Samara Scientific Bulletin, Pedagogical Sciences*. 2020; 9; 4: 307-311. DOI: 10.17816/snv202094307. (In Russ.)

31. Oleksandra Olshanska O., Gumennykova T., Bila O., Orel V., Perova S., Ivannikova M. Building a Competency Model Student Training. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*. 2019; 8; 6: 2689-2695.

32. Barlybayev A., Kaderkeyeva Z., Bekmanova G., Sharipbay A., Omarbekova A., Altynbek S. Intelligent system for evaluating the level of formation of professional competencies of students [Internet]. *IEEE Acces. Special section on machine learning designs, implementations and techniques*. 2020; 8: 58829-58835. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9027836>.

33. Shayakhmetova A., Seisenbekova P., Othman M., Mamyrbayev O., Kassymova D. Bayesian approach for competence formation for students of it-specialty. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. 2020; 98; 19: 3172- 3192.

34. Delen Dursun., Topuz Kazim., Eryarsoy, Enes. Development of a Bayesian Belief Network-based DSS for predicting and understanding freshmen student attrition. *European Journal of Operational Research, Elsevier*. 2020; 281(3): 575-587.

35. Yudelson M., Koedinger K., Individualized Bayesian Knowledge Tracing Models. *Conference: 16th International Conference on Artificial Intelligence in Education (AIED 2013)*. 2013: 171-180.

36. Islam T., Meade N., Carson R.T., Louviere J. Wang J. The usefulness of socio demographic variables in predicting purchase decisions: Evidence

from machine learning procedures. Journal of Business Research. 151: 324-338.

37. Allen M. An Education in Facebook. Digital Culture and Education. 2012; 4(3): 213-225.

38. Pursel K., Hui Xie. Patterns and Pedagogy: Exploring Student Blog Use in Higher Education. Contemporary educational technology. 2014; 5(2): 96-109.

39. Mamedova G.A., Agayev F.T., Zeynalova L. A The use of social networks for the personalization of e-education. Problemy informatsionnykh tekhnologiy = Problems of information technologies. 2019; 1: 27-34.

40. Bol'shakova Ye.I., Klyshinskiy E.S., Lande D.V., Noskov A.A., Peskova O.V., Yagunova Ye.V. Avtomaticheskaya obrabotka tekstov na yestestvennom yazyke i komp'yuternaya lingvistika = Automatic natural language text processing and computational linguistics. Moscow: MIEM; 2011, 272 p.

41. Araujo L., López-Ostenero F., Martínez-Romo J., Plaza L. Deep-Learning Approach to Educational Text Mining and Application to the Analysis of Topics Difficulty [Internet]. 2020; 8: 218002-218014. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9276393/metrics>.

Сведения об авторах

Фирудин Тарлан Агаев

К.т.н., доцент, зав. отделом
Институт Информационных Технологий,
Баку, Азербайджан
Эл. почта: agayevinfo@gmail.com

Гюлара Абас Маммадова

Главный специалист отдела №8
Институт Информационных Технологий,
Баку, Азербайджан
Эл. почта: gyula.ikt@gmail.com

Рена Тофик Меликова

Старший научный сотрудник
Институт Информационных Технологий,
Баку, Азербайджан
Эл. почта: rena22@rambler.ru

Information about the authors

Firudin Tarlan Aghayev

Cand. Sci. (Technical), Associate Professor, head of department
Institut of Information Technology, Baku, Azerbaijan;
E-mail: agayevinfo@gmail.com

Gulara A. Mammadova

Chief specialist of department
Institut of Information Technology,
Baku, Azerbaijan
E-mail: gyula.ikt@gmail.com

Rena T. Malikova

Senior research fellow of department
Institut of Information Technology,
Baku, Azerbaijan;
E-mail: melikovarena22@gmail.com

Диагностика результатов освоения компетенций в информационной среде обучения студентов ИТ-направлений

Цель исследования. Диагностика результатов обучения, представленных в компетентностном формате, в настоящее время является необходимой составной частью учебного процесса вуза. Цель выполненного исследования — разработать и реализовать в информационной среде обучения удобный и технологичный способ диагностики результатов освоения компетенций студентами ИТ-направлений. В качестве среды реализации используется одна из самых популярных в российских вузах систем дистанционного обучения Moodle, дополненная программным обеспечением собственной разработки и сторонними ресурсами. В статье представлены результаты моделирования и реализации предлагаемого способа диагностики результатов освоения компетенций студентов ИТ-направлений.

Методы и материалы. Авторами предложена инфологическая модель процесса подготовки банка диагностических заданий компетентностного формата. Обоснована необходимость декомпозиции индикаторов достижения компетенций на дисциплинарные компоненты, достижение которых можно диагностировать известными средствами педагогических измерений. Представлен способ реализации декомпозиции компетенций в системе Moodle с помощью фреймворка компетенций (Competency Framework) и технология подготовки диагностических заданий по принципу равномерного покрытия заданиями всех индикаторов достижения компетенций. Предложен пошаговый алгоритм корректировки банка заданий по результатам их выполнения студентами на основе анализа статистических характеристик заданий. Описан способ автоматического отслеживания освоения компетенций студентами по результатам выполнения диагностических заданий в системе Moodle.

Результаты. В статье представлен пример реализации предложенного способа диагностики результатов освоения

компетенций в процессе обучения бакалавров направления 09.03.04 Программная инженерия. Представлен результат декомпозиции индикаторов достижения одной из общепрофессиональных компетенций на дисциплинарные компоненты, процесс подготовки заданий для диагностики по каждому дисциплинарному компоненту, дисциплинарные и междисциплинарные результаты диагностики освоения компетенции, полученные в системе Moodle. Результаты эксперимента показали, что для воплощения предложенного способа в информационной образовательной среде требуются определённые затраты времени на подготовительном этапе, но они окупаются повышением качества диагностических процедур и удобством их проведения. **Заключение.** В ходе исследования был разработан, реализован и апробирован на практике технологичный способ диагностики результатов освоения компетенций студентами ИТ-направлений в информационной среде обучения, основанный на декомпозиции компетенций на дисциплинарные компоненты, поддающиеся измерению. Представлены результаты реализации предложенного способа в Вологодском государственном университете при обучении студентов направления «Программная инженерия». Результаты моделирования и реализации процесса диагностики результатов освоения компетенций могут быть адаптированы к учебному процессу различных направлений подготовки и различных форм обучения. Продолжение данного исследования имеет хорошие перспективы для повышения качества диагностических процедур компетентностного формата и эффективности учебного процесса в целом.

Ключевые слова: компетенции ИТ-специалиста, диагностика освоения компетенций, индикаторы достижения компетенций, диагностические задания, информационная среда обучения.

Igor A. Andrianov, Andrey M. Polyanskiy, Svetlana U. Rzhetskaya, Marina V. Kharina

Vologda State University, Vologda, Russia

Diagnostics of the results of mastering competencies in the information environment for teaching IT students

Purpose of research. Diagnostics of learning results presented in a competency-based format is currently a necessary part of the educational process of universities. The purpose of the research is to develop and implement a convenient and technological way to diagnose the results of mastering competencies by IT students in the information learning environment. One of the most popular distance learning systems in Russian universities, Moodle, supplemented with proprietary software and third-party resources, is used as the implementation environment. The article presents the results of modeling and implementation of the proposed method for diagnosing the results of mastering the competencies of IT students.

Methods and materials. The authors propose an infological model of the process of preparing a bank of diagnostic tasks in a competence format. The necessity of decomposition of competence indicators into disciplinary components, the achievement of which

can be diagnosed by known means of pedagogical measurements, is substantiated. The method of implementing the decomposition of competencies in the Moodle system using the Competence Framework, and the technology of preparing diagnostic tasks based on the principle of uniform coverage of all competence indicators by tasks are presented. A step-by-step algorithm for adjusting the bank of tasks is proposed. The algorithm is based on the analysis of the statistical characteristics of the results of completing tasks by students. A method for automatically tracking the mastering of competencies by students based on the results of performing diagnostic tasks in the Moodle system is described.

Results. The article presents an example of the implementation of the proposed method for diagnosing the results of mastering the competencies in the process of training bachelors in the direction "09.03.04 Software engineering". The following are presented: the

result of decomposition of indicators of achievement of one of the general professional competencies into disciplinary components, the process of preparing tasks for diagnostics for each disciplinary component, disciplinary and interdisciplinary results of diagnosing the mastering of competencies obtained in the Moodle system. The results of the experiment showed that the implementation of the proposed method in the information educational environment requires certain time costs at the preparatory stage, but they pay off by improving the quality of diagnostic procedures and the convenience of their implementation.

Conclusion. In the course of the study, a technological method for diagnosing the results of mastering the competencies by IT students in the information learning environment was developed, implemented and tested in practice. The method is based on the

decomposition of competencies into disciplinary components. The results of the implementation of the proposed method at the Vologda State University when teaching students of the direction "Software Engineering" are presented. The results of modeling and implementation of the process of diagnostics of the results of mastering competencies can be adapted to the educational process for various areas of training and forms of education. The continuation of this study has good prospects for improving the quality of diagnostic procedures of the competence format and the effectiveness of the educational process as a whole.

Keywords: competencies of an IT specialist, diagnostics of mastering competencies, indicators of achieving competencies, diagnostic tasks, learning information environment.

Введение

Диагностика результатов обучения является неотъемлемой частью учебного процесса, при этом эффективность диагностических процедур напрямую зависит от качества используемых оценочных средств. В период вынужденного перехода на дистанционный формат обучения в связи с пандемией преподаватели вузов проделали огромную работу по подготовке фондов оценочных средств, предназначенных для дистанционного использования. Накопленный положительный опыт породил всплеск интереса к внедрению технологий смешанного обучения на основе объединения аудиторной и дистанционной систем обучения [1, 2]. Практика показала, что применение дистанционных технологий способно поднять на новый уровень диагностику результатов обучения при любой форме проведения занятий, но для этого должны быть подготовлены качественные оценочные средства.

Новая модель аккредитации образовательной деятельности вузов, введённая в 2022 году, предполагает регулярное диагностическое тестирование с целью оценки уровня сформированности у обучающихся универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций. В этой связи задачи подготовки и поддержки качественных оценочных средств для диагностики результатов обучения по различным дис-

циплинам приобретают особую актуальность, а акцент смещается в сторону компетентно-ориентированного формата диагностических материалов.

Профессиональные компетенции ИТ-специалистов являются одними из наиболее востребованных на рынке труда, поэтому качеству подготовки ИТ-специалистов посвящено много публикаций, из которых следует выделить [3, 4, 5]. Диагностика освоения компетенций в процессе обучения ИТ-специалистов является ответственной и сложной задачей, поэтому инструменты диагностики и форматы их применения разнообразны. Некоторые из них, например, защита отчётов по лабораторным работам, курсовым проектам, практикам, обычно проводятся в традиционной очной форме, при этом качество диагностики в значительной мере зависит от опыта преподавателя. Принципиально новый, детальный и более объективный уровень диагностики результатов обучения будущих ИТ-специалистов способна обеспечить система диагностических тестов компетентностного формата, проводимых регулярно в электронной форме (как дополнение, но не замена традиционных способов диагностики).

К сожалению, для большинства профильных дисциплин ИТ-направлений отсутствуют стандартизированные диагностические тесты с доказанной эффективностью, поэтому разработка и постоянная под-

держка банка диагностических заданий приемлемого качества является ответственностью преподавателя дисциплины. Также отсутствуют чёткие методические рекомендации по поддержке банка заданий, ориентированных на диагностику освоения компетенций, что затрудняет работу преподавателя.

Цель выполненного исследования – разработать и реализовать в информационной среде обучения удобный и технологичный способ диагностики результатов освоения компетенций студентами ИТ-направлений. В качестве среды реализации используется одна из самых популярных в российских вузах систем дистанционного обучения Moodle, дополненная программным обеспечением собственной разработки и сторонними ресурсами. В статье приводятся результаты эксперимента по реализации предложенного способа для направления 09.03.04 Программная инженерия в Вологодском государственном университете. Однако, представленные в статье материалы могут быть адаптированы для диагностики результатов обучения студентов различных направлений подготовки и форм обучения.

Основные понятия. Пути повышения качества диагностического тестирования

Чтобы понять суть проблемы, сначала представим краткие сведения из теории.

Теоретические основы педагогических измерений и тестирования были заложены более 100 лет назад, их основателем считается Э.Л. Торндайк [6]. Разумеется, в то время не было и речи о тестировании в электронной форме, однако вопросы качества тестового материала и точности педагогических измерений требовали проработки вне зависимости от формы тестирования. Исследованием проблемы в разное время занимались Ч. Спирмен, Н.Р. Кэмпбелл, Ф. Гальтон, Дж. Кеттел, В. Штерн, в России — П.П. Блонский, Г.И. Залкинд, М.С.Бернштейн и др. На современном этапе следует выделить работы В.П. Беспалько, Н.Ф. Талызиной, А.Н. Майорова, В.С. Аванесова, М.Б. Челышковой.

В работах В.С. Аванесова педагогический тест определяется как научно обоснованный и технологичный метод исследования результатов учебной деятельности посредством системы заданий возрастающей трудности, позволяющей качественно оценить структуру и измерить уровень подготовленности испытуемых [6]. В определении А.Н. Майорова тест определяется как инструмент, состоящий из квалитетически выверенной системы тестовых заданий, стандартизированной процедуры проведения и заранее спроектированной технологии обработки и анализа результатов [7]. Данные определения не противоречат друг другу, главным в них является понимание теста в широком смысле как системы заданий, которые вовсе не обязательно должны быть тестовыми вопросами регламентированной структуры. Сложившаяся в последние годы узкая трактовка понятия теста как набора вопросов, очевидно, связана с понятием элемента «тест» во многих системах электронного обучения. Например, в системе Moodle тест состоит из вопросов, ко-

торые должны соответствовать одному из предлагаемых системой типов (множественный выбор, установление соответствия и т.д.). Понимание теста в широком смысле как выверенной системы заданий, для которых существует технологичная процедура оценки результатов их выполнения, позволяет считать тестирование подходящим способом диагностики освоения компетенций.

Основными критериями оценки качества тестов как средства педагогических измерений являются надёжность и валидность. Надёжность теста характеризует воспроизводимость результатов тестирования и их точность. Валидность — способность теста получать результаты, соответствующие поставленной цели тестирования.

Для оценки надёжности теста по полученным результатам тестирования используются методы математической статистики. Важно отметить, что современные системы электронного обучения, в частности, система Moodle, содержат в своём составе встроенные средства для вычисления основных показателей надёжности теста и отдельных его вопросов. Подробное описание этих средств, а также некоторые рекомендации по повышению надёжности педагогических тестов можно найти в [8]. Там же приводится перечень основных параметров тестовых вопросов и всего теста в целом, которые можно получить в виде отчётов в системе Moodle.

Валидность теста определяется путём сравнения результатов тестирования с не зависящими от этих результатов оценками уровня достижения индикаторов компетенций другими методами. Для дисциплин ИТ-направлений хорошим вариантом для сравнения является выполнение и защита лабораторных работ, курсовых проектов, отзывы внешних

руководителей практик и работодателей выпускников. В принципе, можно применить методы математической статистики и вычислить коэффициенты корреляции между оценками, полученными разными способами.

С практической точки зрения более важным является поиск путей повышения валидности тестов, диагностирующих уровень освоения компетенций. По мнению авторов, подтвержденному результатами экспериментов, эффективным способом повышения валидности диагностических тестов является равномерное покрытие компетентностно-ориентированными заданиями всех индикаторов освоения компетенций и соотнесение сложности заданий с текущим уровнем подготовленности студентов.

Исходя из этих соображений, далее представим процесс формирования и поддержки банка диагностических заданий как значимую составляющую фонда оценочных средств дисциплины (ФОС) и его реализацию в информационной образовательной среде вуза.

Моделирование процессов формирования и поддержки банка заданий для диагностики результатов освоения компетенций

При разработке модели формирования банка компетентностно-ориентированных заданий авторы ориентировались на структуру стандартов ФГОС 3++, которая имеет выраженный компетентностный формат. Возможно, при введении образовательных стандартов нового поколения потребуется непринципиальная корректировка представленной далее модели, но без существенных изменений в её реализации.

Сначала поясним основные идеи. Диагностика результатов освоения компетенций выпол-

няется на основе предварительно сформулированных индикаторов достижения компетенций. Индикаторы — результаты освоения компетенции, которые студент может продемонстрировать, а преподаватель — измерить и оценить. Индикаторы компетенций должны характеризоваться такими качествами, как достаточность, измеримость, четкость формулировок и преемственность по уровням образования [9, 10].

Достаточность определяет количество индикаторов. Традиционно для каждой компетенции используется три индикатора, определяющие знания, умения и навыки как диагностируемые результаты освоения компетенции. Для большинства компетенций ИТ-специалистов этой триады достаточно.

Измеримость — возможность применения известных методов педагогических измерений для диагностики достижения компетенции с помощью данного индикатора. Это основное свойство индикатора, без которого невозможно его использование в диагностических целях. Четкость формулировки компетенции и индикаторов её достижения — очевидное свойство, но его трудно оценить объективно.

Проанализируем свойство измеримости индикаторов компетенций на примере компетентностной модели выпускника бакалавриата ИТ-направления. Согласно ФГОС 3+++, все осваиваемые студентами компетенции делятся на три группы: универсальные компетенции (УК), которые являются общими для бакалавров всех направлений (впервые в ФГОС 3+++!), общепрофессиональные (ОПК) — общие (или незначительно различающиеся) для нескольких ИТ-направлений в рамках УГСН «Информатика и вычислительная техника», и профессиональные (ПК), которые могут различаться даже в пределах одного направления, но разных профилей подготовки.

После появления ФГОС 3+++, судя по большому количеству публикаций, активизировались исследования в области методов и средств диагностирования УК [9, 11]. В этой группе компетенций, очевидно, среди наиболее проработанных следует выделить УК-4 — Коммуникация (Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)). Индикаторы достижения этой компетенции в части владения иностранным языком отражены в известных международных документах, а централизованные диагностические тесты по иностранному языку в вузах проводятся регулярно. Можно надеяться, что универсализация УК позволит довести все индикаторы их достижения до такого же измеряемого уровня.

ФГОС ВО по направлениям подготовки, помимо УК, содержат также перечень ОПК, который вузы изменять не могут. Индикаторы достижения ОПК содержатся в Примерной основной образовательной программе по направлению (ПООП). Анализ ПООП для нескольких ИТ-направлений позволяет сделать вывод, что многие из формулировок индикаторов достижения ОПК не обладают свойством измеримости (как пример, формулировка «имеет навыки применения информационных технологий и программных средств для решения задач профессиональной деятельности»). Отсутствие измеримости можно объяснить принципиально междисциплинарным характером компетенций и стремлением сформулировать обобщенные результаты всего обучения выпускника вуза.

Однако, диагностику результатов достижения компетенций в процессе обучения требуется выполнять регулярно, поэтому разумным и технологичным способом являет-

ся декомпозиция обобщенных индикаторов достижения компетенций на более конкретные и измеряемые компоненты, привязанные к изучаемым дисциплинам и этапам обучения, поддающиеся измерению.

Формулировки ПК не регламентируются ФГОС и выполняются вузами самостоятельно с учётом профессиональных стандартов [3], пожеланий работодателей [4, 5] и других источников информации. Для ИТ-направлений имеются стандарты «Программист», «Тестировщик программного обеспечения», «Системный аналитик», «Системный программист» и ряд других. Они содержат не только описания трудовых функций и трудовых действий, но и необходимые для этого знания и умения. Формулировки профессиональных стандартов конкретны, но также нуждаются в декомпозиции на отдельные измеряемые дисциплинарные компоненты с диагностическими целями.

Следует отметить, что сама идея декомпозиции индикаторов компетенций на дисциплинарные компоненты не является новой, например, в работе [12] используется понятие элементов компетенции, в [13] — понятие дисциплинарной компетенции, в [14] анализируются связи между компетенциями и учебными дисциплинами. Авторы данной статьи позиционируют декомпозицию компетенций как ключевой момент в предлагаемой технологичной процедуре диагностики результатов освоения компетенций в информационной среде обучения.

Наличие полного перечня измеряемых дисциплинарных индикаторов достижения компетенций систематизирует работу преподавателя по подготовке диагностических заданий, позволяя равномерно покрыть все дисциплинарные индикаторы тестовыми заданиями компетентностного формата различной сложности.

На этапе подготовки заданий их сложность можно оценить только экспертным способом и выразить в назначенных за задание баллах, но пока этого достаточно.

На данном этапе решается также вопрос выбора технологий и программных средств для тестирования достижения индикаторов компетенций. Для оценки достижения многих из индикаторов умений и навыков ИТ-специалистов явно недостаточно тестов, состоящих из вопросов регламентированных типов, которые предоставляют системы электронного обучения универсального назначения. Эти вопросы далее будут рассмотрены подробнее.

Отдельный вопрос – определение процедуры тестирования, времени и места тестирования. Например, для оценки знаний, по мнению авторов, хорошим вариантом является короткий диагностический тест в электронной форме в начале каждой лабораторной работы.

Конечным результатом всей проделанной работы является фонд оценочных средств (ФОС) дисциплины, который, согласно приказу Минобрнауки [15], должен быть подготовлен для всех дисциплин учебного плана.

Принимая во внимание изложенное выше, представим укрупнённую инфологическую модель процесса подготовки банка диагностических заданий, покрывающих все дисциплинарные индикаторы достижения компетенций (рис. 1).

В модели используются два вида информационных объектов – исходные данные (стандарты, документы Минобрнауки и другие материалы) и информационные компоненты, которые формируются по ходу процесса в последовательности, показанной на рис. 1. Отметим, что перечень дисциплинарных индикаторов компетенций, без которого невозможно сформировать качественные диагностические



Рис. 1. Укрупнённая инфологическая модель формирования банка диагностических заданий дисциплины

Fig. 1. Enlarged infological model of the formation of a bank of diagnostic tasks of the discipline

задания, имеет самостоятельную ценность и может быть использован также для уточнения содержания учебных дисциплин.

Подготовленный в соответствии с представленной моделью банк диагностических заданий нуждается в постоянной поддержке и неизбежных изменениях. Они начинаются с момента получения первых результатов диагностического тестирования. По этим результатам уже можно вычислить параметры качества, характеризующие надёжность диагностического тестирования. Их анализ позволяет внести корректировки в банк диагностических заданий. Можно пред-

ложить пошаговый алгоритм корректировки теста (рис. 2), выполнение которого не отнимет у преподавателя много времени, но позволит ощутимо улучшить качество диагностического тестового материала.

Используемые для анализа статистические характеристики тестовых вопросов, очевидно, можно автоматически получить в большинстве систем электронного обучения. Например, в Moodle оценка трудности вопроса для испытуемых может быть выполнена по индексу лёгкости, который определяет долю студентов, сумевших ответить на вопрос, а дифференцирующая способность определяется параметрами «индекс

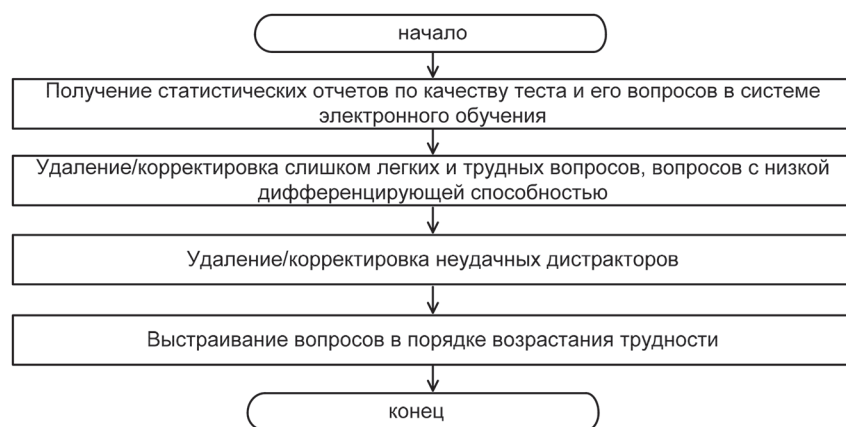


Рис. 2. Алгоритм корректировки теста

Fig. 2. Algorithm for adjusting the test

дискриминации» и «эффективность дискриминации» — данные параметры устанавливают соответствие между трудностью вопроса и подготовленностью испытуемых. Анализ качества дистракторов тестовых вопросов в Moodle выполняется с помощью статистики выбора испытуемыми каждого из дистракторов (её легко получить в виде отчёта).

По мере накопления эмпирического материала корректировка тестовых заданий может повторяться. Кроме того, каждый год требуется пополнение банка новыми заданиями — в соответствии с теми же принципами, которые были рассмотрены выше.

Учитывая крайне динамичный характер развития ИТ, не исключено периодическое уточнение и пополнение перечня дисциплинарных индикаторов достижения компетенций, что потребует соответствующего изменения или пополнения банка заданий.

Реализация предлагаемого способа диагностики результатов освоения компетенций в информационной среде обучения

Реализация процесса диагностики результатов освоения компетенций должна учитывать возможности, предостав-

ляемые информационной средой обучения вуза. Учитывая тот факт, что в Вологодском государственном университете, как и во многих других российских вузах, основой организации электронного обучения является система Moodle, рассмотрим её возможности по управлению процессом диагностики результатов освоения компетенций.

Обычно при подготовке банка заданий в Moodle для систематизации тестов и отдельных вопросов используются категории. Категории, как правило, выстраиваются преподавателями в соответствии с содержанием дисциплины по рабочей программе и обозначаются названиями разделов/тем дисциплины. Возможно выстроить иерархическую структуру категорий.

Однако, систематизация по разделам дисциплины далеко не в точности совпадает с систематизацией по индикаторам достижения компетенций. Междисциплинарный характер компетенций механизм кате-

горий никак не поддерживает.

Тем не менее, для управления процессом диагностики освоения компетенций с учётом их междисциплинарного характера и возможности декомпозиции в Moodle есть удобный инструмент — фреймворк компетенций (Competency Frameworks). Перевод этого понятия вызывает дискуссии, однако его можно считать устоявшимся. Если заполнить и настроить фреймворк компетенций, а затем выполнить описанные далее действия по настройке курсов, а также тестов и заданий этих курсов, появится удобная возможность автоматического отслеживания достижения индикаторов компетенций по результатам прохождения курса студентами. Для доступа к работе с фреймворком компетенций, который находится в разделе Администрирование, необходимо иметь права администратора системы [16].

Фреймворк компетенций позволяет выполнить декомпозицию каждой компетенции в виде дерева, в котором можно определить максимум четыре уровня (первый уровень или корень дерева — обозначение и формулировка компетенции, далее следуют компоненты, полученные при её пошаговой декомпозиции). Имеющихся уровней вполне достаточно, чтобы выполнить декомпозицию компетенции с точностью до её дисциплинарных индикаторов.

Структура дерева компетенций (в терминологии Moodle — таксономия), которая авторам представляется логичной, представлена в таблице 1.

Таблица 1 (Table 1)

Иерархическая структура компетенции Hierarchical structure of competence

Уровень 1	Компетенция (обозначение и формулировка) — корень дерева
Уровень 2	Междисциплинарные индикаторы достижения компетенции (по основной профессиональной образовательной программе)
Уровень 3	Дисциплинарные компоненты по каждому индикатору
Уровень 4	Дисциплинарные (измеряемые) индикаторы компетенции

Выстроенное таким образом дерево необходимо наполнить компетенциями и их индикаторами, позаботившись при этом о настройках автоматического отслеживания достижения всех компонентов компетенции. При добавлении компетенций в фреймворк рекомендуется для всех уровней дерева, кроме последнего, установить автоматическую отметку достижения уровня, если достигнуты все дочерние компоненты (по умолчанию она отключена). В конечном итоге, когда у студента будут освоены уровни 2-4, сама компетенция (уровень 1) для этого студента автоматически будет отмечена как достигнутая.

При создании курсов в Moodle в каждом из них указываются компоненты фреймворка компетенций, которые осваиваются в данном курсе (пункт «Компетенции» в меню «Управление курсом»). Для автоматического отслеживания достижения студентами индикаторов компетенции требуется в настройках каждого учебного курса установить опцию «Включить отслеживание выполнения». Также требуется внимательная настройка каждого элемента «тест» или «задание»:

1) в разделе «Оценка» указать величину проходного балла;

2) в разделе «Выполнение элемента курса» в списке «Отслеживание выполнения» выбрать «Отображать элемент курса как пройденный при выполнении условий» и затем задать условие «Требуется проходной балл»;

3) в разделе «Компетенции» выбрать нужный индикатор компетенции (рекомендуем выбирать один), а в списке «По завершении элемента» выбрать «Компетенция выполнена».

После применения таких настроек преподаватель курса и сами студенты смогут отслеживать достигнутые в этом курсе компетенции.

Самое интересное, что позволяет сделать добавление компетенции во фреймворк компетенций — отслеживать её освоение на междисциплинарном уровне. Для диагностики на междисциплинарном уровне требуется создание в Moodle учебного плана заданного направления подготовки (в терминологии Moodle это шаблон учебного плана), который содержит все компоненты фреймворка компетенций для заданного направления. Затем на основе шаблона автоматически могут быть созданы индивидуальные планы для каждого студента, в которых будет отмечаться индивидуальный прогресс в освоении компонентов компетенций до тех пор, пока каждая из компетенций учебного плана не окажется студентом освоенной. Студент будет видеть в личном кабинете только свой учебный план, а преподаватель, получивший дополнительную роль «Learning plan viewer», сможет просматривать индивидуальные учебные планы тех студентов, которые были назначены при присвоении роли.

Несмотря на описанные выше многочисленные нюансы, на практике воплотить всю описанную последовательность действий не так уж и сложно.

Теперь вернёмся к вопросу диагностирования процесса освоения умений и, особенно, навыков, которые в многочисленных источниках определяются как способность выполнять заданные профессиональные действия, доведённая до автоматизма. Измерение многих умений и навыков ИТ-специалиста стандартными средствами Moodle представляет собой проблему. Для некоторых дисциплин она может быть решена с помощью дополнительных плагинов, находящихся в открытом доступе. Примерами таких плагинов являются *CodeRunner* и *Virtual Programming Lab (VPL)*,

которые позволяют включать в тесты задачи по программированию на нескольких языках с автоматической проверкой правильности их решения. В Вологодском государственном университете для диагностики умений и навыков при изучении профильных ИТ-дисциплин используется междисциплинарный дистанционный практикум собственной разработки, подробно представленный в [17,18], возможности которого превышают возможности открытых плагинов Moodle. Результаты оценивания из практикума могут быть автоматически перенесены в систему Moodle и привязаны к соответствующим компонентам фреймворка компетенций, поэтому его использование не противоречит представленному выше способу реализации диагностики освоения компетенций.

Возможно применение и других сторонних ресурсов при оценке умений и навыков. По индикаторам, относящимся к знаниям, возможностей системы Moodle достаточно.

Результаты эксперимента

Эксперимент проводился на компетентностной модели выпускника направления 09.03.04 Программная инженерия. Информационная образовательная среда реализации предлагаемого способа диагностики освоения компетенций представлена в [19].

В качестве примера компетенции была выбрана одна из наиболее значимых общепрофессиональных компетенций, сформулированных в ФГОС по данному направлению, а именно ОПК-8:

Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий [19].

Декомпозиция индикаторов компетенции ОПК-8 на дисциплинарные компоненты

Decomposition of indicators' competencies (General professional competencies - 8) into disciplinary components

ОПК 8.1 Знает теоретические основы поиска, хранения, обработки и анализа информации	
Базы данных: знания	- Знает модели данных, - знает теорию реляционных баз данных, - знает язык запросов к базам данных SQL, - знает способы поддержки безопасности и целостности базы данных
Исследование операций в информационно-программных системах: знания	- Знает базовые структуры данных, - знает основные алгоритмы, используемые для поиска, обработки и анализа данных, - знает форматы представления результатов работы алгоритмов.
Управление программными проектами: знания	- Знает источники и способы получения информации для планирования и управления программными проектами, - знает методики расчёта трудоемкости и других параметров проекта, - знает формы представления проектной документации.
ОПК 8.2 Умеет применять методы поиска и хранения информации с использованием современных информационных технологий	
Базы данных: умения	- Умеет проектировать и анализировать структуру базы данных, - умеет разрабатывать запросы и программные компоненты для управления данными, - умеет разграничивать доступ пользователей к базе данных, - умеет использовать механизм транзакций при работе с базой данных.
Исследование операций в информационно-программных системах: умения	- Умеет разрабатывать и анализировать алгоритмы обработки данных, - умеет выполнять их реализацию и отладку программного кода.
Управление программными проектами: умения	- Умеет строить модели процессов управления проектами, - умеет формировать иерархическую структуру работ проекта, - умеет строить модели команд, рисков и выполнять расчёты по ним.
ОПК-8.3 Имеет навыки поиска, хранения, обработки и анализа информации с использованием современных информационных технологий.	
Базы данных: навыки	- Владеет навыками создания базы данных, - владеет навыками манипулирования данными, поддержки безопасности и целостности данных, - владеет навыками организации доступа к данным.
Исследование операций в информационно-программных системах: навыки	- Владеет навыками реализации и анализа программного кода для осуществления поиска, обработки и анализа данных, - владеет навыками отладки программного кода для осуществления поиска, обработки и анализа данных.
Управление программными проектами: навыки	- Владеет методиками расчёта трудоемкости и ресурсоемкости программных проектов, - владеет навыками анализа хода выполнения и результатов программного проекта, - владеет навыками представления хода выполнения и результатов программного проекта в табличном и графическом виде.

Индикаторы достижения компетенции из Примерной основной образовательной программы направления «Программная инженерия», которые имеют традиционную структуру «Знания – Умения – Навыки», свойством измеряемости явно не обладают:

ОПК 8.1 Знает теоретические основы поиска, хранения, обработки и анализа информации;

ОПК 8.2 Умеет применять методы поиска и хранения информации с использованием современных информационных технологий;

ОПК-8.3 Имеет навыки поиска, хранения, обработки и анализа информации с использованием современных информационных технологий.

На первом этапе была выполнена декомпозиция каждого индикатора на конкретные измеряемые дисциплинарные компоненты. За освоение ОПК-8 по учебному плану ВоГУ для направления «Программная инженерия» отвечают три дисциплины: «Базы данных», «Исследование операций в программно-информационных системах», «Управление программными проектами», кроме того, учебная и производственные практики и ВКР.

Результаты декомпозиции компетенции на дисциплинарные компоненты представлены в таблице 2. Диагностика результатов практик и ВКР в рамках статьи не рассматривается.

В левом столбце приведены дисциплинарные компоненты компетенции по каждому индикатору, в правом столбце представлен список дисциплинарных индикаторов освоения компетенции ОПК-8. В целях улучшения читаемости индикаторы в правом столбце приводятся в агрегированном виде.

Второй этап эксперимента выполнялся в системе Moodle администратором. В разделе

«Фреймворк компетенций» была сформирована иерархическая структура компетенции в соответствии с таблицей 1, наполнение структуры компонентами компетенции по уровням было выполнено в соответствии с таблицей 2 (то есть первые два уровня — компетенция и её индикаторы, уровень 3 — левый столбец таблицы, уровень 4 — правый столбец). Была выполнена настройка автоматической отметки освоения вышестоящего уровня при освоении всех дочерних компонентов.

Третий, самый трудоёмкий, этап подготовки банка диагностических заданий, выполнялся преподавателями дисциплин. Конечно, за предыдущие годы по каждому курсу уже было подготовлено немалое количество диагностических материалов, но в процессе их систематизации по дисциплинарным индикаторам компетенции было обнаружено довольно неравномерное покрытие индикаторов заданиями и недостаточное ранжирование заданий по сложности. В связи с этим банк заданий был существенно пополнен и систематизирован, отчего он только выиграл.

При работе в Moodle преподаватели выполнили привязку своих учебных курсов к конкретным компонентам фреймворка компетенций, относящихся к их дисциплине, а также установили в настройках курса флажок «автоматическое отслеживание». При создании таких элементов курса, как тест и задание, были выполнены все необходимые действия, описанные в предыдущем разделе статьи.

Наконец, для проверки междисциплинарных возможностей фреймворка компетенций, был создан шаблон учебного плана направления «Программная инженерия», в который добавлены все компоненты компетенции ОПК-8.

Затем на основе этого шаблона были автоматически сформированы индивидуальные планы студентов экспериментальной группы (21 человек).

По завершению всех этапов подготовки банк диагностических заданий стал использоваться в учебном процессе, при этом все настроенные возможности автоматической диагностики освоения компонентов компетенций работали штатно. Первым, согласно учебному плану, прошёл курс «Базы данных», при этом своевременно в индивидуальных планах студентов дисциплинарные компоненты компетенции отмечались как освоенные. Затем одновременно проходили курсы «Исследование операций в программно-информационных системах» и «Управление программными проектами», в которых автоматическое отслеживание процесса достижения компетенций продолжало выполняться. По завершении всех курсов в индивидуальных планах студентов, успешно выполнивших все диагностические задания, у компетенции ОПК-8 был автоматически отмечен статус «Выполнена».

Добавим, что в процессе эксперимента была выполнена небольшая корректировка тестовых вопросов в соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 2. Коэффициент надёжности каждого из тестов составляет более 90%, что говорит о приемлемом качестве тестового материала.

Заключение

В ходе исследования был разработан, реализован и апробирован на практике способ диагностики результатов освоения компетенций студентами ИТ-направлений в информационной среде обучения, основанный на декомпозиции компетенций на дисциплинарные компоненты, которые поддаются диагности-

рованию с помощью известных методов педагогических измерений. Результаты эксперимента показали, что для воплощения предложенного способа в образовательной среде, основанной на использовании системы дистанционного обучения Moodle, требуются определённые затраты времени на подготовительном этапе, но они окупаются открывшейся возможностью автоматически отслеживать достижение студентами компетенций по итогам выполнения диагностических заданий. У преподавателей дисциплин появляется удобная возможность отслеживать индивидуальный прогресс студентов по каждому дисциплинарному индикатору, а на междисциплинарном уровне можно видеть результаты освоения компетенций в целом как интегративный результат обучения.

По наблюдениям, реализованный процесс диагностики результатов обучения оказался комфортным и для студентов, у которых появился стимул своевременно выполнять все диагностические задания и отслеживать полученные результаты.

Ещё одним положительным моментом предлагаемого способа является активизация междисциплинарного взаимодействия преподавателей, что позволяет повысить согласованность содержания дисциплин, работающих на общий результат обучения.

Представленные в статье результаты моделирования и реализации диагностики результатов освоения компетенций могут быть адаптированы для диагностики результатов обучения различных направлений подготовки и форм обучения. Продолжение исследования имеет хорошие перспективы для повышения качества диагностических процедур компетентностного формата и эффективности учебного процесса в целом.

Литература

1. Райхлина А.В., Громова М.В., Колесов Р.В. Комплексный подход к внедрению смешанного обучения в высшей школе // Открытое образование. 2022. С. 26(4). С. 55–65.
2. Дементьева А.С. Понятие смешанного обучения, преимущества и некоторые сложности в его реализации // Вопросы устойчивого развития общества. 2022. № 3. С. 910–914.
3. Тельнов Ю.Ф., Лебедев С.А., Гаспарян М.С. Проектирование основных профессиональных образовательных программ по направлению подготовки «Прикладная информатика» на основе профессиональных стандартов // В сборнике «Новые информационные технологии в образовании: инновации в экономике и образовании на базе технологических решений IС. Часть 1. Сборник научных трудов 17-ой Международной научно-практической конференции. 2017. С. 20–26.
4. Гаврилов А.В., Куликова С.В., Голкина Г.Е. Повышение уровня подготовки ИТ-специалистов на основе анализа требований рынка труда // Открытое образование. 2019. № 23(6). С. 30–40.
5. Васильева Е.В. Моделирование спроса на квалификацию кадров ИТ-отрасли // Управление. 2017. № 4. С. 34–39.
6. Аванесов В.С. История педагогической теории измерений // Педагогические Измерения. 2012. № 3. С. 3–26.
7. Майоров А. Н. Теория и практика создания тестов для системы образования. М.: Интеллект центр, 2001. 296 с.
8. Коржик И.А., Протасова И.В., Толстобров А.П. Тестовая система Moodle и качество тестовых заданий // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции. М.: ИНТУИТ. РУ, 2012. С. 187–196.
9. Бершадская М.Д., Серова А.В. Универсальные компетенции: индикаторы, опыт разработки и оценивания [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://knastu.ru/media/files/page_files/teachers/Bershadskaya_UK__indikator_y_opyt_razrobot_tsenivaniya_Seminar_AKUR_05.2018.pdf. (Дата обращения: 24.06.2023).
10. Василькова Н.А. Нормативно-методические аспекты формирования фондов оценочных средств в модели ФГОС 3++ по направлению высшего образования // Современная высшая школа: инновационный аспект. 2019. Т.11. № 2. С. 62–77.
11. Казакова Е.И., Тарханова И.Ю. Оценка универсальных компетенций студентов при освоении образовательных программ // Ярославский педагогический вестник. 2018. № 5. С. 127–135.
12. Полянский А.М., Смирнова Е.А. Проектирование рабочей программы дисциплины на основе элементов компетенций // Открытое образование. 2018. № 22(3). С. 35–51.
13. Овчинников А.А., Гитман М.Б., Гитман Е.К. Алгоритм создания автоматизированной информационной системы оценивания уровня сформированности компетенций студента вуза // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2018. № 3. С. 300–304.
14. Шафоростова Е.Н., Валова А.А. Проектирование компетентностной модели выпускника как средство оценки качества обучения // Открытое образование. 2019. № 23(5). С. 54–63.
15. Приказ Минобрнауки РФ «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры» от 19 декабря 2013 г. № 1367.
16. Открытая обучающая платформа Moodle [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://moodle.org>. (Дата обращения: 24.06.2023).
17. Андрианов И.А., Ржеуцкая С.Ю., Харина М.В. Междисциплинарный дистанционный практикум для студентов ИТ-направлений // Открытое образование. 2021. № 2. С. 41–50.
18. Ржеуцкая С.Ю., Ржеуцкий А.В. Алгоритм классификации учебных заданий в дистанционном практикуме по программированию // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2019): материалы десятой международной научно-технической конференции. Вологда: ВоГУ, 2019. С. 217–220.
19. Anatoly Shvetsov, Svetlana Rzhetskaya, Anna Sergushicheva, Alexey Sukonschikov, Igor Andrianov, Dmitry Kochkin. The Architecture of Intelligent Agent-based Educational System for Training Students in a Technical University // V International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino). (14–17 April 2020, Moscow). Moscow: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. 2020, № 5.
20. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 09.03.04. Программная инженерия [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/090304_B_3_17102017.pdf (Дата обращения: 24.06.2023).

References

1. Raykhlin A.V., Gromova M.V., Kolesov R.V. An integrated approach to the implementation of blended learning in higher education. *Otkrytoye obrazovaniye = Open education*. 2022; 26(4): 55-65. (In Russ.)
2. Dement'yeva A.S. The concept of blended learning, advantages and some difficulties in its implementation. *Voprosy ustoychivogo razvitiya obshchestva = Issues of sustainable development of society*. 2022; 3: 910–914. (In Russ.)
3. Tel'nov Yu.F., Lebedev S.A., Gasparian M.S. Designing the main professional educational programs in the direction of training «Applied Informatics» based on professional standards. V sbornike «Novyye informatsionnyye tekhnologii v obrazovanii: innovatsii v ekonomike i obrazovanii na baze tekhnologicheskikh resheniy 1S. Chast' 1. Sbornik nauchnykh trudov 17-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii = In the collection «New information technologies in education: innovations in economics and education based on technological solutions 1C. Part 1. Collection of scientific papers of the 17th International Scientific and Practical Conference. 2017; 20-26. (In Russ.)
4. Gavrillov A.V., Kulikova S.V., Golkina G.Ye. Improving the level of training of IT-specialists based on the analysis of labor market requirements. *Otkrytoye obrazovaniye = Open Education*. 2019; 23(6): 30-40. (In Russ.)
5. Vasil'yeva Ye.V. Modeling the demand for the qualifications of IT industry personnel. *Upravleniye = Management*. 2017; 4: 34–39. (In Russ.)
6. Avanesov V.S. History of the pedagogical theory of measurements. *Pedagogicheskiye Izmereniya = Pedagogical Measurements*. 2012; 3: 3-26. (In Russ.)
7. Mayorov A.N. *Teoriya i praktika sozdaniya testov dlya sistemy obrazovaniya = Theory and practice of creating tests for the education system*. Moscow: Intellect Center; 2001. 296 p. (In Russ.)
8. Korzhik I.A., Protasova I.V., Tolstobrov A.P. Test system Moodle and the quality of test items. *Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovaniye. Sbornik izbrannykh trudov VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii = Modern information technologies and IT education. Collection of selected works of the VII International Scientific and Practical Conference*. Moscow: INTUIT.RU; 2012: 187-196. (In Russ.)
9. Bershadskaya M.D., Serova A.V. Universal'nyye kompetentsii: indikatory, opyt razrabotki i otsenivaniya = Universal competencies: indicators, development and evaluation experience [Internet]. Available from: https://knastu.ru/media/files/page_files/teachers/Bershadskaya_UK_indikatory_opyt_razrabot.tsenivaniya_Seminar_AKUR_05.2018.pdf. (cited 24.06.2023). (In Russ.)
10. Vasil'kova N.A. Normative and methodological aspects of the formation of funds for appraisal funds in the FSES 3++ model in the direction of higher education. *Sovremennaya vysshaya shkola: innovatsionnyy aspekt = Modern Higher School: Innovative Aspect*. 2019; 11; 2: 62-77. (In Russ.)
11. Kazakova Ye. I., Tarkhanova I. Yu. Evaluation of the universal competencies of students in the development of educational programs. *Yaroslavskiy pedagogicheskiy vestnik = Yaroslavl Pedagogical Bulletin*. 2018; 5: 127-135. (In Russ.)
12. Polyanskiy A.M., Smirnova Ye.A. Designing a discipline work program based on competency elements. *Otkrytoye obrazovaniye = Open Education*. 2018; 22(3): 35-51. (In Russ.)
13. Ovchinnikov A.A., Gitman M.B., Gitman Ye.K. Algorithm for creating an automated information system for evaluating the level of formation of a university student's competencies. *Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti = Technology of textile industry*. 2018; 3: 300-304. (In Russ.)
14. Shaforostova Ye.N., Valova A.A. Designing a graduate's competency model as a means of assessing the quality of education. *Otkrytoye obrazovaniye = Open Education*. 2019; 23(5): 54-63. (In Russ.)
15. Prikaz Minobrnauki RF «Ob utverzhdenii Poryadka organizatsii i osushchestvleniya obrazovatel'noy deyatel'nosti po obrazovatel'nyim programmam vysshego obrazovaniya – programmam bakalavriata, programmam spetsialiteta, programmam magistratury» ot 19 dekabrya 2013 g. № 1367 = Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation “On Approval of the Procedure for Organization and Implementation of Educational Activities in Educational Programs of Higher Education – Bachelor's Programs, Specialist's Programs, Master's Programs” dated December 19, 2013 No. 1367. (In Russ.)
16. Otkrytaya obuchayushchaya platforma Moodle = Open learning platform Moodle [Internet]. Available from: <https://moodle.org>. (cited 24.06.2023). (In Russ.)
17. Andrianov I.A., Rzhetskaya S.Yu., Kharina M.V. Interdisciplinary distance workshop for IT students. *Otkrytoye obrazovaniye = Open Education*. 2021; 2: 41-50. (In Russ.)
18. Rzhetskaya S.Yu., Rzhetskii A.V. Classification algorithm for training tasks in a remote programming workshop. *Intellektual'no-informatsionnyye tekhnologii i intellektual'nyy biznes (INFOS-2019): materialy desyatoy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii = Intelligent Information Technologies and Intelligent Business (INFOS-2019): materials of the tenth international scientific and technical conference*. Vologda: VSU; 2019: 217-220. (In Russ.)
19. Anatoly Shvetsov, Svetlana Rzhetskaya, Anna Sergushicheva, Alexey Sukonschikov, Igor Andrianov, Dmitry Kochkin. The Architecture

of Intelligent Agent-based Educational System for Training Students in a Technical University. V International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino). (14-17 April 2020, Moscow) = V International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino). (14-17 April 2020, Moscow). Moscow: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc; 2020: 5. (In Russ.)

20. Federal'nyy gosudarstvennyy obrazovatel'nyy standart vysshego obrazovaniya – bakalavriat po napravleniyu podgotovki 09.03.04. Programmaya inzheneriya = Federal state educational standard of higher education – bachelor's degree in the field of study 09.03.04. Software Engineering [Internet]. Rezhim dostupa: http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/090304_B_3_17102017.pdf. (cited 24.06.2023). (In Russ.)

Сведения об авторах

Игорь Александрович Андрианов

К.т.н., доцент кафедры автоматизации и вычислительной техники
Вологодский государственный университет,
Вологда, Россия
Эл. почта: igand@mail.ru

Андрей Михайлович Полянский

К.т.н., доцент кафедры автоматизации и вычислительной техники
Вологодский государственный университет,
Вологда, Россия
Эл. почта: ampol@yandex.ru

Светлана Юрьевна Ржеуцкая

К.т.н., доцент кафедры автоматизации и вычислительной техники
Вологодский государственный университет,
Вологда, Россия
Эл. почта: rzeyzki@yandex.ru

Марина Викторовна Харина

Старший преподаватель кафедры английского языка
Вологодский государственный университет,
Вологда, Россия
Эл. почта: marinav-eng@yandex.ru

Information about the authors

Igor A. Andrianov

Cand. Sci. (Technical), Associate professor in the Department of computer science and engineering Vologda State University, Vologda, Russia
E-mail: igand@mail.ru

Andrey M. Polyanskiy

Cand. Sci. (Technical), Associate professor in the Department of computer science and engineering Vologda State University, Vologda, Russia
E-mail: ampol@yandex.ru

Svetlana U. Rzeutskaya

Cand. Sci. (Technical), Associate professor in the Department of computer science and engineering Vologda State University, Vologda, Russia
E-mail: rzeyzki@yandex.ru

Marina V. Kharina

Senior teacher in the English-language Department Vologda State University, Vologda, Russia
E-mail: marinav-eng@yandex.ru

Дискуссионная подготовка будущих инженеров в виртуальной образовательной среде: опыт эмпирического исследования

Цель. Процессы сетевизации и социотехнической трансформации инженерной деятельности в постиндустриальном обществе, требуют подготовки технических специалистов, обладающих сформированной дискуссионной компетенцией (ДК) и отличными навыками online-коммуникаций. Принимая во внимание указанные тенденции была сформулирована цель настоящей работы, заключающаяся в оценке результативности разработанной нами модели формирования дискуссионной компетенции студентов технических вузов в виртуальной образовательной среде.

Материалы и методы. Педагогический эксперимент проводился на базе двух новосибирских вузов: архитектурно-строительного (НГАСУ) и технического (НГТУ) университетов на общей выборке испытуемых (бакалавры 2–3 курса) в 350 ч.: 296 ч. НГАСУ, 54 ч. НГТУ. Реализация эксперимента осуществлялась в три этапа: констатирующий — апробация инструментария, фиксация проблемы и уточнение эмпирической гипотезы исследования; формирующий — активное использование разработанной модели для развития дискуссионных навыков у студентов НГАСУ; контрольный — оценка устойчивости модели при изменении контингента обучаемых и институциональных условий (на базе НГТУ). Для оценки сформированности ДК использовались 2 эмпирических индикатора: степень обученности, показывающий процент сформированности соответствующего компонента ДК от теоретически возможного и коэффициент качественной успеваемости, являющийся показателем готовности студента к применению полученных дискуссионных навыков в профессиональной деятельности.

Результаты. Эксперимент показал, что применение в образовательном процессе технических вузов разработанной нами модели формирования дискуссионной компетенции позволило повысить степень обученности студентов на 6–31% и коэффициент

качественной успеваемости на 20–60%, в зависимости от формируемого компонента ДК. В результате доля студентов, готовых к самостоятельному применению дискуссионных навыков в профессиональной деятельности, составила от 72 до 94%. Во-вторых, были выявлены ограничения (ограниченный потенциал метода дебатов в формировании социального и неоднозначность результатов по лингвистическому компоненту ДК), а также намечены перспективные пути повышения результативности (более широкое применение в синхронных online-дискуссиях методов, ориентированных на совместный поиск решений: кейс-стади, круглый стол, конструктивный конфликт; привлечение специалистов-филологов к разработке дополнительных критериев оценки лингвистического компонента ДК) созданной модели.

Заключение. В ходе исследования установлено, что реализуемая в виртуальной образовательной среде, построенная на принципе двойного чередования (синхронных и асинхронных форм online-коммуникаций, рефлексивных и развивающих обучающих ступеней) и непрерывного мониторинга на основе сетевой базы данных с интерактивной индикацией текущей успеваемости, модель формирования ДК позволяет результативно решать проблему дискуссионной подготовки будущих инженеров в условиях сетевизации и социотехнической трансформации инженерной деятельности. Выявлено наличие педагогического потенциала для дальнейшего совершенствования разработанной модели и намечен следующий этап исследования по оценке её влияния на формирование у будущих инженеров мотивационного и рефлексивного компонентов дискуссионной компетенции.

Ключевые слова: дискуссионная компетенция, инженерная деятельность, модель, виртуальная образовательная среда, Moodle, online-дискуссия.

Sergey A. Mikhayev

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk, Russia

Discussion Training of Future Engineers in a Virtual Educational Environment: Experience of Empirical Research

Purpose. The processes of networking and socio-technical transformation of engineering activity in post-industrial society require training technical specialists possessing developed discussion competence (DC) and excellent online-communication skills. Taking into account the above-mentioned trends, the purpose of this paper was formulated to evaluate the effectiveness of the developed model of forming discussion competence of technical university students in virtual educational environment.

Materials and methods. The pedagogical experiment was conducted on the basis of two novosibirsk universities: Architecture and civil engineering university (SIBSTRIN) and Technical university (NSTU) on the total sample of subjects (2nd - 3rd year bachelors) in 350 h: 296 h. -SIBSTRIN, 54 hours - NSTU. The experiment was imple-

mented in three stages: ascertaining - approbation of tools, fixing the problem and clarifying empirical hypothesis; forming - active use of the designed model to develop discussion skills among SIBSTRIN students; control - evaluation of the model stability when changing the student population and institutional conditions (based on NSTU). Two empirical indexes were used to assess the formation of DC: the degree of learning, which shows the percentage of the formation of the corresponding component of DC from the theoretically possible and the coefficient of qualitative progress, which is an index of student readiness to apply the obtained discussion skills in professional activities. Results. The experiment showed that the application of the developed model of forming discussion competence in the educational process of technical universities allowed increasing the degree of students'

learning by 6-31% and the quality success rate by 20 - 60%, depending on the formed component of DC. As a result, the share of students ready to independently apply discussion skills in professional activities ranged from 72 to 94%. Secondly, we revealed the limitations (limited potential of the debate method in the formation of social and ambiguity of the results on the linguistic component of DC) and identified promising ways to improve the performance (greater use of methods in synchronous online-discussions, focused on collaborative solutions search: case study, round table, constructive conflict; involving philologists to develop additional assessment criteria for the linguistic component of DC) of the model created.

Conclusion. The research has revealed that the model of DC formation implemented in the virtual educational environment, created on the

principle of double alternation (synchronous and asynchronous forms of online-communication, reflective and developing training stages) and continuous monitoring based on the network database with interactive indication of the current progress, allows effectively solve the problem of discussion-based training of future engineers under conditions of networking and socio-technical transformation of engineering activity. The pedagogical potential for further improvement of the developed model has been revealed and the next stage of research on evaluating its impact on the formation of motivational and reflexive components of discussion competence in future engineers has been outlined.

Keywords: discussion competence, engineering activities, model, virtual educational environment, Moodle, online discussion.

Введение

Как показывают исследования [1; 2; 3 и др.], современная инженерная деятельность (ИД) имеет социотехнический характер, ориентирована на сетевизацию труда и групповую работу. Интеграция научно-исследовательской и проектно-конструкторской функций, приоритет социального заказа в разработке технических изделий, создание распределенных коллективов и виртуальных лабораторий, связанных посредством интернет-коммуникаций — ее отличительные признаки.

Перечисленные факторы повышают актуальность гуманитарной, в частности, коммуникативной подготовки современного инженера, включающей в себя умение вести полемику, отстаивать собственные изобретения, разрешать конфликтные ситуации на основе компромисса. Перечисленные навыки предполагают овладение дискуссионной компетенцией (ДК). В контексте сетевизации ИД особую значимость в подготовке инженеров приобретает обучение различным формам online-коммуникаций, в том числе online-дискуссиям (ОД).

Анализ литературы (Е.А. Буденкова [4], Н.А. Венцева [5], М.В. Кларин [6], Л.В. Мурзенко [7], Э.Г. Скибицкий и Е.Т. Китова [8], Э.Г. Скибицкий и А.В. Перфилова [9] и др.) показал, что в отечественной педагогике исследованы, преимущественно, традиционные (аудиторные) формы дискусси-

онной деятельности. Проблема же online или сетевых дискуссий почти не изучена. В этой области мы можем отметить работы А.В. Перфиловой [10], выполнившей краткий обзор зарубежных исследований по данной проблеме; М.В. Кларина [6], освещающего некоторые организационно-методические особенности сетевых дискуссий; Е.А. Буденковой [4], которая на основе иностранных публикаций описывает процедуру реализации online-дискуссии с использованием метода «конструктивный конфликт».

В англоязычной литературе, напротив, online-дискуссиям посвящено множество работ, где исследуется широкий круг теоретических и научно-практических вопросов применения ОД в педагогической деятельности: структурирование (S. Gregory [11]; M.K. Kim, T. Ketenci [12]; T.M. Steen [13] и др.); организация и проведение синхронных (D. Ackerman, B. Gross [14]; A. Rineks, M.A. Bukhori [15]; T. Salminen, M. Marttunen, L. Laurinen [16] и др.) и асинхронных (G. Ergulec [17]; F. Olesova, L. Slavin, M. Lim [18]; J. Schindler, L. Burkholder [19] и др.) ОД; взаимодействие преподавателя и студентов в ходе online-дискуссий (J. Delahunty [20]; Z. Khlaif, H. Nadiruzzaman, K. Kwon [21]; G.P. Rustika Dewi, M.H. Santosa [22] и др.); использование ОД в качестве инструмента развития критического мышления (D. Garrison, T. Anderson, W. Archer [23];

C. Gunawardena, T. Anderson [24]; M. Rodriguez [25] и др.); применение аргументационных моделей для формирования навыков сетевой коммуникации (J. Breivik [26]; S. Erduran, S. Simon, J. Osborne [27]; S. Leitao [28] и др.).

Несмотря на количество публикаций, многие теоретические проблемы и научно-практические задачи применения online-дискуссий в образовательном процессе технических вузов остаются нерешенными и требуют поиска новых методологических оснований и практических инструментов их реализации. Наше исследование показало, что к числу наиболее слабоизученных вопросов относятся: комбинированное применение синхронных и асинхронных форм учебных заданий; разработка объективных оценочных показателей сформированности дискуссионной компетенции; формирование коммуникативного и лингвистического компонентов ДК в ходе online-дискуссий; анализ влияния институциональных (социальный заказ, требования образовательных стандартов) и личностных (индивидуально-типологические особенности обучающихся) факторов на организацию образовательного процесса вузов с использованием ОД.

Перечисленные проблемы мы попытались решить через разработку 3-х уровневой модели формирования дискуссионной компетенции (МФДК) студентов технических вузов в виртуальной образова-

тельной среде, основанной на методологии системного, конструктивистского и компетентностного подходов, включающую комплекс оценочных показателей по всем компонентам ДК, технологию с комбинацией синхронных и асинхронных форм online-дискуссий и учитывающую институциональные и личностные факторы применения ОД в образовательном процессе образовательных организаций высшего образования. Теоретическое обоснование МФДК выполнено в нашем предыдущем исследовании [29], целью настоящей работы является эмпирическая оценка результативности разработанной модели.

Материалы и методы

Педагогический эксперимент проводился на базе 2-х новосибирских университетов: архитектурно-строительного (НГАСУ) — констатирующий и формирующий этап (ФЭ) и технического (НГТУ) — контрольный этап (КЭ). В исследовании принимали участие студенты-бакалавры 2–3 курса, обучающиеся на очном отделении по направлениям подготовки «строительство» (НГАСУ) и «автоматика и вычислительная техника» (НГТУ). Численность выборки составила 350 ч.: 52 ч. — констатирующий эксперимент; 244 ч. — ФЭ (по 122 ч. в КГ и ЭГ); 54 ч. — КЭ (группы ЭГК). Общее число учебных групп на всех этапах эксперимента — 14: по 2 на констатирующем и контрольном, 10 на формирующем (5 ЭГ и 5 КГ).

Занятия по формированию ДК проводились в соответствии с планом (рис. 1), на базе виртуальной образовательной среды (VLE) «Moodle». Выбор «Moodle» обусловлен ее распространенностью в российском педагогическом сообществе, а также функционалом, позволяющим при помощи

плагинов («BigBlueButton», «форум», «база данных») проводить синхронные и асинхронные дискуссии, собирать статистику и обрабатывать результаты.

В силу специфики решаемых задач (фиксация проблемы и уточнение эмпирической гипотезы исследования) констатирующий эксперимент включал в себя только два первых этапа из представленных на рис. 1, тогда как формирующий и контрольный реализовывались в полном объеме, согласно приведенной схеме и имели идентичную структуру.

Как видно из рис. 1, формирование ДК осуществляется через 4 последовательных этапа

(стадии), каждый из которых решает специфические педагогические задачи и предполагает использование собственного набора средств, форм и методов обучения. Наиболее продолжительным (8 занятий) является третий — формирующий этап, включающий 4 ОД, после каждой из которых проводилась совместная рефлексия ее результатов. Реализация всех этапов рассчитана на один учебный семестр и включает 14 занятий: 5 аудиторных и 8 сетевых. Предметной основой ОД выступали дисциплины «социология» (контрольный эксперимент) и «социология в строительной сфере» (формирующий эксперимент).



Рис. 1. Схема формирования ДК будущих инженеров в виртуальной образовательной среде

Fig. 1. Scheme of the formation of DC of future engineers in a virtual educational environment

Непосредственной теоретической основой формирования у будущих инженеров навыков ведения online-дискуссий являлись аргументационные модели (АМ) С. Тулмина [31] и С. Лейтао [28]. Первая из них использовалась для освоения структуры и логики построения аргументов. Вторая в качестве инструмента обучения социальной аргументации, предполагающей способность участников дискуссии выстраивать доказательства с учетом мнения оппонентов и предлагать обоснованные компромиссные решения обсуждаемых проблем. Обе перечисленных АМ также выступили основой для разработки формализованных показателей сформированности когнитивного и социального компонентов ДК (см. табл. 1).

Практическая реализация синхронных и асинхронных ОД осуществлялась на основе методов «дебаты» и «панельная дискуссия» (разновидность метода «форум») соответственно. В дебатах участвуют 2 команды по 2–3 ч. задача которых, используя подготовленные аргументы и коммуникативные приемы, опровергнуть доводы оппонентов и убедить преподавателя (выступает фасилитатором и арбитром) в правоте своей позиции. В ходе форума участники (4–6 ч.) делятся на 2 равные группы: пропонентов и оппонентов. Первые отстаивают мнение по предложенной теме, вторые ее аргументированно опровергают. Далее дискуссияны представляют свои позиции уже с учетом мнения противоположной стороны и в ходе совместного обсуждения вырабатывают компромиссное решение по рассматриваемой проблеме.

Подробнее с описанием, использованных в эксперименте дискуссионных методов, можно ознакомиться в теоретической части нашего исследования (Михеев, 2022, с. 141–142). Здесь же отметим, что с мето-

дической точки зрения дебаты более интерактивны и дают большую вовлеченность участников в онлайн-дискуссию. Но они также стимулируют дух соперничества, а это может негативно влиять на совместное конструирование знания из-за сужения пространства для достижения компромисса (Gunawardena, Anderson, 1997). Поэтому в правила дебатов мы добавили дополнительное условие для победы команды: необходимость сблизить взгляды с оппонентами по максимально возможному числу позиций, но при этом отстоять свою точку зрения в целом.

По окончании каждого этапа (кроме 1-го) и развивающих ступеней формирующей стадии, результаты испытуемых заносились в сетевую базу данных, которая в виде таблицы с цветной индикацией успеваемости (дифференцировано по каждому компоненту ДК), в online-режиме, была доступна всем участникам эксперимента. Это позволило преподавателю оперативно реагировать на возникающие у испытуемых проблемы, корректировать содержание рефлексивных занятий и методику проведения ОД. Кроме того, публичный характер размещения информации об успеваемости и применение цветовой индикации результатов, стимулировали состязательность и способствовали созданию конкурентной среды, являясь дополнительным фактором активизации познавательной деятельности студентов и повышения результативности формирования ДК.

Оценка уровня овладения испытуемыми ДК осуществлялась по 5 компонентам: коммуникативному, когнитивному, лингвистическому и социальному, на основе 2-х индикаторов: степени обученности (СО) и коэффициента качественной успеваемости (ККУ). Используя степень обученности в качестве основно-

го индикатора сформированности ДК, мы опирались на концепцию учебных достижений В.П. Смирнова (1999) и его 5-уровневую модель знания, каждый из уровней которой находится в линейной зависимости от предыдущего и характеризуется определенным процентом овладения учебным материалом:

различие, предполагающее способность обучающегося узнавать или различать изучаемые объекты;

запоминание, основанное на заучивание и воспроизведение материала;

понимание, характеризующееся способностью студента рассуждать и высказывать собственные мысли, опираясь на изученный материал, находить причинно-следственные связи, приводить примеры, при затруднении применять сложные виды знания (например, аргументы, содержащие обоснованные опровержения) на практике;

элементарные умения и навыки, предполагающие как уверенное владение материалом, так и способность применять полученные знания на практике (за исключением наиболее сложных форм) по изученному образцу, шаблону, примеру, аналогии и т.п.;

перенос, предполагающий творческое применение полученных знаний (свободную импровизацию) без опоры на шаблоны и клише.

Основываясь на модели В.П. Смирнова, учитывая практическую направленность обучения в рамках компетентностного подхода и требования к профессиональной подготовке инженеров в условиях сетевизации и социотехнической трансформации ИД, мы разработали оценочно-диагностическую таблицу сформированности ДК студентов технических вузов (табл. 1).

Табл. 1 включает в себя 4 взаимосвязанных параметра, оцениваемых соответствующим

Таблица 1 (Table 1)

Показатели сформированности дискуссионной компетенции студентов технических вузов
Indexes of the formation of the discussion competence of students of technical universities

Балл	Оценочные показатели	Уровень обученности	СО
1	Академические Студент не участвует в дискуссии или ограничивается формальными комментариями. Профессиональные Не готов к использованию дискуссионных навыков в профессиональной деятельности.	Различие	0,00 (0%)
2	Академические Социальный компонент. Студент не учитывает содержание высказываний оппонентов при построении аргументации. Когнитивный компонент. Студент использует аргументы, включающие утверждения, данные, основания или поддержку, но без опровержения. Коммуникативный компонент. Студент слабо владеет специальными приемами и правилами делового общения и не придерживается их в дискуссии. Лингвистический компонент. Студент слабо владеет устным или письменным языком, регулярно допускает серьезные речевые ошибки, затрудняющие понимание сказанного. Профессиональные Не готов к использованию дискуссионных навыков в профессиональной деятельности	Запоминание	0,00 (0%)
3	Академические Социальный компонент. Студент выстраивает аргументы, учитывая сообщения других участников, но без попыток сблизить позиции. Когнитивный компонент. Используются аргументы с более чем одним утверждением, данными, основаниями или поддержкой (по каждому утверждению), со слабым опровержением или без него. Коммуникативный компонент. Студент знает правила ведения дискуссии и приемы делового общения при значительных затруднениях в их практическом применении. Лингвистический компонент. Студент неуверенно владеет языком, устным или письменным, регулярно допускает серьезные речевые ошибки, затрудняющие понимание сказанного. Профессиональные Ограниченно готов к использованию дискуссионных навыков, при наличии внешнего руководства и отсутствии нестандартных ситуаций.	Понимание + запоминание + различие	0,36 (36%)
4	Академические Социальный компонент. Студент выстраивает аргументы с опорой на сообщения других дискуссиантов. Присутствуют четко выраженная ориентация на сближение позиций. Когнитивный компонент. В аргументации дискуссианта присутствуют Утверждения + данные + основание / поддержка + четко идентифицируемое опровержение. Коммуникативный компонент. Студент знает правила, владеет приемами делового общения, но в некоторых ситуациях дискуссии отходит от них или затрудняется с практическим применением. Лингвистический компонент. Студент уверенно владеет языком, устным или письменным, изредка допуская речевые ошибки, затрудняющие понимание сказанного. Профессиональные Готов к самостоятельному использованию дискуссионных навыков, но не всегда оптимальным образом (особенно в нестандартных ситуациях).	Элементарные умения и навыки + понимание + запоминание + различие	0,64 (64%)
5	Академические Социальный компонент. Присутствует четко выраженная ориентация на сближение и пересмотр собственной позиции для достижения компромисса. Когнитивный компонент. Развернутая аргументация с утверждением, данными, основанием / поддержкой, двумя и более опровержениями, одно из которых оспаривает основание. Коммуникативный компонент. Студент знает правила, владеет приемами делового общения и правильно их применяет во всех ситуациях дискуссионного процесса. Лингвистический компонент. Уверенное владение языком, устным или письменным, без серьезных речевых ошибок, затрудняющих понимание смысла сказанного. Профессиональные Готов к самостоятельному оптимальному использованию дискуссионных навыков, в т.ч. в нестандартных ситуациях.	Перенос + элементарные умения и навыки + понимание + запоминание + различие	1 (100%)

шим баллом: академические показатели (критерии), отражающие учебные достижения студентов; уровень обученности, показывающий этап в овладении дискуссионными знаниями, достигнутый студентом, согласно модели В.П. Смирнова; степень обученности в качестве эмпирического индикатора сформированности ДК; профессиональные показатели, характеризующие меру готовности будущих инженеров к применению полученных знаний в самостоятельной трудовой деятельности.

Разработанная нами таблица, позволяет комплексно оценивать объем и качество овладения будущими инженерами ДК (социальным, коммуникативным, когнитивным и лингвистическим компонентами), а также их готовность к применению дискуссионных навыков в профессиональной деятельности.

ККУ выступает в качестве дополнительного индикатора и позволяет целенаправленно измерять степень готовности студентов к самостоятельной реализации дискуссионной компетентности в профессиональной деятельности.

В ходе констатирующего эксперимента была выдвинута эмпирическая гипотеза исследования. Результативность модели формирования ДК студентов технических вузов на основе VLE выражается в том, что:

1) повышается коэффициент (степень) обученности, а также коэффициент качественной успеваемости испытуемых ЭГ по всем компонентам содержательного уровня дискуссионной компетенции (коммуникативному, социальному, лингвистическому и когнитивному);

2) позитивные изменения в степени обученности и успеваемости испытуемых ЭГ подтверждаются результатами G-теста и Хи-квадрата по Пирсону и имеют закономер-

ный характер, в отличие от случайных изменений в КГ.

Обработка экспериментальных данных осуществлялась по разработанному плану, с использованием методов математической статистики и последующей интерпретацией полученных результатов:

Описательный анализ (ОА). Проводился на всех стадиях эксперимента с целью выявления частотных характеристик (распределение результатов испытуемых по категориям (баллам) плюс их процентное соотношение), расчета усредненных показателей, а также коэффициентов обученности и качественной успеваемости (КУ) в контрольных и экспериментальных группах.

Оценка данных на основе G-критерия знаков (G-теста). Использовалась на этапе формирующего и контрольного эксперимента для сравнения результатов, показанных студентами ЭГ на стадии входящего и итогового контроля, с целью оценки статистической значимости (закономерности) положительных изменений, обусловленных применением МФДК.

Определение статистической значимости (закономерности) различий итоговых результатов КГ и ЭГ при помощи Хи-квадрата Пирсона и параметра V Крамера (на этапе ФЭ).

Интерпретация и комплексная оценка итогов эксперимента.

Результаты исследования

Данные ОА представлены на диаграммах в уже обобщенном виде вычисленных коэффициентов: СО (рис. 2) и ККУ (рис. 3).

Каждая из диаграмм включает 8 массивов данных, отражающих результаты контрольных дискуссий, в синхронной либо асинхронной форме, по одному из компонентов ДК. Группы КГ и ЭГ относятся к формирующему, ЭГК к кон-

трольному эксперименту.

По итогам входящего контроля, мы сделали три главных вывода. Во-первых, незначительный разброс результатов КГ и ЭГ. По большинству компонентов ДК он колеблется от 1 до 3%, как по СО, так и по ККУ. Лишь по когнитивному и коммуникативному компонентам асинхронных дискуссий (КУ) разница в подготовке групп значительно больше — от 9 до 12%. Однако здесь выполняется требование к педагогическому эксперименту о комплектовании ЭГ более слабыми испытуемыми при существенном отличии в уровне подготовки. Таким образом, ЭГ и КГ имеют примерно равные стартовые условия, что свидетельствует о качественном проведении выравнивающих процедур и повышает достоверность результатов эксперимента.

Во-вторых, при невысоком общем уровне подготовки (КУ колеблется, по большинству компонентов, от 19 до 42%) наибольшую результативность испытуемые демонстрируют при выполнении асинхронных дискуссий. Преимущество, по сравнению с синхронными дискуссиями, от 3 до 13% по СО и от 6 до 13% по КУ.

В-третьих, наилучшие результаты у испытуемых всех групп достигаются по лингвистическому компоненту ДК: от 54 до 78% по СО и до 74% по КУ.

По результатам итогового контроля на этапе ФЭ улучшились показатели подготовки как у контрольных, так и у экспериментальных групп. Но если у первых процент улучшения составил от 3 до 12% (по лингвистическому компоненту наблюдалось ухудшение на 2%), то у последних улучшения колеблются в пределах 14–31% по СО и 20–60% по КУ. При этом наиболее существенные изменения наблюдаются по когнитивному компоненту ДК: 31% по СО (асинхронные дискуссии) и 54–60% по КУ для

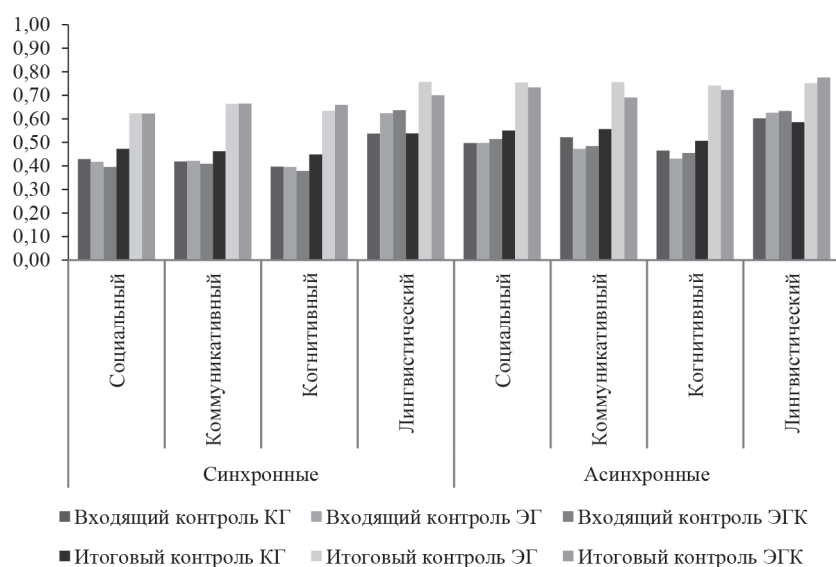


Рис. 2. Изменение СО испытуемых по компонентам ДК в ходе ФЭ и КЭ

Fig. 2. Changes in degree of learning of the subjects by discussion competence during the formative stage and the control stage

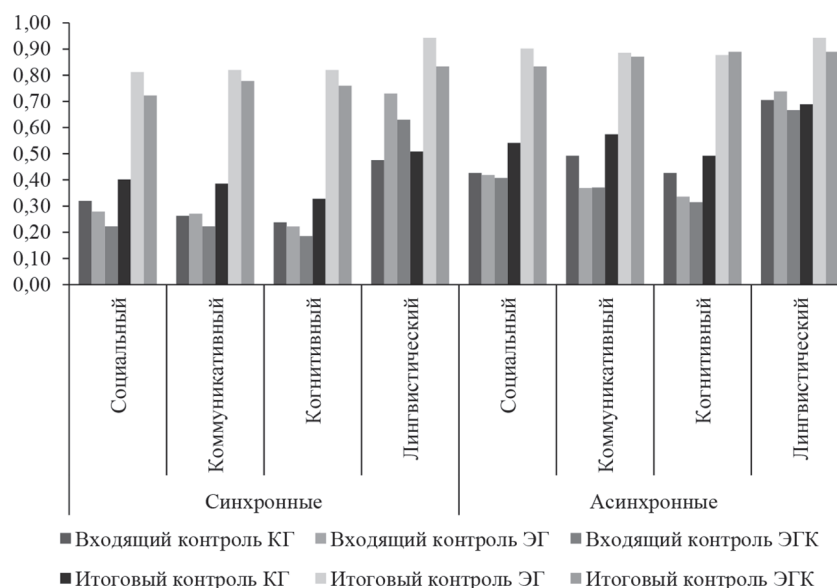


Рис. 3. Изменение ККУ испытуемых по компонентам ДК в ходе ФЭ и КЭ

Fig. 3. Changes in quality performance ratio of the subjects by discussion competence during the formative stage and the control stage

синхронных и асинхронных форм дискуссий соответственно. Наименее существенные изменения зафиксированы по лингвистическому компоненту (асинхронные дискуссии): СО – 13%, КУ – 20%.

Анализируя влияние разработанной модели на дискуссионную подготовку испытуемых, отметим сокращение у последних на 3–17% разрыва по КУ в синхронных и асин-

хронных контрольных заданиях по всем компонентам ДК в ходе ФЭ. И хотя результаты в синхронных дискуссиях у студентов ЭГ остались более низкими (на 6–9%), можно констатировать тенденцию к повышению равномерности дискуссионной подготовки будущих инженеров при применении в образовательном процессе технических вузов МФДК.

Проверка полученных результатов осуществлялась на этапе контрольного эксперимента. В ходе КЭ СО испытуемых групп ЭГК-1 и ЭГК-2 увеличилась на 6–28% (см. рис. 2) КУ на 20–57% (см. рис. 3). Как и в случае с ЭГ, минимальные улучшения достигнуты для лингвистического, максимальные для когнитивного компонента ДК. Таким образом, данные КЭ и ФЭ хорошо коррелируют, подтверждая результативность разработанной модели.

Итоги G-теста подтвердили позитивную динамику изменений. Количество положительных сдвигов превзошло количество отрицательных как в экспериментальных, так и в контрольных группах (за исключением асинхронных форм контрольных заданий по лингвистическому компоненту ДК). Вероятность ошибки, рассчитанная асимптотическим методом, при допустимом уровне (p) < 0,05 не превысила 0,00 в экспериментальных группах и составила от 0,06 до 1,00 в контрольных, что может свидетельствовать о случайном характере изменений у испытуемых КГ.

Для анализа взаимосвязи между типом группы (КГ или ЭГ) и итоговым результатом испытуемых, обратимся к комбинированным диаграммам с таблицами сопряженности (рис. 4–5).

Из рис. 4 и рис. 5 видно, что, начиная с балла «4», частоты в ячейках ЭГ существенно возрастают и начинают превосходить аналогичный показатель для КГ в 1,02 – 6,75 раз по всем компонентам и формам дискуссионных заданий. Исключение только лингвистический компонент в асинхронных дискуссиях, где по «четверкам» у КГ сохраняется символическое (+1) преимущество. При этом в колонках «2» и «3» мы наблюдаем обратную картину: либо примерный паритет, либо явное

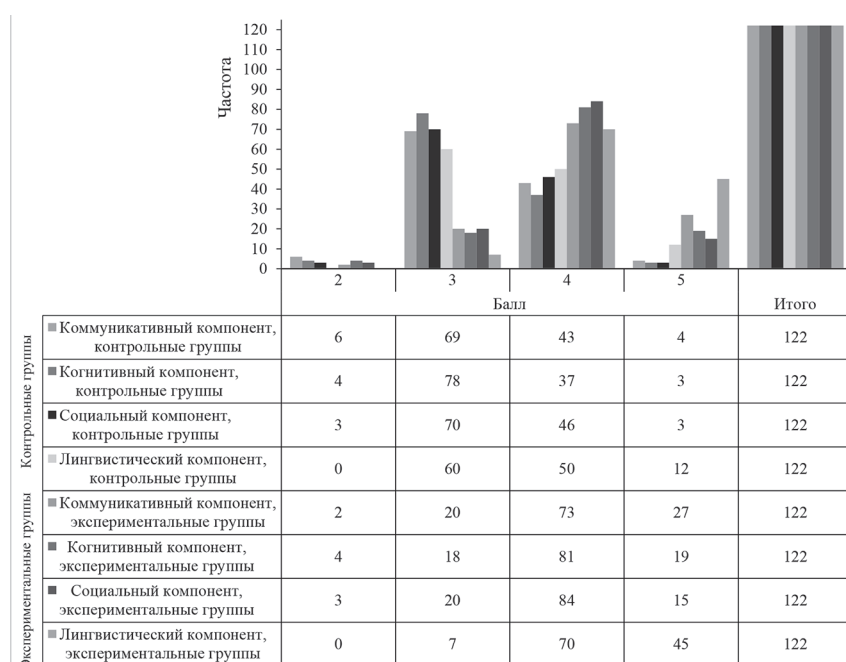


Рис. 4. Комбинированная диаграмма по переменным «Тип группы» → «Балл итогового контроля» (синхронные дискуссии)

Fig. 4. Combined chart by variables “Group Type” → “Final Control Score” (simultaneous discussions)

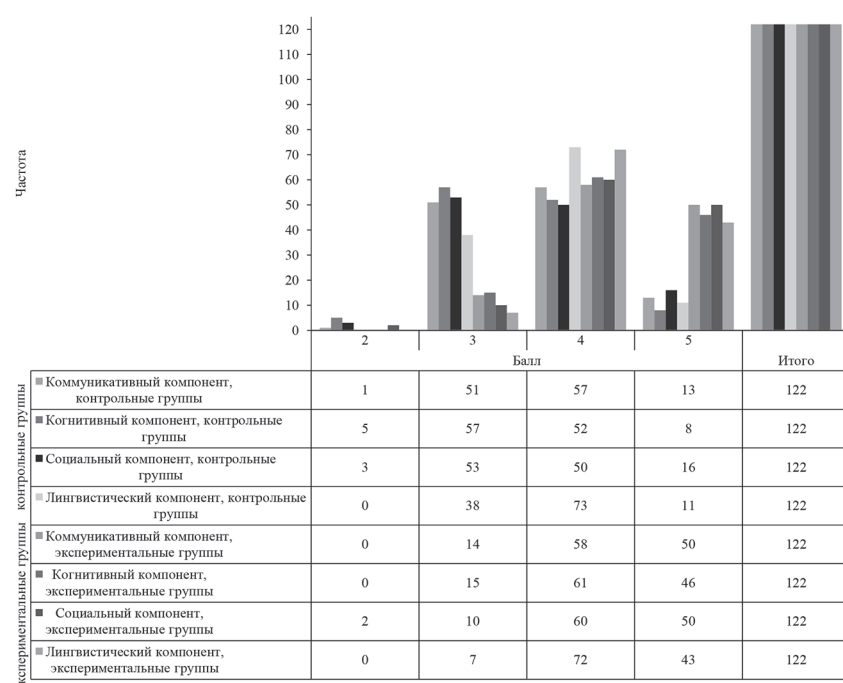


Рис. 5. Комбинированная диаграмма по переменным «Тип группы» → «Балл итогового контроля» (асинхронные дискуссии)

Fig. 5. Combined chart by variables “Group Type” → “Final Control Score” (asynchronous discussions)

доминирование контрольных групп.

Для исключения случайного характера выявленной тенденции были рассчитаны Хи-квадрат Пирсона и коэффициент

V Крамера. Оценка достоверности критерия «Хи-квадрат» осуществлялась на основе численного показателя точной 2-сторонней точной значимости (ТЗ), позволяющий

корректно определять вероятность ошибки при анализе недостаточно сбалансированных данных. В итоге по всем компонентам и дискуссионным формам показатель ТЗ составил 0,00, при $p \leq 0,05$, что подтверждает закономерный характер взаимосвязи между уровнем оценки и типом группы (принадлежность к ЭГ существенно увеличивает шанс на получение высокого балла). Рассчитанный коэффициент V Крамера от 0,41 (лингвистический компонент асинхронная дискуссия) до 0,52 (когнитивный компонент синхронная дискуссия) показывает наличие сильной зависимости по шкале Л.М. Реа и Р.А. Паркера (Гржибовский, Иванов, Горбатова, 2016).

Обсуждение

Проведенный эксперимент, в целом, подтвердил выдвинутую эмпирическую гипотезу и показал устойчивое и статистически закономерное повышение количественных показателей сформированности ДК по коммуникативному, когнитивному, социальному и лингвистическому компонентам. Однако некоторые из полученных результатов имеют неоднозначный характер и требуют дополнительной интерпретации.

Как уже отмечалось выше, навыки асинхронного дискуссионного взаимодействия формируются у испытуемых более эффективно, чем синхронного. Аналогичные выводы присутствуют в ряде англоязычных публикаций (Olesova, Slavin, Lim, 2016; Schindler, Burkholder, 2014; Gunawardena, Anderson, 1997 и др.). Их авторы основывают свою позицию на методических особенностях реализации асинхронной коммуникации (длительность по времени, возможность более тщательного обдумывания ответов) а также на результатах субъективных оценок участ-

ников online-дискуссий, отмечающих снижение эмоциональной нагрузки и страха негативной реакции собеседников (Wang, Woo, 2007).

Признавая рациональность представленных аргументов, мы не разделяем, в полной мере, выводов ученых. Опираясь на опыт комбинированного применения синхронных и асинхронных online-дискуссий в ходе педагогического эксперимента, а также на результаты теоретического анализа проблемы (Михеев, 2022), мы пришли к выводу о ее обусловленности спецификой мышления студентов технических вузов. Последние, в отличие от гуманитариев, неуверенно чувствуют себя в коммуникативных практиках непосредственного общения (синхронные дискуссии, видеоконференции), предпочитая излагать свои мысли в письменном и графическом виде (асинхронные дискуссии, форум).

Итоги эксперимента показали, что грамотное сочетание развивающих online и аудиторных занятий, направленных на актуализацию полученных знаний и совместную рефлексию дискуссионного опыта, в совокупности с рациональным чередованием синхронных и асинхронных форм ОД, позволяет нивелировать выявленную диспропорцию. При этом мы не в полной мере достигли желаемых результатов. Разрыв в овладении синхронными и асинхронными формами дискуссий хоть и уменьшился у испытуемых от 3 до 17%, но все равно сохранился на уровне 6–9%. В этом направлении необходимы дальнейшие исследования по совершенствованию разработанной модели.

Потенциал синхронных ОД не был до конца реализован при формировании социального компонента ДК. С одной стороны, это проявляется в итоговых результатах студентов ЭГ, которые хуже результатов соответствующих форм

заданий по другим компонентам на 1–8% по СО и 1–11% по КУ. С другой, что более существенно, в большом разрыве между количеством оценок высшего балла, полученным испытуемыми в синхронных и асинхронных дискуссионных контрольных заданиях. Так, для ЭГ указанный разрыв составляет 28,68%, для ЭГК – 20,37%. При этом по другим компонентам аналогичный показатель колеблется в пределах 18,41–22,13% и 0,00–16,67% соответственно.

На наш взгляд, полученные результаты объясняются спецификой использованного метода реализации синхронных online-дискуссий в сочетании с критериями оценки сформированности социального компонента ДК, предполагающими присутствие у студента четко идентифицируемой ориентации на сближение позиций и нахождение компромисса по обсуждаемому вопросу. Метод «дебаты», отличающийся вариативностью, интерактивностью и увлекательностью для студентов, создает конкурентную атмосферу и ориентирует участников на достижение победы в дискуссии. Введенная нами поправка в правила online-дебатов не смогла до конца нивелировать эту особенность и не позволила, в полной мере, реализовать установку на достижение компромисса в ходе синхронных ОД.

Таким образом, использование дебатных методов приводит к прогрессу в дискуссионной подготовке студентов, однако их возможности в формировании социального компонента ДК ограничены. Поэтому если в качестве цели online-дискуссий рассматривается выработка у студентов навыков сотрудничества в процессе обсуждения спорных вопросов, представляется целесообразным использование дискуссионных методов, которые в большей степени

ориентированы на совместный поиск решений. К их числу относятся: кейс-стади, круглый стол, конструктивный конфликт и др.

Неравномерность дискуссионной подготовки проявилась не только по формам реализации, но и по компонентам ДК. Наиболее высокие результаты испытуемые продемонстрировали по когнитивному компоненту. На наш взгляд, это следствие двух факторов:

Эффекта «низкой базы»: на стадии входящего контроля студенты ЭГ показали наихудшую подготовку именно по когнитивному компоненту (см. рис. 2 и рис. 3).

Учета авторами исследования специфики технического мышления, ориентированного на восприятие графических изображений и умение оперировать динамическими пространственными образами. Данная особенность определила использование адаптированной под наши педагогические задачи блок-схемы аргументационной модели С. Тулмина, позволившей сделать процесс обучения максимально наглядным и доступным для будущих инженеров.

Наиболее противоречивые результаты получены по лингвистическому компоненту. С одной стороны, это выражается в незначительности улучшений (6–15% при минимуме по другим компонентам ДК – 21%), с другой, в отсутствии явного преимущества результативности асинхронных форм заданий по сравнению с синхронными. Если на этапе ФЭ незначительно лидируют синхронные формы работы (+1%), то на контрольном этапе – асинхронные (+9%). Полагаем, такая ситуация обусловлена сложностью структуры лингвистического компонента в сочетании с объективной ограниченностью наших возможностей по его оценке.

Изучение специализированной литературы показыва-

ет, что языковые нормы включают в себя 10 уровней анализа (Скибицкий, Скибицкая, 2019). При оценке сформированности лингвистического компонента, мы использовали только два — лексический (употребление слов в речи согласно значениям) и синтаксический (правильность сочетаний слов в словосочетании и предложении). Оценка по всем уровням более трудоемка, требует специализированного образования и соответствующей квалификации. Поэтому привлечение специалистов в области языкознания может способствовать более точной и всесторонней оценке дискуссионных навыков будущих инженеров и представляется перспективным направлением совершенствования разработанной нами МФДК.

Заключение

Обобщение данных эксперимента, в ходе которого были выделены специфические особенности и ограничения реализации МФДК, определяющие ее результативное применение в образовательном процессе технических вузов, позволило сформулировать следующие выводы:

1. Выявлена и статистически доказана тенденция повышения уровня дискуссионной подготовки будущих инжене-

ров в виртуальной образовательной среде на 6–31% по степени обученности и на 20–60% по качественной успеваемости под влиянием разработанной педагогической модели.

2. Выявлена неравномерность формирования ДК в виртуальной образовательной среде при использовании синхронных и асинхронных дискуссионных заданий, обусловленная индивидуально-типологическими особенностями (спецификой мышления) студентов технических вузов и проявляющаяся в более высокой (на 3–13%) результативности последних. В этой связи дана рекомендация преподавателям уделять больше времени развитию у будущих инженеров навыков синхронных дискуссий с целью преодоления выявленного дисбаланса и гармоничного развития всего спектра дискуссионных способностей.

3. Установлена более высокая (до 22% по степени обученности и до 37% по качественной успеваемости) результативность формирования когнитивного компонента дискуссионной компетенции в виртуальной образовательной среде за счет эффекта «низкой базы» и методических возможностей АМ С. Тулмина.

4. Констатирована нестабильность результатов по лингвистическому компоненту ДК, обусловленная примени-

ем только двух видов анализа языковых норм — лексического и синтаксического, а также отсутствием специализированной языковой подготовки у авторов настоящего исследования. Выявленная проблема определила рекомендации преподавателям и выводы о необходимости дополнительного исследования с привлечением специалистов в области языкознания и литературы, по формированию лингвистического компонента ДК в рамках разработанной нами модели.

5. Установлено, что метод дебатов, несмотря на использованные методические приемы, не позволяет, в полной мере, раскрыть потенциал online-дискуссий в формировании социального компонента ДК. Поэтому необходимы дальнейшие исследования по поиску оптимальных методов развития навыков группового взаимодействия в синхронных online-дискуссиях, в числе которых могут быть кейс-стади, круглый стол, конструктивный конфликт и др.

Опираясь на полученные в ходе эксперимента результаты, мы определили следующий этап исследования результативности разработанной модели, который будет направлен на оценку влияния МФДК на формирование у будущих инженеров мотивационного и рефлексивного компонентов ДК.

Литература

1. Андреев А.Л. Технонаука // Философия науки и техники. 2011. № 1. С. 200–218.
2. Гаврилина Е.А. Инженер в современном мире: Homo Faber Vs Homo Mechanicus // Ведомости Прикладной Этики. 2014. № 44. С. 107–119.
3. Панина Г.В. Социотехническое проектирование в инженерном образовании // Ведомости прикладной этики. 2015. № 47. С. 139–151.
4. Буденкова Е.А. Онлайн-дискуссии: преимущества и методика проведения // Образовательные технологии. 2012. № 3. С. 113–127.
5. Венцева Н.А. Дискуссия как дидактическая категория // Вестник ТГПИ. 2007. Т. 2. С. 132–136.

6. Кларин М.В. Инновационные модели обучения: Исследование мирового опыта. М.: Луч, 2018. 640 с.

7. Мурзенко Л.В. Учебная дискуссия как средство формирования межкультурной компетенции у студентов языковых вузов в условиях дистанционного образования // Известия РГПУ им. Педагогические технологии дистанционного обучения. 2010. № 121. С. 197–201.

8. Скибицкий Э.Г., Китова Е.Т. Формирование дискуссионной компетентности магистрантов как инструмент поиска оптимального решения проблемных задач // Сибирская финансовая школа. 2015. № 3(110). С. 101–104.

9. Скибицкий Э.Г., Перфилова А.В. Формирование дискуссионной компетенции у студен-

тов технического вуза // Сибирский педагогический журнал. 2016. № 3. С. 38–44.

10. Перфилова А.В. Зарубежный опыт организации учебных онлайн-дискуссий в вузе. // Национальная гвардия на страже Независимости страны: теория и практика служебно-боевой деятельности (к 25-летию Независимости Республики Казахстан): Сборник материалов международной научно-практической конференции. Петропавловск: ВИ НГ Республики Казахстан, 2016. Ч. 2. 381 с.

11. Gregory S. Discussion boards as collaborative learning tools // International Journal of Continuing Engineering Education & Lifelong Learning. 2015. Т. 25. № 1. С. 63–76. DOI: 10.1504/ijceell.2015.066548.

12. Kim M.K., Ketenci T. Learner participation profiles in an asynchronous online collaboration context // The Internet and Higher Education. 2019. № 41. С. 62–76. DOI: 10.1016/j.iheduc.2019.02.002.

13. Steen T.M. Facilitating online learning activities through the discussion board: A first year university students' perspective // International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning. 2015. № 25. С. 77–102. DOI: 10.1504/IJCEELL.2015.066549.

14. Ackerman D., Gross B. Synchronous online discussion board as a primary mode of delivering marketing education: responding to the covid-19 pandemic and beyond // Marketing Education Review. 2021. Т. 1. № 10. С. 284–293. DOI: 10.1080/10528008.2021.1893752.

15. Rinekso A., Bukhori M.A. Synchronous online discussion: Teaching English in higher education amidst the covid-19 pandemic // JEES. 2020. Т. 5. № 2. С. 155–162. DOI: 10.21070/jees.v5i2.646.

16. Salminen T., Marttunen M., Laurinen, L. Visualizing knowledge from chat debates in argument diagrams // Journal of Computer Assisted Learning. 2010. Т. 26. № 5. С. 379–391.

17. Ergulec F. Design and facilitation strategies used in asynchronous online discussions // Malaysian Online Journal of Educational Technology. 2019. Т. 7. № 2. С. 20–36. DOI: 10.17220/mojet.2019.02.002.

18. Olesova L., Slavin M., Lim J. Exploring the Effect of Scripted Roles on Cognitive Presence in Asynchronous Online Discussions // Online Learning. 2016. Т. 20. № 4. С. 34–53. DOI: 10.24059/olj.v20i4.1058.

19. Schindler L., Burkholder G. Instructional Design and Facilitation Approaches that Promote Critical Thinking in Asynchronous Online Discussions: A Review of the Literature // Higher Learning Research Communications. 2014. Т. 4. № 4. С. 11–29. DOI: 10.18870/hlrc.v4i4.222.

20. Delahunty J. Connecting to learn, learning to connect: Thinking together in asynchronous forum

discussion // Linguistics & Education. 2018. № 46. С. 12–22. DOI: 10.1016/j.linged.2018.05.003.

21. Khlaif Z., Nadiruzzaman H., Kwon, K. Types of interaction in online discussion forums: A case study // Journal of Educational Issues. 2017. Т. 3. № 1. С. 155–169. DOI: 10.5296/jei.v3i1.10975.

22. Rustika Dewi G.P., Santosa M.H. Students' perception on the facilitation strategies provided by teachers in asynchronous online discussion // LLT Journal. 2022. Т. 25. № 1. С. 160–170. DOI: 10.24071/llt.v25i1.3579.

23. Garrison D., Anderson T., Archer W. Critical thinking, cognitive presence, and computer conferencing in distance education // American Journal of Distance Education. 2001. Т. 15. № 1. С. 7–23. DOI: 10.1080/08923640109527071.

24. Gunawardena C., Anderson T. Analysis of A Global Online Debate and The Development of an Interaction Analysis Model for Examining Social Construction of Knowledge in Computer Conferencing // Journal of Educational Computing Research. 1997. Т. 17. № 4. С. 397–431. DOI: 10.2190/7MQV-X9UJ-C7Q3-NRAG.

25. Rodriguez M. Content Analysis as a Method to Assess Online Discussions for Learning // SAGE Open. 2014. Т. 1. № 13. DOI: 10.1177/2158244014559019.

26. Breivik J. Argumentative patterns in students' online discussions in an introductory philosophy course // Nordic Journal of Digital Literacy. 2020. Т. 15. № 1. С. 8–23. DOI: 10.18261/issn.1891-943x-2020-01-02.

27. Erduran S., Simon S., Osborne, J. TAPping into Argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse // Science Education. 2004. Т. 88. № 6. С. 915–933. DOI: 10.1002/sce.20012.

28. Leitao S. The potential of argument in knowledge building // Human Development. 2000. Т. 43. № 6. С. 332–360. DOI: 10.1159/000022695.

29. Смирнов В.П. Диагностика степени обученности учащихся: Учебно-справочное пособие. М.: МРА, 1999. 48 с.

30. Toulmin S. The Uses of Argument. Cambridge University Press, 2003. 247 с. DOI: 10.1017/CBO9780511840005.

31. Гржибовский А.М., Иванов С.В., Горбатова М.А. Анализ номинальных и ранговых переменных данных с использованием программного обеспечения Statistica и SPSS // Наука и Здравоохранение. 2016. № 6. С. 5–39.

32. Wang Q., Woo H.L. Comparing asynchronous online discussions and face-to-face discussions in a classroom setting // British Journal of Educational. 2007. Т. 38. № 2. С. 272–286. DOI: 10.1111/j.1467-8535.2006.00621.x.

33. Скибицкий Э.Г., Скибицкая И.Ю. Научные коммуникации. Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2019. 170 с.

References

1. Andreyev A.L. Technoscience. *Filosofiya nauki i tekhniki* = Philosophy of science and technology. 2011; 1: 200–218. (In Russ.)
2. Gavrilina Ye.A. Engineer in the Modern World: Homo Faber Vs Homo Mechanicus. *Vedomosti Prikladnoy Etiki* = Bulletin of Applied Ethics. 2014; 44: 107–119. (In Russ.)
3. Panina G.V. Sociotechnical design in engineering education. *Vedomosti prikladnoy etiki* = Bulletin of Applied Ethics. 2015; 47: 139–151. (In Russ.)
4. Budenkova Ye.A. Online discussions: advantages and methodology. *Obrazovatel'nyye tekhnologii* = Educational technologies. 2012; 3: 113–127. (In Russ.)
5. Ventseva N.A. Discussion as a didactic category. *Vestnik TGPI* = Herald TSPI. 2007; 2: 132–136. (In Russ.)
6. Klarin M.V. *Innovatsionnyye modeli obucheniya: Issledovaniye mirovogo opyta* = Innovative learning models: A study of world experience. Moscow: Luch = Luch; 2018. 640 p. (In Russ.)
7. Murzenko L.V. Educational discussion as a means of forming intercultural competence among students of language universities in the conditions of distance education. *Izvestiya RGPU im. Pedagogicheskiye tekhnologii distantsionnogo obucheniya* = Herald RGPU im. Pedagogical technologies of distance learning. 2010; 121: 197–201. (In Russ.)
8. Skibitskiy E.G., Kitova Ye.T. Formation of Debatable Competence of Undergraduates as a Tool for Finding the Optimal Solution of Problem Problems. *Sibirskaya finansovaya shkola* = Siberian Financial School. 2015; 3(110): 101–104. (In Russ.)
9. Skibitskiy E.G., Perfilova A.V. Formation of debating competence among students of a technical university. *Sibirskiy pedagogicheskiy zhurnal* = Siberian Pedagogical Journal. 2016; 3: 38–44. (In Russ.)
10. Perfilova A.V. Foreign experience in organizing educational online discussions at the university. *Natsional'naya gvardiya na strazhe Nezavisimosti strany: teoriya i praktika sluzhebno-boyevoy deyatel'nosti (k 25-letiyu Nezavisimosti Respubliki Kazakhstan): Sbornik materialov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* = The National Guard on Guard of the Independence of the Country: Theory and Practice of Service and Combat Activities (on the occasion of the 25th anniversary of the Independence of the Republic of Kazakhstan): Collection of materials of the international scientific and practical conference. Petropavlovsk: VI NG of the Republic of Kazakhstan; 2016. Part 2. 381 p. (In Russ.)
11. Gregory S. Discussion boards as collaborative learning tools. *International Journal of Continuing Engineering Education & Lifelong Learning*. 2015; 25; 1: 63–76. DOI: 10.1504/ijceell.2015.066548.
12. Kim M.K., Ketenci T. Learner participation profiles in an asynchronous online collaboration context. *The Internet and Higher Education*. 2019; 41: 62–76. DOI: 10.1016/j.iheduc.2019.02.002.
13. Steen T.M. Facilitating online learning activities through the discussion board: A first year university students' perspective. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life-Long Learning*. 2015; 25: 77–102. DOI: 10.1504/IJCEELL.2015.066549.
14. Ackerman D., Gross B. Synchronous online discussion board as a primary mode of delivering marketing education: responding to the covid-19 pandemic and beyond. *Marketing Education Review*. 2021; 1; 10: 284–293. DOI: 10.1080/10528008.2021.1893752.
15. Rinekso A., Bukhori M.A. Synchronous online discussion: Teaching English in higher education amidst the covid-19 pandemic. *JEES*. 2020; 5; 2: 155–162. DOI: 10.21070/jees.v5i2.646.
16. Salminen T., Marttunen M., Laurinen, L. Visualizing knowledge from chat debates in argument diagrams. *Journal of Computer Assisted Learning*. 2010; 26; 5: 379–391.
17. Ergulec F. Design and facilitation strategies used in asynchronous online discussions. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*. 2019; 7; 2: 20–36. DOI: 10.17220/mojet.2019.02.002.
18. Olesova L., Slavin M., Lim J. Exploring the Effect of Scripted Roles on Cognitive Presence in Asynchronous Online Discussions. *Online Learning*. 2016; 20; 4: 34–53. DOI: 10.24059/olj.v20i4.1058.
19. Schindler L., Burkholder G. Instructional Design and Facilitation Approaches that Promote Critical Thinking in Asynchronous Online Discussions: A Review of the Literature. *Higher Learning Research Communications*. 2014; 4; 4: 11–29. DOI: 10.18870/hlrc.v4i4.222.
20. Delahunty J. Connecting to learn, learning to connect: Thinking together in asynchronous forum discussion. *Linguistics & Education*. 2018; 46: 12–22. DOI: 10.1016/j.linged.2018.05.003.
21. Khlaif Z., Nadiruzzaman H., Kwon, K. Types of interaction in online discussion forums: A case study. *Journal of Educational Issues*. 2017; 3; 1: 155–169. DOI: 10.5296/jei.v3i1.10975.
22. Rustika Dewi G.P., Santosa M.H. Students' perception on the facilitation strategies provided by teachers in asynchronous online discussion. *LLT Journal*. 2022; 25; 1: 160–170. DOI: 10.24071/llt.v25i1.3579.
23. Garrison D., Anderson T., Archer W. Critical thinking, cognitive presence, and computer conferencing in distance education. *American Journal of Distance Education*. 2001; 15; 1: 7–23. DOI: 10.1080/08923640109527071.
24. Gunawardena C., Anderson T. Analysis of A Global Online Debate and The Development of an Interaction Analysis Model for Examining Social Construction of Knowledge in Computer

Conferencing. Journal of Educational Computing Research. 1997; 17; 4: 397–431. DOI: 10.2190/7MQV-X9UJ-C7Q3-NRAG.

25. Rodriguez M. Content Analysis as a Method to Assess Online Discussions for Learning. SAGE Open. 2014; 1: 13. DOI: 10.1177/2158244014559019.

26. Breivik J. Argumentative patterns in students' online discussions in an introductory philosophy course. Nordic Journal of Digital Literacy. 2020; 15; 1: 8–23. DOI: 10.18261/issn.1891-943x-2020-01-02.

27. Erduran S., Simon S., Osborne, J. TAPping into Argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse. Science Education. 2004; 88; 6: 915–933. DOI: 10.1002/sce.20012.

28. Leitao S. The potential of argument in knowledge building. Human Development. 2000; 43; 6: 332–360. DOI: 10.1159/000022695.

29. Smirnov V.P. Diagnostika stepeni obuchennosti uchashchikhsya: Uchebno-

spravochnoye posobiye = Diagnosis of the degree of learning of students: Educational and reference manual. Moscow: MRA; 1999. 48 p. (In Russ.)

30. Toulmin S. The Uses of Argument. Cambridge University Press; 2003. 247 p. DOI: 10.1017/CBO9780511840005.

31. Grzhibovskiy A.M., Ivanov S.V., Gorbatova M.A. Analysis of Nominal and Rank Variable Data Using Statistica and SPSS Software. Nauka i Zdravookhraneniye = Science and health. 2016; 6: 5–39. (In Russ.)

32. Wang Q., Woo H.L. Comparing asynchronous online discussions and face-to-face discussions in a classroom setting. British Journal of Educational. 2007; 38; 2: 272–286. DOI: 10.1111/j.1467-8535.2006.00621.x.

33. Skibitskiy E.G., Skibitskaya I.YU. Nauchnyye kommunikatsii = Scientific communications. Novosibirsk: NGASU (Sibstrin); 2019. 170 p. (In Russ.)

Сведения об авторе

Сергей Александрович Михеев

Старший преподаватель

Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет,

Новосибирск, Россия

Эл. почта: omega1978@yandex.ru

Information about the author

Sergei A. Mikheev

Senior Lecturer

Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering,

Novosibirsk, Russia

E-mail: omega1978@yandex.ru

Цифровая трансформация системы высшего образования: направления и риски

Цель исследования. Система высшего образования претерпевает изменения под влиянием все большего количества используемых ИТ-решений. Трансформационные преобразования происходят на организационном, технологическом, нормативно-правовом уровнях управления. Каждое из направлений влияет на особенности функционирования и развития системы высшего образования, но в процессе их реализации возникают отклонения и риски, которые необходимо если не устранить, то хотя бы минимизировать. В статье описываются четыре основных направления развития: техническое, технологическое, инструментальное и образовательное, а также выделены типы рисков, связанные с каждым из описанных направлений.

Материалы и методы. В работе был использован комплекс методов: библиографический (подбор статей по ключевым словам); библиометрический (количественные характеристики по временным параметрам); контент-анализ (способ изучения содержания статей); оценка запросов по ключевым словам с использованием сервисов сети Интернет.

Результаты. Анализ запросов по ключевым словам показал, что интерес к вопросам цифровизации и цифровой трансформации высшего образования возник позже, чем к системе общего среднего образования. Существует тенденция адап-

тации успешных моделей цифровизации среднего образования и бизнес-сфер к деятельности системы высшего образования. Без учета особенностей функционирования и развития системы высшего образования можем получить негативные последствия, выраженные в разных типах рисков. В работе выделены финансовые, форм-мажорные, технологические, операционные, стратегические, когнитивные и социальные риски.

Заключение. Одной из ключевых проблем, выделенных в процессе анализа наработок в сфере цифровой трансформации системы образования, является рассмотрение цифровизации как средства, а не как катализатора системных изменений во всех сферах деятельности. Точечные решения не позволят полностью реализовать потенциал цифровых решений. При рассмотрении проблем цифровизации и цифровой трансформации системы высшего образования часто ориентируются на успешные модели в области среднего общего образования и/или бизнес-среды, что может способствовать формированию негативных последствий при адаптации подходов без учета собственной специфики.

Ключевые слова: высшее образование, цифровизация образования, цифровая трансформация, риски цифровой трансформации, перспективы развития высшей школы.

Albina Kh. Shelepaeva

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

Digital Transformation of the Higher Education System: Directions and Risks

Purpose of research. The higher education system is undergoing changes under the influence of an increasing number of IT solutions used. Transformation changes take place at the organizational, technological, legal, and regulatory levels of management. Each of the directions affects the features of the functioning and development of the higher education system. In the process of their implementation, there are also deviations, risks that need to be, if not eliminated, then at least minimized. The article describes four main directions of development: technical, technological, instrumental, and educational. The types of risks associated with each of the described areas are also highlighted.

Materials and methods. A set of methods was used in the paper: bibliographic (selection of articles by keywords); bibliometric (quantitative characteristics by time parameters); content analysis (method of studying the content of articles); evaluation of keyword queries using Internet services.

Results. An analysis of queries by keywords showed that interest in the issues of digitalization and digital transformation of higher education arose later than in the system of general secondary education. There is a tendency to adapt successful models of digitalization

of secondary education and business areas to the activities of the higher education system. Without considering the peculiarities of the functioning and development of the higher education system, we can get negative consequences expressed in different types of risks. The paper highlights financial, form-major, technological, operational, strategic, cognitive, and social risks.

Conclusion. One of the key problems highlighted in the process of analyzing developments in the field of digital transformation of the education system is the consideration of digitalization as means, and not as a catalyst for systemic changes in all areas of activity. Point solutions will not allow you to fully realize the potential of digital solutions. When considering the problems of digitalization and digital transformation, higher education systems are often guided by successful models in the field of secondary general education and / or business environment, which can contribute to the formation of negative consequences when adapting approaches without considering their own specifics.

Keywords: higher education, digitalization of education, digital transformation, risks of digital transformation, prospects for the development of higher education.

Введение

В условиях пандемии ускорились процессы цифровизации системы образования высшего образования. Если информатизация в контексте использования ИТ-технологий в учебном процессе, построения информационной среды и организации электронного документооборота, а впоследствии и цифровизация, рассматриваемая как переход к цифровым форматам представления данных, реализовывались вполне успешно, то цифровая трансформация предполагает организацию деятельности под призмой видения будущего на основе больших данных. Тогда речь идет об изменении бизнес-модели системы высшего образования и требует системных решений.

Восторженные высказывания о тотальном переходе на дистанционный формат обучения не выдержал критики в реальной ситуации периода пандемии, когда получили возможность убедиться, что теоретические изыскания могут рассыпаться в практической деятельности. В этом убедились исследователи L&D Global Sentiment Survey под руководством Д. Тейлора, которые в процессе проведения ежегодного исследования получили результат, ошеломивший их самих. Фирма, занимающаяся проблемами корпоративного обучения, отслеживала тенденции в области образовательной политики и всегда проводила опрос с использованием единственного вопроса: «Что будет актуально в сфере обучения?». За семь лет исследований впервые респонденты выделили необходимость осуществления переподготовки и повышения квалификации с возможностью коллаборации и социального обучения [1].

Затрагивая вопросы цифровизации, большинство исследователей обращаются в основном к проблемам системы

основного и среднего, нежели высшего образования. Такая тенденция сохранилась с периода информатизации образования, когда осуществлялась попытка унификации подходов к использованию информационно-коммуникационных технологий в деятельности образовательных учреждений разных уровней. В период пандемии радикальные преобразования коснулись именно высшего образования, о чем высказались двенадцать экспертов из разных стран в рамках обсуждения направлений цифровой трансформации [2]. По данным Юнеско, закрытие ВУЗов 185 стран затронуло порядка 1 000 миллионов студентов [3], что потребовало совсем иных подходов в организации образовательной деятельности и преподаватели Вузов оказались менее подготовленными к данной ситуации.

Исследования стратегий цифрового обучения в системе высшего образования были названы редко обсуждаемыми в рамках конференции «Новые вызовы» [4]. На тот период актуальными направлениями работы оказались поиски решений с использованием порталных технологий, и внимание было сосредоточено на разработке и продвижении онлайн курсов. Вынужденный переход на дистанционные формы работы в период пандемии показал, что наличие онлайн курсов не гарантирует качественного обучения студентов, и необходимо решить комплекс проблем, связанных с организационными формами, нормативно-правовым обеспечением и методическими решениями.

Целью исследования являются тенденции в области цифровой трансформации системы высшего образования и выявление рисков связанных с цифровизацией образовательного процесса.

Дизайн исследовательской рамки был ограничен вопросами:

1. Анализа источников в доковидный и постковидный период на предмет изменения отношения к цифровой трансформации высшего образования.

2. Выявления основных направлений трансформационных преобразований и выявление с последующей оценкой возможных рисков.

Обзор литературы

Активное внедрение ИТ-решений в образовательную деятельность порождает полисемичность представлений о цифровизации и цифровой трансформации. Разнообразие представлений позволило уже говорить о цифровой парадигме образования, которая предполагает необходимость формирования теоретических и методических основ возможностей эффективного использования цифровых разработок в сфере образования [5]. Одним из направлений развития системы профессионального образования под влиянием ИТ-технологий можем выделить экосистемный подход, активно реализуемый в бизнес-сфере. Именно технологии становятся «техническим драйвером» преобразований, меняющие бизнес-модель коммерческого сектора [6]. Попытка пойти по пути бизнес-структур в области цифровых трансформаций может повлечь за собой большие неприятности, если не будут проанализированы возможности адаптации готовых решений успешных моделей цифровой трансформации к сфере высшего образования.

Исследования в области цифровизации и цифровой трансформации в системе высшего образования можно разделить на доковидный и постковидный периоды. Доковидный период характеризовался этапом разработки теории коннективизма [7]. Сетевая теория обучения противопоставлялась конструктивизму, когда зна-

ния не формируются в процессе деятельности, а возникают в процессе взаимодействия в сети. Именно благодаря данной теории были модными рассуждения о том, что «не надо учить, все необходимые знания можно подчерпнуть из сети». На этой волне стали возникать разные онлайн школы, никем не регулируемые и не подконтрольные.

Следующей особенностью доковидного периода были разговоры о «цифровых аборигенах», «цифровом поколении» априори признаваемых специалистами в сфере информационных технологий (Prensky M., 2001). Базируясь на идеях М. Пренски, была создана сеть школ AltSchools с обязательным мультимедийным образованием. Эксперимент провалился, а автор утверждает, что отказался от этой идеи и предпочитает использовать другой термин — «цифровую мудрость»¹. Культивирование идеи о компьютерной грамотности по факту рождения (born digital²) несет угрозы на которые и стоит обратить внимание.

«Цифровых аборигенов» еще было принято называть поколение Z, которые влияют на преобразование роли преподавателя, благодаря использованию цифровых сред. При этом речь идет не столько об овладении цифровыми решениями, сколько о повышении цифровой грамотности или цифровых компетенций, когда понимаем не только что можно использовать, но и как, и для чего [8].

Поэтому, при рассмотрении проблем цифровизации и цифровой трансформации необходимо учитывать период проведения исследований. Без

учета данного обстоятельства постоянно будут возникать утверждения о полном переходе в онлайн высшего образования и/или использования потенциала технологического инструментария лишь для создания цифровой образовательной среды [9].

Учитывая многофакторность рассматриваемых явлений, выделим основные направления развития университетского образования в свете применения цифровых решений. Сначала опишем технический аспект или поищем ответы на вопросы: что используем. Разработка новых гаджетов и программных средств всегда рассматривается как средство повышения эффективности образовательной деятельности.

Технической составляющей цифровизации образовательной деятельности является ИТ-инфраструктура, которая включает программные, аппаратные и сетевые решения, используемые для автоматизации профессиональной деятельности. Анализ публикаций в электронной библиотеке Elibrary.ru показал, что в период с 2013 по 2018 года всего в 2 публикациях³ представлены результаты исследований российскими учеными с четко выделенными ключевыми словами «ИТ-инфраструктура and (Вуз or университет or система высшего образования)». Вопросы касались в основном видов информационных ресурсов ВУЗа и возможностей облачных решений для создания «эффективной модели ИТ-инфраструктуры Вуза» [10]. Тот же запрос, но уже в режиме поиска в полном тексте публикации нам выдал 1181 работу, связанные с цифровизацией, но не рассматривающие инфраструктурные решения как приоритетное направление.

С 2018 года практически нет публикаций как меняется ИТ-инфраструктура университетов в свете новых разработок. Восемь публикаций, проиндексированных в РИНЦ, касаются инфраструктуры вскользь, против 36 работ описывающих изменения в деятельности предприятий при внедрении ERP систем, использования облачных решений и т.д. С ИТ-инфраструктурой связаны технологические риски, поэтому при интегрировании новых ИТ-решений необходимо корректно встраивать их в уже имеющуюся инфраструктуру и информационные потоки [11] и необходимо исследовать какие есть решения в статьях представленных в других базах.

Следующий аспект цифровизации будет касаться образовательной деятельности, т.е. необходимо понять что изменится в практической деятельности преподавателя (методы обучения, способы достижения, целевые ориентиры и т.д.). Система образования будет рассматриваться в плоскости изменяющихся социальных процессов и степень ее влияния на общество будет меняться [12]. В данном контексте уместнее говорить об изменении роли преподавателя. В диапазоне с 2013 по 2018 г.г. в 1507 публикациях затрагиваются вопросы изменения роли преподавателя. В наиболее цитируемых статьях выделим что под этим понимают:

— преподаватель должен стать навигатором в мире информации [13];

— преподаватель выступает в роли консультанта, ментора [14];

— педагог является тьютором, сопровождающим ученика в мир знаний [15];

— преподаватель как координатор обучения в цифровой среде [16];

— и т.д.

Изменение деятельности преподавателя рассматривают в двух плоскостях: в спо-

¹ Долгов С. Вредный миф о цифровых аборигенах. <https://medium.com/@sergeydolgov/вредный-миф-о-цифровых-аборигенах-a7ee0ced37d7>

² Термин использовался в 2007 году Дж. Спир и А. Дигнан в Google's Zeitgeist.

³ Рассматривались ВАКовские статьи без использования материалов в сборниках конференций.

собах применения цифровых решений в обучении, когда изменение методов и подходов педагогических практик рассматривают как потенциал развития; переход обучения на платформенные решения, когда преподаватель лишь координатор учебной деятельности студента. Мы не можем точно спрогнозировать какие новые функции будет выполнять преподаватель, согласимся с позицией исследователей [17], говорящих о функционировании в условиях неопределенности, когда необходимо создавать условия для повышения мотивации студентов в целях достижения образовательных результатов.

Использование цифровых решений в образовательной деятельности подтягивает третий аспект развития – технологический, под которым понимают формирование и развитие цифровых и медиа компетенций. Существуют различные модели цифровых компетенций, например, Европейская модель включает способность осознанного использования ИТ в решении различных задач, использование данных и коммуникацию с людьми, а также способность программировать [18].

Концептуальная модель DigComp Framework включает пять групп цифровых компетенций: информационная, включающая умение работать с данными; коммуникация и сотрудничество предполагает использование способов сетевого взаимодействия; создание цифрового контента характеризуется и умением программировать; безопасность и решение проблем в цифровой среде рассматривает возможность обнаруживать и устранять возникающие проблемы при использовании ИТ [19].

Развитие инструментальных решений предполагает перспективы использования искусственного интеллекта, машинного обучения и рабо-

ту с большими данными. Даже факт изучения средств аналитики приводит к качественным изменениям в организации [20]. Машинное обучение предполагается использовать для прогнозирования результатов обучения, для построения индивидуальной траектории обучения в цифровой среде и т.д.

Цифровизация системы высшего образования приобрела более четкие очертания в плане формирования цифровой среды, использования ИТ-решений при автоматизации документооборота, внедрения приложения, веб-сервисов и облачных решений в учебный процесс. Необходимо выделить и возможные риски, т.е. возможные негативные отклонения при решении поставленных задач [21]. В рамках анализа риска можно рассматривать как события возникающие при реализации цели, так и последствия. Рассмотрим какие подходы существуют при выделении рисков.

Мы не будем детально рассматривать основные подходы и решения риск-менеджмента, нам необходимо выделить возможные риски в процессе цифровизации образовательной деятельности. Одним из популярных моделей является стандарт Ferma, которые выделяет внешние и внутренние риски. Ко внешним отнесены риски: финансовые, стратегические, операционные и форс-мажорные. К внутренним – ресурсное обеспечение, учетная политика и информационные технологии [22].

Риски, возникающие при осуществлении информационной образовательной деятельности в интернет-пространстве, разделены на потенциальные и дополнительные [23]. Дополнительные риски затрагивают эмоциональную и ментальную составляющие обучаемых, потерю эффективности образовательной деятельности, связанные с контентом и способами

коммуникации. Также любые трансформационные решения приводят к возрастанию социальной напряженности, ввиду слабых цифровых компетенций участников образовательного процесса [24]. Такие риски авторы назвали объективными, и использование платформенных решений требует перестройки системы высшего образования на государственном уровне.

При формировании цифровых компетенций необходимо помнить о существовании когнитивных рисков [25]. При внедрении новых ИТ-решений будут перестраиваться и мыслительные процессы, которые приведут к перестройке всех базовых психических процессов. Исследователи выделяют в качестве деструктивных последствий когнитивных рисков: информационное перенасыщение, неустойчивость внимания, снижение критичности и самостоятельности мышления.

Материалы и методы

Основным методом исследования были выбраны методы библиографического и библиометрического анализа. Поиск публикаций осуществлялся в нескольких направлениях. В русскоязычном сегменте шел отбор публикаций в научной электронной библиотеке Elibrary.ru с использованием сложных запросов, таких как «ИТ-инфраструктура and (ВУЗа or университета or высшего образования)». Задавались такие ограничения как: поиск в названии публикации, в аннотации, ключевых словах; по типу публикаций – статьи в журналах; временной фактор – ограничение в определенный период.

Систематический поиск литературы был нацелен на выявление исследовательских статей, рассматривающих проблемы цифровизации высшего образования. Анализ литерату-

ры осуществлялся с использованием модифицированного подхода, предложенного двумя исследователями [26]. На первом этапе осуществлялась постановка задачи. Были выбраны направления развития цифровой трансформации системы высшего образования. На втором этапе осуществлялось разграничение проблемного поля исследования. Для этого было принято решения выделить основные риски, которые могут возникнуть при реализации процессов цифровой трансформации.

На третьем этапе был сделан выбор ключевых понятий.

В качестве основных ключевых понятий были выбраны словосочетания «цифровизация образования», «цифровизация высшего образования», «управление цифровой трансформацией высшего образования». В качестве дополнительных понятий были использованы термины «информатизация образования» и «информатизация образования + в школе», позволяющие выявить проблемы результатов исследования.

Результаты исследования

Платформа Dimensions.ai, на сегодняшний день, является полноценной площадкой для осуществления аналитических исследований, которая содержит в своей базе не только публикации разных уровней, но и полную статистику по статьям. Результаты поиска не ограничиваются набором избранных журналов, а показывают полную статистику публикаций по ключевым словам (таблица 1).

Коэффициент корреляции между данными показателями отражает высокую прямую зависимость, и вынужденная изоляция привела к росту интереса к вопросам цифровизации, с последующим понижением в 2021 году. Это характеризует доминирование

Таблица 1 (Table 1)
Статистика публикаций в российском сегменте
Statistics of publications in the Russian segment

Термины	2012	2013	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Информатизация образования	23	82	150	182	199	215	184	830	213	216
Информатизация высшего образования	19	71	127	147	119	120	134	726	123	126
Цифровизация	3	7	1	1	24	176	370	1330	1118	1151
Цифровизация образования	2		1		13	80	181	1033	679	703
Цифровизация высшего образования	2				8	38	74	840	419	409



Рис. 1. Динамика публикаций по ключевым фразам

Fig. 1. Dynamics of publications by key phrases

мнения взаимосвязанности цифровизации и онлайн обучения.

Нелинейную зависимость можно увидеть в результатах истории запросов по ключевым фразам (Рис. 2, 3, 4). Удручает, что интерес к цифровизации высшего образования несколько ниже, чем к данному процессу в школе, но интерес все же растет. Поиски решений осуществляются в основном при объявлении карантина и принимаются решения в авральном режиме. Системные изменения требуют последовательных решений и необходимо вести исследования и в данном направлении.

Показатели запросов цифровизации и информатизации высшего образования демонстрируют прямую высокую

зависимость и явно отражают отсутствие разграничения данных процессов в представлениях респондентов.

Контент анализ соответствующих статей показал, что в системе высшего образования осуществляются следующие виды деятельности:

— автоматизация управленческих, учебных и обеспечивающих процессов, в основном касающихся документооборота;

— создание цифровых профилей студентов и преподавателей, собираемых в едином хабе, позволяющем осуществлять внутреннюю коммуникацию в системе;

— сбор данных об образовательной и научно-исследовательской деятельности без использования автоматизированных средств мониторинга.

История показов по фразе «цифровая трансформация высшего образования»

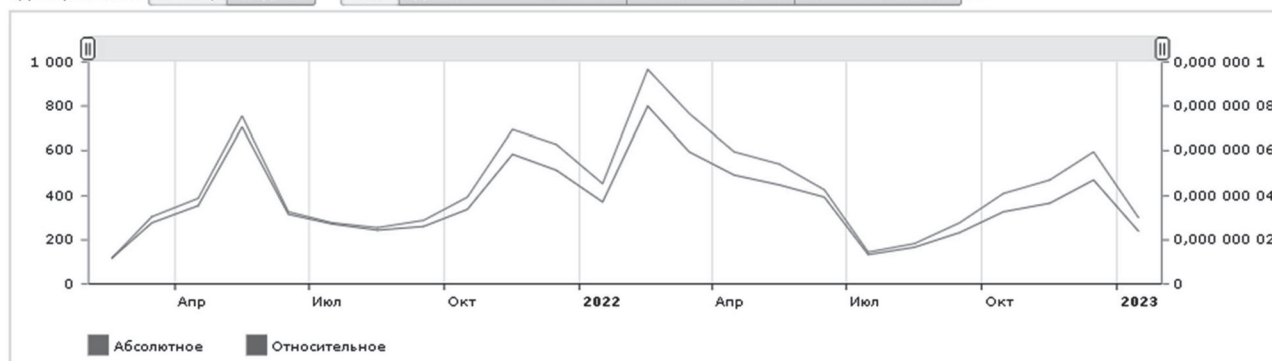
Группировать по: 

Рис.2. История показов по фразе «Цифровая трансформация высшего образования»

Fig. 2. History of showings for the phrase "Digital transformation of higher education"

История показов по фразе «цифровизация высшего образования»

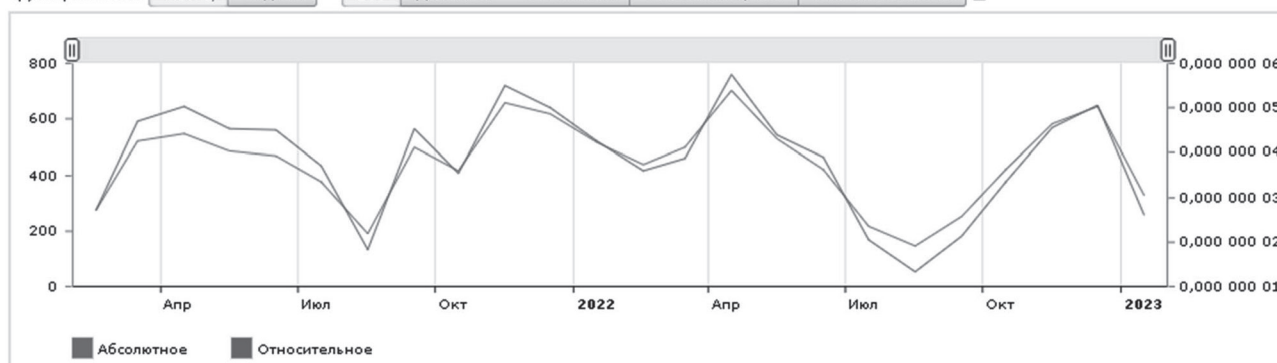
Группировать по: 

Рис.3. История показов по фразе «Цифровизация высшего образования»

Fig. 3. History of showings for the phrase "Digitalization of higher education"

История показов по фразе «цифровизация школы»

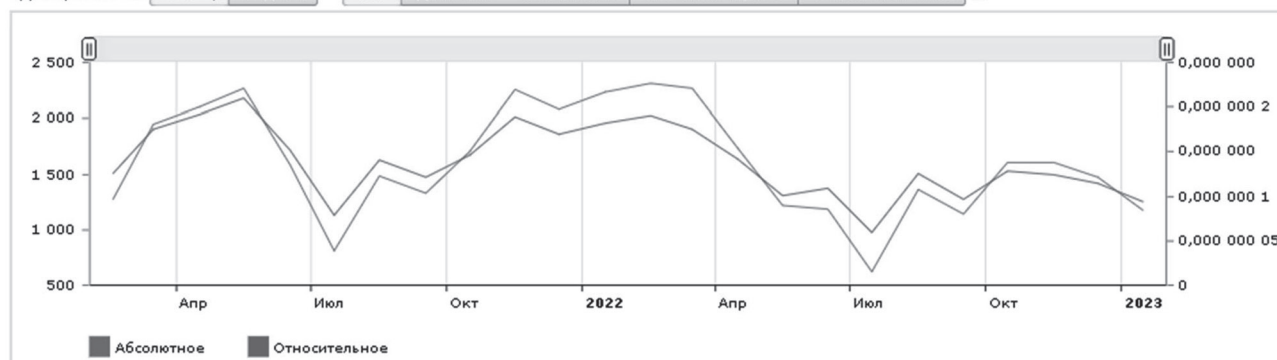
Группировать по: 

Рис.4. История показов по фразе «Цифровизация школы»

Fig. 4. History of showings for the phrase "School digitalization"

Заключение

Цифровая трансформация системы высшего образования реализуется в нескольких направлениях. Необходимо анализировать и прогнозировать не только возможности, но и

риски, которые будут возникать на этапе реализации. В зависимости от направлений развития в статье выделены объекты трансформации и связанные с ними риски (Таблица 2).

ИТ-инфраструктура меняет не только цифровую среду,

но и реальное образовательное пространство. Качественный трафик, использование мобильных технологий, наличие веб-сервисов позволяет в процессе проведения лекционных занятий усилить коммуникационную составляющую и от-

Таблица 2 (Table 2)

Типы рисков
Types of risks

Направления развития	Объекты трансформации и внедрения	Риски
Техническое	ИТ-инфраструктура	Финансовые Форс-мажорные Технологические
Образовательное	Методы обучения Способы достижения Целевые ориентиры	Операционные Стратегические
Технологическое	Цифровые компетенции Медиа компетенции	Когнитивные
Инструментальное	Искусственный интеллект Машинное обучение	Социальные

слеживать процесс усвоения теоретического материала. В этой ситуации финансовые затраты будут касаться не только закупку компьютеров и сетевого оборудования, но и изменения пространства, например, позволяющих организовывать групповую деятельность.

Образовательный аспект затрагивает вопросы как и для чего используем ИТ-решения. В этом случае изменения должны затронуть не только целевые ориентиры, но и способы достижения. Определенная совокупность действий всегда приводит к четкому результату. Изменение последовательности и/или изменение некоторых действий даст абсолютно иной результат. Для получения нужных результатов должны понимать куда идем (стратегия) и какие последовательности шагов (операций)

необходимо выполнить. Для избегания стратегических рисков (по стандарту Ferma) необходимо еще формировать и корпоративную культуру.

Технологический аспект развития будет затрагивать вопросы формирования цифровой и медиа компетенций. Под цифровой компетенцией в первую очередь понимают способность использовать ИТ-технологии для решения прикладных задач, значит специалист должен обладать гибкостью не только в освоении новых цифровых ресурсов, но и находить эффективные методы использования в своей деятельности. При этом какие когнитивные процессы будут задействованы и какие негативные последствия будут возникать — это те сферы исследования, которые необходимо развивать в ближайшее время.

Самые большие риски будут возникать в социальной сфере за счет попыток применения технологий искусственного интеллекта и машинного обучения в образовательную деятельность. Пока решения в данной сфере осуществляются на декларативном уровне. Надеемся, что в ближайшее время появятся результаты исследований и можно будет делать серьезные выводы о применимости рассматриваемых направлений в системе высшего образования.

Одной из ключевых проблем, выделенных в процессе анализа наработок в сфере цифровой трансформации системы образования, является рассмотрение цифровизации как средства, а не как катализатора системных изменений во всех сферах деятельности. Точечные решения, будь то создание качественной инфраструктуры, либо цифровой образовательной среды и т.д., не позволят полностью реализовать потенциал цифровых решений. При рассмотрении проблем цифровизации и цифровой трансформации системы высшего образования часто ориентируются на успешные модели в области среднего общего образования и/или бизнес-среды, что может способствовать формированию негативных последствий при адаптации подходов без учета собственной специфики.

Литература

1. The Global sentiment survey 2021 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://donaldhtaylor.co.uk/research_base/global-sentiment-survey-2021/. (Дата обращения: 21.08.2022).
2. Dwivedi Y., Hughes L., Coombs C., Constantiou I., Duan Y., Edwards J. et al. Impact of COVID-19 pandemic on information management research and practice: Transforming education, work and life // Int. J. Inf.Manag. 2020. № 55. С. 102211. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2020.102211.
3. Marinoni G., Van't Land H., Jensen T. The Impact of Covid-19 on Higher Education Around the World. IAU Global Survey Report [Электрон. ресурс]. 2020. Режим доступа: [\[iau-net/IMG/pdf/iau_covid19_and_he_survey_report_final_may_2020.pdf\]\(https://www.iau-net/IMG/pdf/iau_covid19_and_he_survey_report_final_may_2020.pdf\)](https://www.iau-

</div>
<div data-bbox=)

4. Morakanyane R., Grace A.A., O'Reilly P. Conceptualizing Digital Transformation in Business Organizations: A Systematic Review of Literature // BLED eConference. 2017. С. 427–443.

5. Роберт И.В., Мухаметзянов И. Ш., Лопанова Е. В. Цифровая трансформация образования: теория и практика. Омск: Омская гуманитарная академия, 2022. 180 с.

6. Экосистема вузов: трансформация российской системы образования: монография / под ред. д.э.н, проф. С.Е. Прокофьева. М.: ИН-ФРА-М, 2023. 485 с. DOI: 10.12737/1901313.

7. Siemens G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. 2005. № 2(1).

8. Калимуллина О.В., Троценко И.В. Современные цифровые образовательные инструменты и цифровая компетентность: анализ существующих проблем и тенденций // Открытое образование. 2018. № 22(3). С. 61–73. DOI: 10.21686/1818-4243-2018-3-61-73.
9. García-Morales VJ, Garrido-Moreno A and Martín-Rojas R. The Transformation of Higher Education After the COVID Disruption: Emerging Challenges in an Online Learning Scenario. *Front. Psychol.* 2021. № 12. С. 616059. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.616059.
10. Абросимова М. А. Проблема эффективности информационных ресурсов вуза // Перспективы развития информационных технологий. 2015. № 24.
11. Авдошин С. М., Песоцкая Е.Ю. Информатизация бизнеса. Управление рисками: Учебник [Электрон. ресурс]. М.: ДМК Пресс, 2018. 178 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/981985>.
12. Zeuner C. Krisen? – Nachdenken über Bildung als Gegenbewegung // *Magazin erwachsenenbildung.at. Das Fachmedium für Forschung, Praxis und Diskurs.* 2020. № 39. С. 1–13.
13. Тульчинский Г. Л. Цифровая трансформация образования: вызовы высшей школе // *Философские науки.* 2017. № 6. С. 121–136.
14. Мандель Б.Р. Современные и традиционные технологии педагогического мастерства: учебное пособие для магистрантов. Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. 260 с.
15. Ладыжец Н.С., Неборский Е.В. Университетский барометр: мировые тенденции развития университетов и образовательной среды [Электрон. ресурс] // *Науковедение.* 2015. Т. 7. № 2. Режим доступа: www.naukovedenie.ru/PDF/68PVN215.pdf.
16. Кушева Н. Б., Терехова В.И. Цифровое обучение и роль преподавателя высшей школы в реализации электронного обучения // *Мир науки. Педагогика и психология.* 2019. Т. 7. № 2. С. 17.
17. Зеер Э.Ф., Резер Т. М., Сыманюк Н. В. Трансформация функций преподавателей высшей школы в условиях неопределенности: постановка проблемы // *Образование и наука.* 2023. Т. 25. № 5. С. 12–48. DOI: 10.17853/1994-5639-2023-5-12-48.
18. Carretero S., Vuorikari R., Punie Y. DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens. With eight proficiency levels and examples of use [Электрон. ресурс] // Publications Office of the European Union. 2017. DOI: 10.2760/38842. Режим доступа: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC106281>. (Дата обращения: 05.03.2023).
19. DigComp 2.1. The Digital Competence Framework for Citizens. With eight proficiency levels and examples of use [Электрон. ресурс]. Режим доступа: [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_\(online\).pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_(online).pdf).
20. Ifenthaler D., In N. Pinkwart & S. Liu (Eds.) Change management for learning analytics. Artificial intelligence supported educational technologies. 2020. С. 261–272. Cham: Springer.
21. Russian translation of Risk management – Vocabulary ISO GUIDE 73:2009 by the Russian Risk Management Society (RusRisk) – HSE Moscow [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/wp6/documents/2011/ISO_GUIDE_73_Russian.pdf.
22. Стандарты управления рисками (Федерация европейских ассоциаций риск-менеджеров) [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.ferma.eu/app/uploads/2011/11/a-risk-management-standard-russian-version.pdf>. (Дата обращения: 20.04.2023).
23. Лызь Н.А., Истратова О. Н., Лызь А. Е. Возможности и риски информационно-образовательной деятельности студентов в интернет-пространстве // *Открытое образование.* 2020. Т. 24. № 4. С. 67–74. DOI: 10.21686/1818-4243-2020-4-67-74.
24. Соломатина Е. Н. Новые формы социальных конфликтов в системе высшего образования России // *Вестник Московского университета. Серия 18. Социология и политология.* 2021. Т. 27. № 1. С. 188–208. DOI: 10.24290/1029-3736-2021-27-1-188-208.
25. Храпов С.А. Когнитивные риски цифровизации образовательного пространства и проблемы психолого-педагогического сопровождения обучающихся // *Перспективы и приоритеты педагогического образования в эпоху трансформаций, выбора и вызовов: Сборник научных трудов VI Виртуального Международного форума по педагогическому образованию (Казань, 27 мая – 09 2020). Часть IV.* Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2020. С. 198–206.
26. Morakanyane R., Grace A.A., O'Reilly P. Conceptualizing digital transformation in business organizations: A systematic review of literature // *BLED eConference.* 2017. С. 427–443.

References

1. The Global sentiment survey 2021 [Internet]. Available from: https://donalddhtaylor.co.uk/research_base/global-sentiment-survey-2021/. (cited 21.08.2022).

2. Dwivedi Y., Hughes L., Coombs C., Constantiou I., Duan Y., Edwards J. et al. Impact of COVID-19 pandemic on information management research and practice: Transforming education, work and life. *Int. J.*

Inf.Manag. 2020; 55: 102211. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2020.102211.

3. Marinoni G., Van't Land H., Jensen T. The Impact of Covid-19 on Higher Education Around the World. IAU Global Survey Report [Internet]. 2020. Available from: https://www.iau-aiu.net/IMG/pdf/iau_covid19_and_he_survey_report_final_may_2020.pdf

4. Morakanyane R., Grace A.A., O'Reilly P. Conceptualizing Digital Transformation in Business Organizations: A Systematic Review of Literature. BLED eConference. 2017: 427–443.

5. Robert I.V., Mukhametzyanov I. SH., Lopanova Ye. V. Tsifrovaya transformatsiya obrazovaniya: teoriya i praktika = Digital transformation of education: theory and practice. Omsk Omsk Humanitarian Academy; 2022. 180 p. (In Russ.)

6. Ekosistema vuzov: transformatsiya rossiyskoy sistemy obrazovaniya: monografiya / pod red. d.e.n, prof. S.Ye. Prokof'yeva = The ecosystem of universities: the transformation of the Russian education system: monograph / ed. Doctor of Economics, prof. S.E. Prokofiev. Moscow: INFRA-M; 2023. 485 p. DOI: 10.12737/1901313. (In Russ.)

7. Siemens G. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. 2005: 2(1).

8. Kalimullina O.V., Trotsenko I.V. Modern digital educational tools and digital competence: analysis of existing problems and trends. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2018; 22(3): 61–73. DOI: 10.21686/1818-4243-2018-3-61-73. (In Russ.)

9. García-Morales VJ, Garrido-Moreno A and Martín-Rojas R. The Transformation of Higher Education After the COVID Disruption: Emerging Challenges in an Online Learning Scenario. Front. Psychol. 2021; 12: 616059. DOI: 10.3389/fpsyg.2021.616059.

10. Abrosimova M. A. The problem of the effectiveness of university information resources. Perspektivy razvitiya informatsionnykh tekhnologiy = Prospects for the development of information technologies. 2015: 24. (In Russ.)

11. Avdoshin S. M., Pesotskaya Ye.YU. Informatizatsiya biznesa. Upravleniye riskami: Uchebnik = Business informatization. Risk Management: A Textbook [Internet]. Moscow: DMK Press; 2018. 178 p. Available from: <https://znanium.com/catalog/product/981985>. (In Russ.)

12. Zeuner C. Krisen? – Nachdenken über Bildung als Gegenbewegung. Magazin erwachsenenbildung.at. Das Fachmedium für Forschung, Praxis und Diskurs. 2020; 39: 1–13.

13. Tul'chinskiy G. L. Digital transformation of education: challenges to higher education. Filosofskiye nauki = Philosophical sciences. 2017; 6: 121-136. (In Russ.)

14. Mandel' B.R. Sovremennyye i traditsionnyye tekhnologii pedagogicheskogo masterstva:

uchebnoye posobiye dlya magistrantov = Modern and traditional technologies of pedagogical skill: a textbook for undergraduates. Moscow; Berlin: Direct-Media; 2015. 260 p. (In Russ.)

15. Ladyzhets N.S., Neborskiy Ye.V. University Barometer: Global Trends in the Development of Universities and the Educational Environment [Internet] Science of Science. 2015; 7: 2. Available from: www.naukovedenie.ru/PDF/68PVN215.pdf. (In Russ.)

16. Kushcheva N. B., Terekhova V.I. Digital learning and the role of a higher school teacher in the implementation of e-learning. Mir nauki. Pedagogika i psikhologiya = World of Science. Pedagogy and psychology. 2019; 7: 2: 17. (In Russ.)

17. Zeyer E.F., Rezer T. M., Symanyuk N. V. Transformation of the functions of higher school teachers under conditions of uncertainty: problem statement. Obrazovaniye i nauka = Education and science. 2023; 25; 5: 12-48. DOI: 10.17853/1994-5639-2023-5-12-48. (In Russ.)

18. Carretero S., Vuorikari R., Punie Y. DigComp 2.1: The Digital Competence Framework for Citizens. With eight proficiency levels and examples of use [Internet]. Publications Office of the European Union. 2017. DOI: 10.2760/38842. Available from: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC106281>. (cited 05.03.2023).

19. DigComp 2.1. The Digital Competence Framework for Citizens. With eight proficiency levels and examples of use [Internet]. Available from: [http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_\(online\).pdf](http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_(online).pdf).

20. Ifenthaler D., In N. Pinkwart & S. Liu (Eds.) Change management for learning analytics. Artificial intelligence supported educational technologies. 2020: 261–272. Cham: Springer.

21. Russian translation of Risk management – Vocabulary ISO GUIDE 73:2009 by the Russian Risk Management Society (RusRisk) - HSE Moscow [Internet]. Available from: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/wp6/documents/2011/ISO_GUIDE_73_Russian.pdf. (In Russ.)

22. Standarty upravleniya riskami (Federatsiya yevropeyskikh assotsiatsiy risk-menedzherov) = Risk Management Standards (Federation of European Associations of Risk Managers) [Internet]. Available from: <https://www.ferma.eu/app/uploads/2011/11/a-risk-management-standard-russian-version.pdf>. (cited 20.04.2023). (In Russ.)

23. Lyz' N.A., Istratova O. N., Lyz' A. Ye. Opportunities and risks of information and educational activities of students in the Internet space. Otkrytoye obrazovaniye = Open Education. 2020; 24; 4: 67-74. DOI: 10.21686/1818-4243-2020-4-67-74. (In Russ.)

24. Solomatina Ye. N. New forms of social conflicts in the system of higher education in Russia. Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 18.

Sotsiologiya i politologiya = Bulletin of the Moscow University. Series 18. Sociology and political science. 2021; 27; 1: 188-208. DOI: 10.24290/1029-3736-2021-27-1-188-208. (In Russ.)

25. Khrapov S.A. Cognitive risks of digitalization of the educational space and problems of psychological and pedagogical support of students. Perspektivy i priority pedagogicheskogo obrazovaniya v epokhu transformatsiy, vybora i vyzovov: Sbornik nauchnykh trudov VI Virtual'nogo Mezhdunarodnogo foruma po pedagogicheskomu

obrazovaniyu = Prospects and priorities of teacher education in the era of transformations, choices and challenges: Collection of scientific papers of the VI Virtual International Forum on Teacher Education (Kazan, May 27 - 09 2020) Part IV. Kazan: Kazan (Volga Region) Federal University; 2020: 198-206. (In Russ.)

26. Morakanyane R., Grace A.A., O'Reilly P. Conceptualizing digital transformation in business organizations: A systematic review of literature. BLED eConference. 2017: 427–443.

Сведения об авторе

Альбина Хатмулловна Шелепаева

К.п.н., доцент Департамента

Бизнес-информатики,

Финансовый университет при Правительстве

РФ, Москва, Россия

E-mail: akshelapaeva@fa.ru

Information about the author

Albina Kh. Shelepaeva

Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor

Department of Business Informatics Financial

University under the Government of the Russian

Federation, Moscow, Russia

E-mail: akshelapaeva@fa.ru

Алгоритм расчета помехоустойчивости когнитивных динамических систем в пространстве состояний

Целью исследования является разработка алгоритма расчета помехоустойчивости когнитивных систем, поведение которых описывается в пространстве состояний. При этом под когнитивной системой понимается автоматическое техническое устройство, проявляющее в некоторых ситуациях человеческие реакции.

Метод исследования состоит в применении для описания поведения когнитивных систем метода пространства состояний, широко используемого при исследовании автоматических динамических систем. Предполагается, что на входе когнитивной системы действуют сигнал и помеха, описываемые пуассоновскими точечными процессами, моделирующими количество информации, величину эмоционального стресса и т.п., отвечающими каждому событию.

Когнитивные свойства системы в работе учитываются двумя обстоятельствами.

Во-первых, локализованные во времени события характеризуются в работе не только пуассоновским распределением времен их появления, но и некоторыми случайными величинами, характеризующими важность (значимость) события для системы. Типичным примером является приписывание каждому событию некоторого количества информации, если моделируется система переработки информации. Другим примером является эмоциональная реакция личности на появление стрессов, описанная в классической работе по психологии. При этом точкой является событие, вызывающее стресс, а воздействие стрессов на систему моделируется относительной величиной стрессов в соответствии со шкалой Холмса и Рае.

Во-вторых, когнитивная система с присущей ей скоростью перерабатывает, усваивает, адаптируется к тому воздействию, которое оказывает на нее каждое событие. В работе указанное явление моделируется в виде прохождения точечного процесса через динамическую систему, описываемую дифференциальными уравнениями. Такие процессы называются фильтрованными точечными процессами.

Приводятся примеры воздействий и для простоты принято допущение о величине воздействия как количестве информации, получаемой системой при появлении события. Таким образом, моделью когнитивной системы является динамическая система, описываемая дифференциальным уравнением в пространстве состояний, на входе которой в случайные дискретные моменты времени возникают сообщения с определенной информационной нагрузкой.

Как и для любой технической системы для когнитивной системы возникает задача оценки качества ее работы. В связи с этим в работе обосновывается применение удобного с инженерной точки зрения показателя качества и соответствующего критерия в виде отношения сигнал — помеха.

Новыми результатами являются дифференциальные уравнения в пространстве состояний для математических ожиданий сигнала и помехи, а также алгоритм расчета помехоустойчивости когнитивной системы. В качестве примера рассчитан и представлен график помехоустойчивости конкретной когнитивной системы, подтверждающий интуитивное представление о его поведении.

В заключении отмечается, что основным результатом работы является алгоритм расчета помехоустойчивости когнитивных систем с применением дифференциальных уравнений, позволяющие рассчитать поведение нестационарных когнитивных систем при любых точечных воздействиях, описываемых нестационарной функцией интенсивностей появления точек. Уравнения поведения математического ожидания переработанной информации приведены к каноническому виду, что позволяет применить их к многообразным практическим задачам, например к описанию иерархических когнитивных структур, когда выход одного уровня является входом другого.

Ключевые слова: когнитивная система, точечный случайный процесс, уравнение в пространстве состояний, помехоустойчивость когнитивной системы.

Alexander A. Solodov¹, Tatyana G. Trembach², Kirill E. Zhovnovatiy¹

¹ Russian State University A. N. Kosygin, Moscow, Russia

² Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

Algorithm for Calculating Noise Immunity of Cognitive Dynamic Systems in the State Space

The aim of the study is to develop an algorithm for calculating the noise immunity of cognitive systems which behavior is described in the state space. At the same time, a cognitive system is understood as an automatic technical device that exhibits human reactions in some situations.

The research method consists in applying the state space method, widely used in the study of automatic dynamical systems, to describe the behavior of cognitive systems. It is assumed, that at the input of the cognitive system, there is a signal and interference described by Poisson point processes, modeling the amount of information, the amount of emotional stress, etc., corresponding to each event. The cognitive properties of the system in the paper are taken into account by two circumstances.

Firstly, events localized in time are characterized in the paper not only by the Poisson distribution of the times of their occurrence, but also by some random variables that characterize the importance (significance) events for the system. A typical example is the attribution of a certain amount of information to each event, if an information processing system is modeled. Another example is the emotional reaction of a person to the appearance of stress, described in a classic work on psychology. In this case, the point is the event that causes stress, and the effects of stress on the system are modeled by the relative magnitude of stress in accordance with the Holmes and Rahe scale. Secondly, the cognitive system processes, assimilates, adapts to the impact that each event has on it with its inherent speed. In this paper,

this phenomenon is modeled as the passage of a point process through a dynamic system described by differential equations. Such processes are called filtered point processes.

Examples of impacts are given and, for simplicity, an assumption is made about the magnitude of the impact as the amount of information received by the system when an event occurs. Thus, the model of a cognitive system is a dynamic system described by a differential equation in the state space, at the input of which messages with a certain information load appear at random discrete moments of time.

As for any technical system, the cognitive system faces the task of evaluating the quality of its work. In this regard, the paper substantiates the use of a convenient quality index from an engineering point of view and an appropriate criterion in the form of a signal – interference ratio.

The new results are differential equations in the state space for the mathematical expectations of the signal and interference, as well

as an algorithm for calculating the noise immunity of the cognitive system. As an example, a graph of the noise immunity of a particular cognitive system is calculated and presented, confirming an intuitive idea of its behavior.

In conclusion, it is noted that the main result of the paper is an algorithm for calculating the noise immunity of cognitive systems using differential equations that allow calculating the behavior of non-stationary cognitive systems under any point impacts described by a non-stationary function of the intensities of the appearance of points. The equations of behavior of the mathematical expectation of the processed information are reduced to a canonical form, which allows them to be applied to a variety of practical tasks, for example, to the description of hierarchical cognitive structures when the output of one level is the input of another.

Keywords: cognitive system, point random process, equation in the state space, noise immunity of the cognitive system.

Введение

Любое локализованное во времени случайное явление может трактоваться как точечный случайный процесс, в котором точки на временной оси указывают случайные времена появления событий. Наиболее изученным классом точечных процессов являются пуассоновские процессы и многочисленные процессы, порождаемые пуассоновским.

Пуассоновские процессы описывают широкий круг явлений, возникающих в физике, технике и в функционировании когнитивных систем. К таким процессам относятся, в частности, передача нервных импульсов [1], образование капель в метеорологии [2], другие явления в гидрологии и гидроклиматологии [3]. Пуассоновские процессы используются в разработке моделей распределения пикселей в электронной микроскопии и улучшении качества изображения [4, 5, 6, 7], визуализации медицинской томографии [8, 9].

Наиболее полное изложение теории точечных пуассоновских процессов содержится в [10].

В целях данной работы под когнитивными системами будем понимать автоматические технические системы, проявляющие в некоторых ситуациях человекоподобные реакции. В работе предпринято моделирование методами точечных случайных процессов явлений, которые могут быть отнесены к когнитивным проявлениям технических систем.

Общность математического описания самых разнообразных явлений позволяет сделать предположение о том, что обработка, понимание, переживание таких явлений могут быть описаны универсальным образом.

Одной из прикладных областей, в которых такое универсальное описание может быть эффективно применено, являются процессы образования и самообразования. Так, в [11, 12] методами точечных случайных процессов изучаются процессы образования и самообразования. В соответствии с представлениями когни-

тивной теории [13, 14, 15] в человеческом мозге формируются образы (схемы, категории, гештальты, системы, архетипы и т.п.), которые затем обрабатываются. В работе для обозначения упомянутых понятий используется термин «образ», а когнитивные системы именуются просто системами.

Предполагается, что возникшие образы, являются теми воздействиями, которые затем обрабатываются, воспринимаются, перерабатываются, используются сознанием, и являются внешними по отношению к сознанию несмотря на то, что этот тезис не очевиден. Следуя [13], будем полагать, что «Человек всегда взаимодействует с информацией, полученной от органов чувств — дорабатывая ее в своем сознании».

Когнитивные свойства системы в работе учитываются двумя обстоятельствами.

Во-первых, каждой точке, появившейся на входе системы, приписывается число, которое может быть и случайным, характеризующее важность события для системы. Типичным примером является приписывание каждому событию некоторого количества информации, если моделируется система переработки информации. Другим примером является эмоциональная реакция личности на появление стрессов, описанная в классической работе по психологии [16]. При этом точкой является событие, вызывающее стресс, а воздействие стрессов на систему моделируются относительной величиной стрессов в соответствии со шкалой Холмса и Раэ [17].

Такие пуассоновские процессы называются мечеными, а сами числа — метками. Везде далее для простоты считается, что когнитивная система перерабатывает информацию, поэтому метка отождествляется с количеством информации, полученным системой.

Во-вторых, когнитивная система с присущей ей скоростью перерабатывает, усваивает, адаптируется к тому воздействию, которое оказывает не нее каждое событие. В работе указанное явление моделируется в виде прохождения

меченого точечного процесса через динамическую систему, описываемую дифференциальными уравнениями. Такие процессы называются фильтрованными точечными процессами.

Как и для любой технической системы для когнитивной системы возникает задача оценки качества ее работы. В связи с этим в работе обосновывается применение удобного с инженерной точки зрения показателя качества и соответствующего критерия в виде отношения сигнал – помеха. При этом используется специфическое свойство не отрицательности процессов, протекающих в когнитивных системах, что дало возможность определить упомянутое отношение для математических ожиданий процессов, которые, в свою очередь, являются не отрицательными.

Основной научный результат работы состоит в разработке алгоритма расчета помехоустойчивости с применением метода уравнений состояния когнитивной системы. Рассмотрен простейший пример системы с постоянными параметрами и получены соответствующие графики помехоустойчивости.

Уравнения состояния для математических ожиданий

Основой методологии исследования является предположение о том, что существенной и обозримой характеристикой процесса функционирования когнитивной системы является математическое ожидание величины переработанной системой информации.

В связи с этим для получения уравнений для указанной характеристики используется представление случайных процессов в пространстве состояний когнитивной системы, а сами уравнения выводятся с применением теории точечных случайных процессов.

Рассмотрим процесс появления точек случайного точечного процесса, развивающегося в непрерывном времени, и предположим, что точки на оси времени возникают таким образом, что их положение и число является случайным.

Пусть наблюдение начинается в момент времени $t_0 = 0$, а через некоторое время t_1 в текущий момент времени W_1 на входе системы появилась точка, через некоторое другое время t_2 в текущий момент времени W_2 появилась другая точка и т.д.

Введем в рассмотрение процесс $N(t)$ счета точек, в которых возникали точки и назовем его процессом счета точек или счетным точечным процессом. Таким образом, процесс $N(t)$ является кусочно-постоянным, имеет единичные приращения в моменты появления точек W_i и показывает, сколько точек появилось на интервале времени $[t_0, t]$.

Как уже указывалось, времена появления точек W_i , а поэтому и межточечные интервалы t_i и число точек $N(t)$ являются случайными величинами.

Рассмотрим произвольный интервал времени $[0, t]$, и предположим, что число точек, появившихся к моментам времени t и 0 равно соответственно $N(t)$ и $N(0)$. Обозначим через $N(t) = N(t) - N(0)$ число точек, появившихся на этом интервале, а через $P[N(t) = n]$ вероятность того, что это число точек окажется равным n .

Пусть теперь распределение произвольного числа точек на интервале $[0, t]$ является пуассоновским:

$$P[N(t) = n] = \frac{1}{n!} [\Lambda(t)]^n \exp[-\Lambda(t)]. \quad (1.1)$$

В соответствии с общим определением пуассоновского распределения $\Lambda(t)$ называется параметром распределения, является математическим ожиданием числа точек $N(t)$ и равно, поэтому, среднему числу точек, выпавших к моменту времени t .

Другой общепринятой характеристикой, применяемой для процессов Пуассона, является производная $\lambda(t)$ параметра $\Lambda(t)$:

$$d\Lambda(t) = \Lambda(t) \lambda(t) dt \text{ или } \int_0^t \lambda(\tau) d\tau = \Lambda(t), \quad (1.2)$$

которая, очевидно, имеет размерность $[1/\text{время}]$ равна среднему числу точек, выпавших за единицу времени, и называется, поэтому, интенсивностью появления точек

Рассмотрим теперь случайный точечный процесс появления точек и припишем каждой появившейся i -той точке некоторую случайную величину U_i , которую назовем меткой, а соответствующий процесс – меченым пуассоновским процессом. Эти величины по определению являются внешними по отношению к точечному процессу в том смысле, что не могут влиять на интенсивность появления точек. Для придания рассмотрению физического смысла, будем полагать, что каждая метка процесса U_i равна тому количеству информации, которая получила когнитивная система в момент появления точки. Важно подчеркнуть, что величина U_i определяется самой когнитивной системой в зависимости от целей, для которых она создана.

Таким образом, когнитивная система воспринимает (регистрирует, наблюдает) процесс появления событий (точек), каждое из которых несет случайное количество информации.

Естественно, считать, что общее количество информации, полученное когнитивной системой к моменту времени t , равно $[10, 18]$

$$U(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} U_i. \quad (1.3)$$

Практический интерес будет представлять математическое ожидание $M[U(t)]$, процес-

са $U(t)$. Если для простоты предположить, что все случайные величины U_i имеют одинаковое математическое ожидание u , то $M[U(t)]$ легко вычисляется с использованием свойств условных математических ожиданий и вероятностной меры (1.1):

$$M[U(t)] = M_N \{M_u[u(t)/N(t)]\} = u \int_0^t \lambda(\tau) d\tau = u\Lambda(t). \quad (1.4)$$

Смысл соотношения (1.4) очевиден: $\Lambda(t)$ является средним числом точек, выпавших к моменту времени t , которые имеют метки с одинаковыми математическими ожиданиями u .

Из (1.4) следует дифференциальное соотношение

$$dM[U(t)] = u\lambda(t)dt = d\Lambda(t), \quad (1.5)$$

являющееся методологической основой дальнейших математических преобразований.

Осмысление, переработка, освоение среднего количества информации $u(t)$, полученного и переработанного когнитивной системой к моменту времени t , должно занимать некоторое время, причем, чем больше времени прошло с момента появления информации, тем меньше его остаточное воздействие на систему. Таким образом, возникает задача описания такого свойства когнитивной системы, как инерционность. Для этого предпримем описание когнитивной системы в виде линейной динамической системы в пространстве состояний.

В теории динамических систем общепринятым описанием линейных систем является уравнение вида

$$dZ(t) = A(t)Z(t)dt + B(t)dW(t), \quad Z(0) = Z_0, \quad (1.6)$$

в котором $Z(t)$ – процесс (вектор) состояния, полностью описывающий поведение динамической системы, $A(t)$ и $B(t)$ – известные коэффициенты, в общем случае зависящие от времени, $W(t)$ – так называемый возбуждающий процесс, который является входом динамической системы, Z_0 – состояние системы в начальный момент времени. Коэффициенты $A(t)$ и $B(t)$ определяют динамические свойства системы, т.е. поведение системы во времени, полностью определяемое переменной состояния $Z(t)$.

Очевидно, что если на входе когнитивной системы действует возбуждающий процесс (1.5), то уравнение (1.6) принимает вид

$$dZ(t) = A(t)Z(t)dt + uB(t)\lambda(t)dt, \quad Z(0) = 0, \quad (1.7)$$

или в другой форме

$$dZ(t) = A(t)Z(t)dt + B(t)dM[U(t)], \quad Z(0) = 0. \quad (1.8)$$

Таким образом, в правой части дифференциального уравнения (1.8) стоит дифференциал математического ожидания суммы меток (1.3). Соотношение (1.8) имеет методическое значение и показывает, каким образом может быть описаны динамические характеристики когни-

тивной системы. Поскольку возбуждающим динамическую систему является процесс $M[U(t)]$, то процесс $Z(t)$ указывает не переработанную к текущему моменту времени информацию, поступившую в систему, а уравнения (1.7) и (1.8) определяют поведение этой величины во времени. Отметим, что для теоретического изучения и расчетов более удобным является уравнение (1.7).

Дифференциальное уравнение для поступающей в текущем времени информации в соответствии с (1.5) является очевидной модификацией уравнения (1.7) в котором $A(t) = 0$ и $B(t) = 1$

$$dY(t) = u\lambda(t)dt, \quad Y(0) = 0, \quad (1.9)$$

где введено обозначение $Y(t) = M[U(t)]$.

Очевидно, что количеством переработанной к моменту t информацией является разность $X(t)$ количества поступившей информации $M[U(t)]$ и количества не переработанной информации $Z(t)$

$$X(t) = Y(t) - Z(t). \quad (1.10)$$

Из соотношения (1.10) следует, что

$$dX(t) = dY(t) - dZ(t). \quad (1.11)$$

Введем в рассмотрение очевидные векторно-матричные обозначения

$$X(t) = \begin{pmatrix} Z \\ X \end{pmatrix}, \quad A(t) = \begin{pmatrix} A(t) & 0 \\ -A(t) & 0 \end{pmatrix}, \quad B(t) = \begin{pmatrix} B(t)u \\ 0 \end{pmatrix},$$

с применением которых уравнения (1.7) и (1.9) с учетом (1.9) и (1.11) принимают канонический вид:

$$dX(t) = A(t)X(t)dt + B(t)d\Lambda(t), \quad X(0) = 0, \quad (1.12)$$

или в развернутой форме

$$d \begin{pmatrix} Z \\ X \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A(t) & 0 \\ -A(t) & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z \\ X \end{pmatrix} dt + \begin{pmatrix} B(t)u \\ 0 \end{pmatrix} \lambda(t) dt, \quad (1.13)$$

$$\begin{pmatrix} Z(0) \\ X(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}.$$

Алгоритм расчета помехоустойчивости

Переработка информации когнитивными системами может сопровождаться помехами. Типичной помехой является внешний по отношению к системе фон, который может рассматриваться как всегда существующий точечный процесс появления ложной, нежелательной информации, не имеющей отношения к информации, подлежащей переработке. Примерами такого рода фона для коллективного сознания могут служить ложные предположения, слухи, которые «будоражат коллектив». Индивидуальное сознание может также испытывать влияние фона, тогда говорят «мысли путаются», «не могу сосредоточиться» и т.п.

Понятно, что система не может отличить полезную информацию от помехи (иначе она сразу бы игнорировалась) и перерабатывает ее точно так же, как и полезную. Вообще отнесение информации к помехе и полезной весьма условно. Тем не менее, будем полагать, что такой фон существует, механизм его возникновения и переработки когнитивной системой не отличается от такового для полезной информации.

Будем далее полагать, что априори известны интенсивности точечного процесса появления полезной информации $\lambda_c(t)$ и информации, представляющей собой помеху $\lambda_n(t)$, а также соответствующие математические ожидания меток u_c и u_n .

Поставим задачу определения критерия помехоустойчивости когнитивной системы, когда на ее входе могут действовать как только помеха, так и сигнал с помехой. Под критерием будем понимать правило сравнения разных систем с точки зрения помехоустойчивости. Простота рассматриваемой задачи позволяет выбрать числовой показатель помехоустойчивости. Тогда более помехоустойчивой будет та система, которая имеет больший показатель.

Информация первого типа X_c является полезной для системы и подлежит переработке, а второго типа X_n является ложной, нежелательной и не имеет отношения к полезной информации. Будем называть информацию первого рода сигналом, а второго рода помехой.

Свойство системы функционировать при наличии помех называется помехоустойчивостью. Могут быть разработаны самые разные критерии помехоустойчивости, в том числе, использующие всю доступную вероятностную информацию о сигнале и помехе. Такие статистические критерии являются весьма эффективными, однако часто сложны для разработки алгоритмов их применения.

Более простым и одновременно наглядным является критерий отношения сигнал/помеха, определение которого также может быть сформулировано самыми разными способами. В технических приложениях традиционным способом является составление отношений квадратов процессов, являющихся только сигналом и сигналом с помехой. [19, 20] Квадратичное определение связано с тем, что процессы часто являются знакопеременными и линейное отношение, поэтому, может и не отвечать смыслу, вкладываемому в это отношение. Кроме того, квадрат процесса характеризует его энергию и квадратичное отношение тогда определяет отношение энергий, которое техническими устройствами измерить легче, чем отношение амплитуд.

Поскольку в рассматриваемой задаче процесс появления и переработки информации является по определению неотрицательным,

то можно в качестве отношения сигнал/помеха ввести отношение математических ожиданий переработанных системой процессов следующим образом:

$$\alpha = \frac{X_c}{X_c + X_n}, \quad (2.1)$$

где X_c и X_n — соответственно переработанное количество информации, связанное с сигналом и помехой и определяемое формулой (1.10).

Целесообразность определения (2.1) состоит в том, что оно положительно, изменяется между нулем и единицей и, поэтому, удобно для сравнительных оценок.

Отметим, что отношение сигнал/помеха может быть рассчитано теоретически, т.е. для его определения нет необходимости в обработке наблюдаемого процесса. Существенным является вопрос о времени начала действия сигнала и помехи на входе системы. Очевидно, что под помехой следует понимать ту информацию, которая действует на входе системы постоянно в течение некоторого времени T_3 и которая, поэтому, может восприниматься как информационный фон. Сигналом будем считать ту информацию, которая в некоторый момент превысит фон. Если фон действует на протяжении времени T_3 до появления полезного сигнала, то в момент $t = 0$ появления сигнала отношение сигнал/помеха является минимальным и растет с течением времени, стремясь к некоторому стационарному значению (если оно существует). Время T_3 может быть названо временем задержки появления сигнала. Формула (2.1) принимает при этом вид

$$\alpha = \frac{X_c(t)}{X_c(t) + X_n(t + T_3)}, t \geq 0., \quad (2.2)$$

Таким образом, алгоритм расчета помехоустойчивости системы состоит в расчете решений дифференциальных уравнений вида (1.13) и применения затем формулы (2.2).

Понятно, что решение дифференциальных уравнений может быть получено любым из известных методов, или с применением аналогового формирователя процессов, представленного на рис. 1.

Применение метода уравнений состояния позволяет рассчитать поведение когнитивных систем для нестационарных коэффициентов $A(t)$ $B(t)$ и функции интенсивности $\lambda(t)$, что является несомненным преимуществом по сравнению с попытками описания характеристик систем в конечном виде.

Разработка алгоритма вычисления показателя помехоустойчивости когнитивной системы в соответствии с соотношениями (1.13) и (2.2) является основным научным результатом работы.

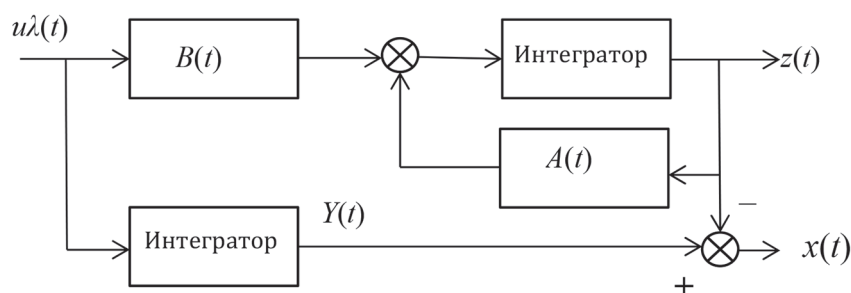


Рис.1. Структурная схема формирователя

Fig.1. Structural diagram of the shaper

Исследование помехоустойчивости системы с экспоненциальной реакцией

Для интерпретации основных результатов исследования применим общее уравнение (2.10) к следующему частному случаю

$$d \begin{pmatrix} Z \\ X \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/\tau & 0 \\ -1/\tau & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Z \\ X \end{pmatrix} dt + \begin{pmatrix} u\lambda \\ 0 \end{pmatrix} dt, \quad (3.1)$$

Ясно, что в уравнении (3.1) коэффициент $A(t)$ является константой и равен $1/\tau$, коэффициент $B(t)$ равен единице, а функция интенсивности пуассоновского процесса также постоянна и равна λ .

Такой выбор параметров позволяет наглядно описать реакцию динамической системы в соответствии с уравнением (1.7), которое принимает вид

$$dZ(t) = 1/\tau Z(t)dt + u\lambda dt, \quad Z(0) = 0, \quad (3.2)$$

Действительно, легко показать, что процесс на выходе динамической системы, отвечающей уравнению (3.2) может быть описан в виде интеграла [12]

$$Z(t) = u\lambda \int_0^t h(t,s) ds, \quad (3.3)$$

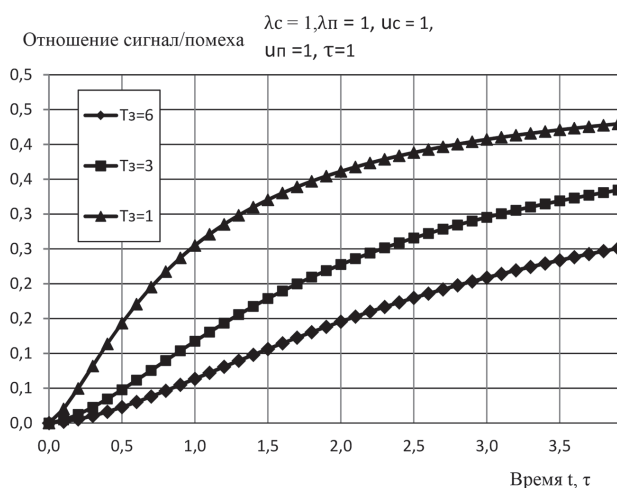


Рис. 2

Fig. 2

где функция $h(t, s)$ называется функцией отклика системы и для выбранных коэффициентов равна

$$h(t, s) = \exp\left(-\frac{t-s}{\tau}\right), \quad (3.4)$$

Вид функции (3.4) показывает, что реакция системы на входные воздействия $u\lambda$ экспоненциально затухает. Константа τ называется при этом постоянной времени затухания, имеет размерность [время] и характеризует скорость затухания процесса. Ясно, что чем меньше постоянная времени, тем быстрее система реагирует на входные воздействия. Такая функция отклика широко применяется в физике и технике для описания убывающих процессов. Постоянная времени τ определяет масштаб времени, в течение которого имеет смысл рассматривать поведение отклика.

На рис. 2. представлено поведение помехоустойчивости когнитивной системы для указанных на рисунке параметров, полученное в результате вычислений в соответствии с соотношением (2.1). Расчеты проведены для нормированного времени, выраженного в единицах τ , величина λ также понимается в единицах τ . Представленные графики отвечают интуитивному представлению о переработке информации (или другого воздействия) во времени. Действительно, чем меньше время задержки T_3 (параметр на графике), тем менее система привыкает к наличию помехи и быстрее реагирует на появление сигнала, что проявляется улучшением помехоустойчивости.

Заключение

В работе представлены результаты применения теории точечных случайных процессов к исследованию помехоустойчивости когнитивных систем, описанных в пространстве состояний.

Основным результатом работы является алгоритм расчета помехоустойчивости когнитивных систем с применением дифференциальных уравнений, позволяющие рассчитать поведение нестационарных когнитивных систем при любых точечных воздействиях, описываемых не-

стационарной функцией интенсивностей появления точек.

Уравнения поведения математического ожидания переработанной информации приведены к каноническому виду, что позволяет применить их к многообразным практическим задачам, например к описанию иерархических ког-

нитивных структур, когда выход одного уровня является входом другого.

Представлен пример расчета помехоустойчивости для простейшего случая стационарной системы подтверждающий интуитивное представление о поведении помехоустойчивости системы.

Литература

1. Lawlor P.N., Perich M.G., Miller L.E., Kording K.P. Linear-nonlinear-time-warppoisson models of neural activity // J Comput Neurosci. 2018. № 45. С. 173–191.

2. Didier de Villiers, Marc Schleiss, Marie-Claire ten Veldhuis, Rolf Hut, and Nick van de Giese.:Something fishy going on? Evaluating the Poisson hypothesis for rainfall estimation using intervalometers: results from an experiment in Tanzania // Atmos. Meas. Tech. 2021. № 14. С. 5607–5623.

3. Maity R. Statistical Methods in Hydrology and Hydroclimatology, Springer, New York City, New York, USA, 2018.

4. Meiniel W., Olivo-Marin J., Angelini E.D. Denoising of microscopy images: A review of the state-of-the-art, and a new sparsity-based method // IEEE Transactions on Image Processing. 2018. Т. 27. № 8. С. 3842–3856.

5. Pham C.T., Tran T.T. An algorithm for hybrid regularizers based image restoration with Poisson noise // Kybernetika. 2021. Т. 57. № 3. С. 446–47.

6. Zhang Y., Zhu Y., Nichols E., Wang Q., Zhang S., Smith C., Howard S. A Poisson – Gaussian denoising dataset with real fluorescence microscopy images // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2019. С. 11710–11718.

7. Bal A., Banerjee M., Chaki R., Sharma P. An efficient method for PET image denoising by combining multi-scale transform and non-local means // Multimedia Tools and Applications. 2020. Т. 79. С. 29087–29120.

8. Diwakar M., Kumar M. A review on CT image noise and its denoising // Biomedical Signal Processing and Control. 2018. Т. 42. С. 73–88.

9. Zeng G.L., Lv L., Huang Q. Poisson-noise

weighted filter for time-of-flight positron emission tomography // Visual Computing for Industry, Biomedicine and Art. 2020. Т. 3. № 10. С. 4.

10. Snyder D.L., Miller M. Random Point Processes in Time and Space. Springer-Verlag, 1991. 480 с.

11. Солодов А.А. Анализ случайных факторов процесса самообразования // Открытое образование. 2016. Т. 20. № 4. С. 29–38.

12. Солодов А.А., Солодова Е.А., Трембач Т.Г. Стохастическая модель развития эмоциональных стрессов в образовательном процессе // Статистика и Экономика. 2022. Т. 19. № 5. С. 59–67.

13. Валькман Ю.Р. Когнитивная семиотика: гештальты и знаки, целостность и структура // Сборник трудов XV Международной конференции «Искусственный интеллект (КИИ-2016)» (Смоленск, октябрь 2016). 2016. Т.2. С. 250–258.

14. Лакофф Д. Женщины, огонь и опасные вещи: Что категории языка говорят нам о мышлении. М.: 2004.

15. Кастлер Г. Возникновение биологической организации. М.: Мир, 1967. 90 с.

16. Rahe R.H., Arthur R.J. Life change and illness studies: past history and future directions // J. Human Stress. 1978. № 4(1). С. 3–15.

17. Holmes T.H., Rahe R.H., The social readjustment rating scale // Journal of Psychosomatic Research. 1967. Т. 11. С. 213–218.

18. Snyder D.L. Random Point Processes. New York, Sydney, Toronto: Wiley and Sons, 1975. 485 с.

19. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники. 3-е. изд. М.: Радио и связь, 1989. 656 с.

20. Харкевич А.А. Основы радиотехники. 3-е изд. М.: Физматлит, 2007. 512 с.

References

1. Lawlor PN, Perich MG, Miller LE, Kording KP. Linear-nonlinear-time-warppoisson models of neural activity. J Comput Neurosci. 2018; 45: 173–191.

2. Didier de Villiers, Marc Schleiss, Marie-Claire ten Veldhuis, Rolf Hut, and Nick van de Giese.:Something fishy going on? Evaluating the Poisson hypothesis for rainfall estimation using intervalometers: results from an experiment in Tanzania. Atmos. Meas. Tech. 2021; 14: 5607–5623.

3. Maity R. Statistical Methods in Hydrology and Hydroclimatology, Springer, New York City, New York, USA, 2018.

4. Meiniel W., Olivo-Marin J., Angelini E.D. Denoising of microscopy images: A review of the state-of-the-art, and a new sparsity-based method. IEEE Transactions on Image Processing. 2018; 27; 8: 3842–3856.

5. Pham C. T, Tran T. T. T. An algorithm for hybrid regularizers based image restoration with Poisson noise. Kybernetika. 2021; 57; 3: 446–47.

6. Zhang Y., Zhu Y., Nichols E., Wang Q., Zhang S., Smith C., Howard S. A Poisson — Gaussian denoising dataset with real fluorescence microscopy images. Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2019: 11710–11718.
7. Bal A., Banerjee M., Chaki R., Sharma P. An efficient method for PET image denoising by combining multi-scale transform and non-local means. Multimedia Tools and Applications. 2020; 79: 29087–29120.
8. Diwakar M., Kumar M. A review on CT image noise and its denoising. Biomedical Signal Processing and Control. 2018; 42: 73–88.
9. Zeng G. L., Lv L., Huang Q. Poisson-noise weighted filter for time-of-flight positron emission tomography. Visual Computing for Industry, Biomedicine and Art. 2020; 3; 10: 4.
10. Snyder D.L., Miller M. Random Point Processes in Time and Space. Springer-Verlag; 1991. 480 p.
11. Solodov A.A. Analysis of random factors in the process of self-education. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2016; 20; 4: 29–38. (In Russ.)
12. Solodov A.A., Solodova Ye.A., Trembach T.G. Stochastic model of development of emotional stresses in the educational process. Statistika i Ekonomika = Statistics and Economics. 2022; 19; 5: 59–67. (In Russ.)
13. Val'kman YU.R. Cognitive semiotics: gestalts and signs, integrity and structure. Sbornik trudov XV Mezhdunarodnoy konferentsii «Iskusstvennyy intellekt (KII-2016) = Proceedings of the XV International Conference "Artificial Intelligence (KII-2016)" (Smolensk, October 2016). 2016; 2: 250–258. (In Russ.)
14. Lakoff D. Zhenshchiny, ogon' i opasnyye veshchi: Chto kategorii yazyka govoryat nam o myshlenii = Women, fire and dangerous things: What the categories of language tell us about thinking. Moscow: 2004. (In Russ.)
15. Kastler G. Vozniknoveniye biologicheskoy organizatsii = The emergence of biological organization. Moscow: Mir; 1967. 90 p. (In Russ.)
16. Rahe R.H., Arthur R.J. Life change and illness studies: past history and future directions. J. Human Stress. 1978; 4(1): 3–15.
17. Holmes T.H., Rahe R.H., The social readjustment rating scale. Journal of Psychosomatic Research. 1967; 11: 213–218.
18. Snyder D.L. Random Point Processes. New York, Sydney, Toronto: Wiley and Sons; 1975. 485 p.
19. Levin B. R. Teoreticheskiye osnovy statisticheskoy radiotekhniki = Theoretical Foundations of Statistical Radio Engineering. 3rd. ed. Moscow: Radio and communication; 1989. 656 p. (In Russ.)
20. Kharkevich A.A. Osnovy radiotekhniki = Fundamentals of radio engineering. 3rd ed Moscow: Fizmatlit; 2007. 512 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Александр Александрович Солодов

*Д.т.н., профессор, профессор кафедры прикладной математики и программирования
Российский государственный университет
им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн.
Искусство). Москва, Россия
Эл. почта: aasol@rambler.ru*

Татьяна Германовна Трембач

*Старший преподаватель кафедры И13
Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)
«МАИ», Москва, Россия
Эл. почта: tat-trembach@yandex.ru*

Кирилл Евгеньевич Жовноватый

*Аспирант
Российский государственный университет им.
А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство).
Москва, Россия
Эл. почта: kirill.zhov@mail.ru*

Information about the authors

Alexander A. Solodov

*Dr. Sci. (Engineering), Professor,
Professor of the Department of applied
mathematics and programming
Russian state University. A. N. Kosygina,
Moscow, Russia.
E-mail: aasol@rambler.ru*

Tatiana G. Trembach

*Cand. Sci. (Engineering), Assoc. Associate Professor
of the Department 304
Moscow Aviation Institute (National Research
University) "MAI", Moscow, Russia
E-mail: tat-trembach@yandex.ru*

Kirill E. Zhovnovatiy

*Graduate student of the Department of applied
mathematics and programming,
Russian state University. A. N. Kosygina
Moscow, Russia.
E-mail: kirill.zhov@mail.ru*

Сравнение методов анализа настроений глубокого обучения, включая LSTM и машинное обучение

Цель исследования. Целью исследования является оценка определённых моделей машинного обучения при обработке данных на основе скорости и эффективности, связанных с анализом настроений или мнений потребителей в системе бизнес-аналитики. Для освещения уже имеющихся наработок дан обзор современных методов и моделей анализа настроений, демонстрируя их преимущества и недостатки.

Материалы и методы. С целью улучшения процесса анализа семестра, организованного с использованием существующих методов и моделей, необходимо внести в него корректировки в соответствии с растущими изменениями информационных потоков и на сегодняшний день. В этом случае исследователям крайне важно изучить возможности обновления определённых инструментов, либо объединить их, либо разработать, чтобы адаптировать их к современным задачам, чтобы обеспечить более чёткое понимание результатов их лечения. Мы представляем сравнение нескольких моделей глубокого обучения, включая конволюционную нейронную сеть, рекуррентные нейронные сети и долговременную и кратковременную двунаправленную память, оцененных на основе различных подходов к интеграции слов, включая трансформацию двунаправленных кодирующих представлений (BERT) и ее варианты, FastText и Word2Vec. Дополнение данных проводилось с использованием подхода простого дополнения данных.

В этом проекте применяются методы обработки естественного языка (ОЕЯ), глубокое обучение, а также модели - LSTM, CNN, SVM TF-IDF, adaboost, naïves bayes, а затем комбинации моделей.

Результаты. Исследования позволили получить и проверить результаты моделей с помощью пользовательских обзоров и сравнить точность моделей, чтобы увидеть, какая модель имеет наибольшую точность результатами анализа, полученными с помощью моделей, и их комбинацией CNN с LSTM-моделью, но SVM с TF-IDF векторизатором оказалась наиболее эффективной для этого несбалансированного набора данных. В построенной модели результатом стали следующие показатели: ROC AUC - 0,82, точность - 0,92, F1 - 0,82, Precision - 0,82 и Recall - 0,82. Для поиска более эффективной модели можно провести дополнительные исследования и внедрение модели.

Заключение. За последние годы анализ текста на естественном языке продвинулся довольно далеко вперёд, и не исключено, что в обозримом будущем подобные задачи будут полностью решены. Несколько различных моделей в ML и CNN с LSTM-моделью, но SVM с TF-IDF векторизатором оказалась наиболее эффективной для этого несбалансированного набора данных. В целом, как глубокое обучение, так и методы выбора на основе признаков могут быть использованы для решения некоторых наиболее актуальных проблем. Глубокое обучение полезно, когда наиболее значимые признаки заранее неизвестны, в то время как методы выбора на основе признаков могут помочь повысить точность и эффективность алгоритма классификации. Комбинация обоих подходов также может быть использована для дальнейшего повышения эффективности алгоритма.

Ключевые слова: BERT, LSTM, глубокое обучение, обработка естественного языка, TF-IDF, анализ настроений.

Tape Habib Jean Max, Alexey A. Poguda

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Comparison of Deep Learning Sentiment Analysis Methods, Including LSTM and Machine Learning

Purpose of research. The purpose of the study is to evaluate certain machine learning models in data processing based on speed and efficiency related to the analysis of sentiment or consumer opinions in business intelligence. To highlight the existing developments, an overview of modern methods and models of sentiment analysis is given, demonstrating their advantages and disadvantages.

Materials and methods. In order to improve the semester analysis process, organized using existing methods and models, it is necessary to adjust it in accordance with the growing changes in information flows today. In this case, it is crucial for researchers to explore the possibilities of updating certain tools, either to combine them or to develop them to adapt them to modern tasks in order to provide a clearer understanding of the results of their treatment. We present a comparison of several deep learning models, including convolutional neural networks, recurrent neural networks, and long-term and short-term bidirectional memory, evaluated using different approaches to word integration, including Bidirectional Encoder Representations

from Transformers (BERT) and its variants, FastText and Word2Vec. Data augmentation was conducted using a simple data augmentation approach. This project uses natural language processing (NLP), deep learning, and models such as LSTM, CNN, SVM TF-IDF, Adaboost, Naive Bayes, and then combinations of models.

The results of the study allowed us to obtain and verify model results with user reviews and compare model accuracy to see which model had the highest accuracy results from the models and their combination of CNN with LSTM model, but SVM with TF-IDF vectoring was most effective for this unbalanced data set. In the constructed model, the result was the following indexes: ROC AUC - 0.82, precision - 0.92, F1 - 0.82, Precision - 0.82, and Recall - 0.82. More research and model implementation can be done to find a better model.

Conclusion. Natural language text analysis has advanced quite a bit in recent years, and it is possible that such problems will be completely solved in the near future. Several different models in ML and CNN with the LSTM model, but SVM with the TF-IDF vectorizer proved

most effective for this unbalanced data set. In general, both deep learning and feature-based selection methods can be used to solve some of the most pressing problems. Deep learning is useful when the most relevant features are not known in advance, while feature-based selection methods can help improve the accuracy and efficiency of the

classification algorithm. A combination of both approaches can also be used to further improve the efficiency of the algorithm.

Keywords: BERT, LSTM, deep learning, natural language processing, TF-IDF, sentimental analysis.

Введение

Классификация текстов в настоящее время является основной областью обработки естественного языка. Он имеет широкий спектр полезных приложений, например, фильтрацию спама, маркировку тем, анализ настроений и определение языка. Недавно эта проблема также появилась в медицинской сфере, где задача состоит в том, чтобы предсказать диагноз на основе описания самочувствия пациента. Поскольку задача относительно старая, существует множество различных подходов к решению этой проблемы. Мотивация этой статьи состоит в том, чтобы сравнить различные методы и прокомментировать их преимущества и недостатки. Конкретная проблема, с которой я решил работать, — это проблема анализа настроений. Для этого есть две основные причины. Первый из них — это большое количество открытых наборов данных с базовыми показателями. И второй — это широкий спектр коммерческих приложений, таких как мониторинг социальных сетей, маркетинговые исследования или обслуживание клиентов.

Большая часть этой работы была сосредоточена на тематической категоризации, пытаясь сортировать документы в соответствии с их темой. Однако в последние годы наблюдается быстрый рост онлайн-дискуссионных групп и сайтов обзоров, где важнейшей характеристикой опубликованных статей является их ощущение, или общее мнение по теме

— например, положительный или отрицательный отзыв о товаре. Маркировка этих статей с учетом их настроения могла бы предоставить читате-

лям краткие резюме; действительно, эти метки являются частью привлекательности и дополнительной ценности некоторых сайтов, которые как маркируют обзоры фильмов, не содержащие явных показателей рейтинга, так и нормализуют различные схемы оценки, используемые отдельными критиками. Классификация настроений была бы также полезна в приложениях бизнес-аналитики [2] и рекомендательных системах, где комментарии и отзывы пользователей могут быть быстро обобщены; действительно, в целом, ответы на опросы в свободной форме, представленные в формате естественного языка, могут быть обработаны с использованием классификации настроений.

В последнее время глубокие нейронные сети стали наиболее популярными для решения задач классификации, поскольку они позволяют достичь наивысшей точности среди всех известных моделей машинного обучения. В частности, сверточные нейронные сети совершили прорыв в классификации изображений. В настоящее время они успешно справляются с некоторыми задачами автоматической обработки текста. Более того, как утверждается в некоторых исследованиях [3–6], сверточные сети подходят для этого даже лучше, чем рекуррентные нейронные сети, которые чаще всего используются для анализа текстовых последовательностей [7].

Существует множество исследований по установлению авторства [3–4]. В ранней работе [1] представлен подробный обзор исследований 2015–2021 гг., включая подходы на основе глубоких

нейронных сетей (НС), классических методов машинного обучения (МО), аспектного анализа. В большинстве подобных публикаций применялись различные особенности стиля письма [5], включая лексические, синтаксические, структурные и специфические относительно жанра и тематики текста признаки. По состоянию на 2022 г. к моделям, успешно решающим смежные задачи текстового анализа, можно отнести LSTM, CNN, их гибриды, fastText, BERT.

При решении многих задач обработки естественного языка немало внимания уделяется качеству векторного представления текста. Созданная в 2016 г. библиотека fastText в реализации от Facebook [6] — серьезный шаг в развитии векторных семантических моделей и методов в обработке текста. Например, преимущество fastText состоит в скорости работы по сравнению с другими моделями. Однако для определения авторства русскоязычных текстов fastText еще не применялся.

Анализ настроения обычно позволяет определить направленность настроения (т.е. положительное, нейтральное, отрицательное) текстовой информации, что может улучшить процессы принятия решений во множестве областей, включая бизнес, такой как финансы и фондовый рынок [8–11], цифровые платежные услуги [8], розничную торговлю [12, 13] и продукты [14, 15, 16], среди прочих. Ученые, исследующие анализ настроений на основе текстовых сообщений, также изучали или пытались определить рейтинги настроений, часто используя шкалы от 1 до 5 или 10 (т.е. более высокие баллы указывают на более

позитивные отзывы) [17]. Хотя часто для этого используются подходы машинного обучения, в последние годы глубокое обучение набирает обороты в анализе настроений, показывая многообещающие результаты [6, 17]. Кроме того, ученые исследовали различные методы встраивания слов, включая популярный Word2Vec и его варианты, а также более продвинутые и современные предварительно обученные модели на основе трансформаторов, такие как двунаправленные кодирующие представления из трансформаторов (BERT) [17-19], которые показали гораздо лучшие результаты при классификации текстов. Более того, в недавних обзорах представлены исследования, изучающие методы дополнения данных в алгоритмах глубокого обучения с супервизорами для улучшения предсказаний [20]. Эта техника, которая в целом является методом регуляризации, синтезирующим новые данные из существующих, широко используется в компьютерном зрении [20, 21]; однако работы, касающиеся текстовых данных, ограничены из-за сложности установления стандартных правил для автоматических преобразований текстовых данных при сохранении качества аннотаций [20, 22, 23], за исключением нескольких. Например, в [23] авторы исследовали различные методы предварительной обработки и регуляризации данных для анализа настроений вьетнамских пользователей в Twitter. Результаты показали, что увеличение объема данных является перспективным решением для повышения точности классификаторов. Для устранения выявленных выше проблем данное исследование направлено на прогнозирование оценок отзывов покупателей с помощью моделей глубокого обучения на основе набора данных электронной коммерции, содержащего отзывы о

женской одежде. В частности, это достигается путем предварительной обработки данных и увеличения объема данных для повышения вариативности набора данных.

Было рассмотрено несколько методов встраивания слов, включая Word2Vec, FastText, модель BERT и ее варианты (т.е. RoBERTa и ALBERT), чтобы определить лучший метод встраивания вместе с алгоритмами глубокого обучения. Затем были использованы несколько нейросетевых (NN) классификаторов, таких как рекуррентная нейронная сеть (RNN), конволюционная нейронная сеть (CNN) и двунаправленная долговременная память (Bi-LSTM), на двух различных установках, то есть 5 классов против 3 классов. Модели были оценены с помощью показателей производительности. Кроме того, мы также проверили наши модели против нескольких алгоритмов машинного обучения, включая Naïve Bayes, Logistic Regression и Support Vector Machine (SVM) и др. Статья вносит вклад в обширный анализ различных известных моделей глубокого обучения наряду с более современными и продвинутыми вариантами BERT, чтобы определить лучшую модель предсказания отзывов о настроениях, используя как оригинальные, так и дополненные наборы данных.

Приложения глубокого обучения: Глубокая архитектура состоит из множества уровней нелинейных операций. Способность моделировать задачи сложного искусственного интеллекта позволяет ожидать, что глубокая архитектура будет хорошо работать в полу контролируемом обучении, таком как глубокая сеть убеждений (DBN), и достигнет значительного успеха в сообществе обработки естественного языка [24]. Глубокое обучение состоит из усовершенствованной программной инженерии, улуч-

шенных процедур обучения и доступности вычислительных мощностей и обучающих данных [25]. Оно вдохновлено нейронаукой и имеет огромное влияние на ряд приложений, таких как распознавание речи, NLP (обработка естественного языка) и компьютерное зрение. Одной из основных проблем исследования глубокого обучения является способ изучения структуры модели, количества слоев и количества скрытых переменных для каждого слоя [26]. При работе с различными функциями архитектура глубокого обучения демонстрирует весь свой потенциал и требует большого количества помеченных образцов для сбора данных глубокой архитектурой. Сети и методы глубокого обучения широко применяются в различных областях, таких как визуальная классификация, обнаружение пешеходов, навигация внедорожных роботов, категории объектов, акустические сигналы и задачи прогнозирования временных рядов [27]. Мотивирующий подход в обработке естественного языка показал, что сложные многозадачные задачи, такие как семантическая маркировка, могут быть выполнены с использованием глубоких архитектур [27]. Что касается данных, глубокое обучение направлено на изучение высокоуровневых абстракций путем использования иерархических архитектур. Это многообещающий подход, который широко применяется в таких областях искусственного интеллекта, как компьютерное зрение, трансферное обучение, семантический разбор, обработка естественного языка и многих других. В наши дни глубокое обучение процветает по трем основным и важным причинам, а именно: улучшенные возможности чипов (GPU), значительно меньшие затраты на аппаратное обеспечение и значительное усовершенствование алгоритмов машинного обучения [28].

Важность анализа настроений

Поскольку люди выражают свои мысли и чувства более открыто, чем когда-либо прежде, анализ настроений быстро становится важным инструментом для мониторинга и понимания настроений во всех типах данных. Автоматический анализ отзывов клиентов, например, мнений в ответах на опросы и беседах в социальных сетях, позволяет брендам узнать, что вызывает у клиентов радость или разочарование, чтобы они могли адаптировать продукты и услуги к потребностям своих клиентов. Например, использование анализа настроений для автоматического анализа 4 000+ ответов в произвольной форме в ваших опросах об удовлетворенности клиентов может помочь вам узнать, почему клиенты довольны или недовольны на каждом этапе пути клиента. Возможно, вы хотите отслеживать настроение бренда, чтобы сразу же обнаруживать недовольных клиентов и реагировать на них как можно быстрее. Может быть, вы хотите сравнить настроения от одного квартала к другому, чтобы понять, нужно ли вам принимать меры [32]. Затем вы можете углубиться в качественные данные, чтобы понять, почему настроение падает или растет.

К общим преимуществам анализа настроений относятся:

Сортировка данных в масштабе Можете ли вы представить себе ручную сортировку тысяч твитов, разговоров в службе поддержки клиентов или опросов? Просто слишком много бизнес-данных, чтобы обрабатывать их вручную. Анализ настроений помогает компаниям обрабатывать огромные объемы неструктурированных данных эффективным и экономически выгодным способом.

Анализ настроений в режиме реального времени Анализ

настроений позволяет выявлять критические проблемы в режиме реального времени, например, разрастается ли PR-кризис в социальных сетях? Разгневанный клиент вот-вот откликнется? Модели анализа настроений могут помочь вам немедленно определить подобные ситуации, чтобы вы могли сразу же принять меры.

Последовательные критерии - По оценкам специалистов, люди соглашаются между собой лишь в 60-65% случаев при определении настроения того или иного текста. Отметка текста по настроению очень субъективна, на нее влияют личный опыт, мысли и убеждения.

Используя централизованную систему анализа настроения, компании могут применять одни и те же критерии ко всем своим данным, что помогает им повысить точность и получить более глубокие знания. Применения анализа настроений безграничны. Поэтому, чтобы помочь вам понять, как анализ настроений может принести пользу вашему бизнесу, давайте рассмотрим несколько примеров текстов, которые можно проанализировать с помощью анализа настроений.

Затем мы рассмотрим реальный пример того, как Chewy, компания по продаже товаров для домашних животных, смогла получить гораздо более глубокое (и полезное!) понимание своих отзывов благодаря применению анализа настроений.

Методы анализа настроений

Анализ настроения — это способ автоматического извлечения субъективной информации из текста, такой как мнения или эмоции. Он используется в различных областях, таких как обслуживание клиентов, онлайн-обзоры и мониторинг социальных сетей. Анализ настроения может

использоваться для выявления тенденций во мнениях клиентов, определения потребностей клиентов и помощи компаниям в реагировании на отзывы клиентов. Он также может использоваться для выявления потенциальных проблем с продуктами и услугами и для того, чтобы помочь компаниям определить возможности для улучшения. Кроме того, анализ настроений можно использовать для оценки влияния маркетинговых кампаний и выявления потенциальных областей улучшения обслуживания клиентов.

В данном разделе представлено краткое описание некоторых методов анализа настроений, изученных в данной работе. Эти методы являются наиболее популярными в литературе (т.е. наиболее цитируемыми и используемыми) и охватывают различные техники, такие как использование обработки естественного языка (NLP) для определения полярности, использование Amazon's Mechanical Turk (AMT) для создания маркированных наборов данных, использование психометрических шкал для определения настроений, использование контролируемых и неконтролируемых методов машинного обучения и т.п. Валидация этих методов также сильно варьируется, начиная от использования игрушечных примеров и заканчивая большой коллекцией помеченных данных.

Подход на основе машинного обучения является более практичным в чем другие подходы, благодаря своей полностью автоматической реализации и способности обрабатывать большие коллекции веб-данных. Методы классификации настроений на основе машинного обучения можно разделить на три типа: контролируемые, неконтролируемые и полуконтролируемые методы обучения [9].

1) Контролируемое обучение Контролируемое обучение

является зрелым и успешным решением в традиционной тематической классификации и было принято и исследовано для обнаружения мнений с удовлетворительными результатами [29]. Важными алгоритмами контролируемой классификации являются: Naïve Bayes, генеративный классификатор, который оценивает предварительные вероятности $P(X|Y)$ и $P(Y)$ из обучающих данных и генерирует апостериорную вероятность $P(Y|X)$ на основе этих предварительных вероятностей; Support Vector Machine (SVM), дискриминативный классификатор, который не делает предварительных предположений на основе обучающих данных и напрямую оценивает $P(Y|X)$; и алгоритм ленивого обучения K-Nearest Neighbors (KNN), который не требует предварительного построения модели классификации. Как в тематической классификации, так и в классификации мнений, Naïve Bayes и SVM являются наиболее распространенными и эффективными алгоритмами контролируемого обучения. Самое большое ограничение, связанное с контролируемым обучением, заключается в том, что оно чувствительно к количеству и качеству обучающих данных и может потерпеть неудачу, если обучающие данные необъективны или недостаточны. Обнаружение мнений на уровне поддокументов создает дополнительные проблемы для подходов, основанных на контролируемом обучении, поскольку для классификатора имеется мало информации.

2) Неконтролируемое обучение при классификации текстов иногда трудно создать маркированные обучающие документы, но легко собрать немаркированные документы. Методы обучения без надзора позволяют преодолеть эти трудности. Традиционные тематические модели, такие как LDA и PLSA, представляют со-

бой неконтролируемые методы извлечения скрытых тем в текстовых документах. Темы - это признаки, а каждый признак (или тема) - это распределение по (признакам) терминам. Ограничение несамостоятельных подходов заключается в том, что для их точного обучения обычно требуется большой объем данных. Полностью несамостоятельные модели часто дают несогласованные темы, поскольку объективные функции моделей тем не всегда совпадают.

3) Полу самостоятельное обучение (SSL) Модели SSL отличаются от супервизорных и не супервизорных методов. В отличие от контролируемого обучения, которое учится только на меченых данных, SSL учится как на меченых, так и на немеченых данных. SSL: относительно новый подход машинного обучения к поиску мнений, мотивированный отсутствием маркированных данных в реальных приложениях. Согласно, основная идея SSL заключается в том, что, хотя немеченые данные не содержат информации о классах, они содержат информацию о совместном распределении признаков классификации. Поэтому, когда в целевой

области данных мало меченых данных, использование SSL с немечеными данными может улучшить качество обучения по сравнению с контролируемым обучением. Также SSL не имеет ограничений, присущих подходам неконтролируемого обучения, если мы включаем некоторые формы предварительных знаний в неконтролируемые модели [10]. Согласно обзору SSL, проведенному в [11], Наиболее часто используемые алгоритмы SSL включают самообучение, генеративные модели, совместное обучение, обучение по нескольким курсам и методы, основанные на графах.

4) Подход на основе лексикона подход на основе лексикона основан на поиске лексикона мнений, который используется для анализа текста. В этом подходе есть два метода. Подход, основанный на словарях, предполагает поиск слов-семян мнений, а затем поиск в словаре их синонимов и антонимов. Подход, основанный на корпусе, начинается с начального списка слов мнений, а затем находит другие слова мнений в большом корпусе, чтобы помочь в поиске слов мнений с ориентацией на контекст. Это может

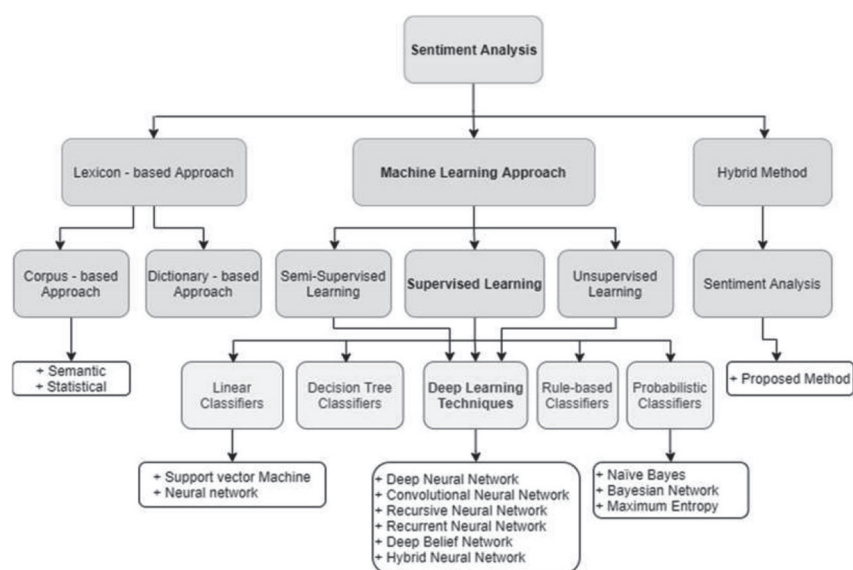


Рис. 1. Подходы и методы анализа настроения

Fig. 1. Approaches and methods of sentiment analysis

быть сделано с помощью статистических или семантических методов.

Методы анализа настроения на основе глубокого обучения используются для анализа настроения текстовых данных. Эти методы могут быть использованы для классификации текста на классы с положительным, отрицательным или нейтральным настроением. Некоторые из наиболее часто используемых методов глубокого обучения для анализа настроений включают рекуррентные нейронные сети (RNNs), сверточные нейронные сети (CNN) и долговременную кратковременную память (LSTM). RNN используются для фиксации временных связей между словами в предложении. CNN используются для определения пространственных отношений между словами в предложении. LSTM используются для исправления долгосрочных зависимостей между словами в предложении, каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки. Например, RNN хорошо улавливают временные отношения между словами, но они не способны уловить долгосрочные зависимости между словами. С другой стороны, LSTM лучше улавливают долгосрочные зависимости между словами, но не могут уловить временные зависимости между словами.

Основной частью LSTM является самый верхний конвейер на рисунке 2. Эту часть принято называть состоянием клетки, которое показано на рисунке 2.22, и которое существует во всей цепной системе LSTM, и мы можем получить для нее формулу (1):

$$C_t = f_t \times C_{t-1} + i_t \times \tilde{C}_t \quad (1)$$

f_t называется воротами забывания, указывающими, какие свойства, $C(t-1)$ используются для расчета C_t . Формула (2) представляет собой вектор, в котором каждый элемент

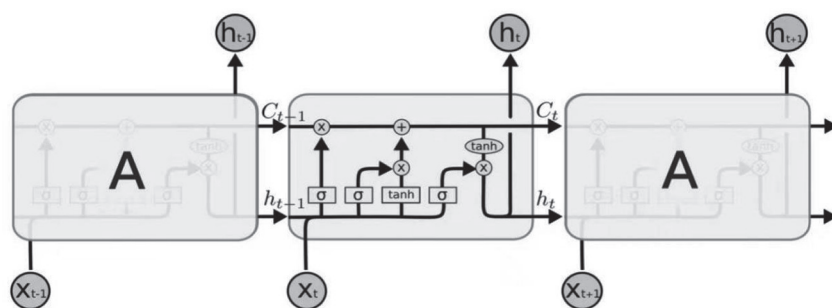


Рис. 2. Основная структура LSTM

Fig. 2. Basic structure of LSTM

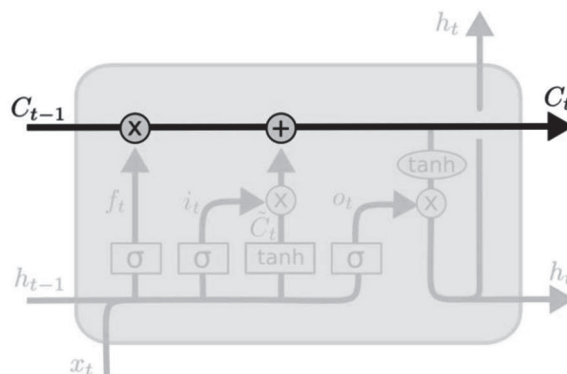


Рис. 3. Основная структура состояния клетки

Fig. 3. The basic structure of the state of the cell

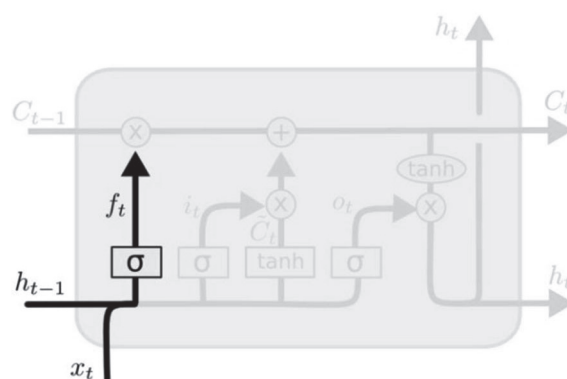


Рис. 4. Основная структура государства-забвения

Fig. 4. The basic structure of the oblivion state

находится в диапазоне формулы. Обычно мы используем сигмоид в качестве функции активации, а выход сигмоида – это значение в диапазоне $[0,1]$. Однако, если посмотреть на обученный LSTM, можно обнаружить, что значения ворот в основном очень близки к 0 или 1, а остальных очень мало. Среди них, $\otimes$ является наиболее важным механизмом затвора LSTM и представляет собой отношение умножения единиц между f_t и $C(t-1)$. Математи-

ческая формула (2) иллюстрируется следующим образом.

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] b_f) \quad (2)$$

Как показано на рис. 5, $\tilde{C}_t$ представляет значение обновления состояния блока, которое получается из входных данных x_t и скрытого узла h_{t-1} через слой нейронной сети. Функция активации значения обновления состояния блока обычно использует $\tanh$. i_t называется входным гейтом, который, как и f_t , является векто-

ром с элементами в интервале $[0,1]$, и также вычисляется x_t и h_{t-1} через функцию активации сигмоида

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (3)$$

$$\tilde{C}_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c) \quad (4)$$

i_t управляет тем, какая функция из $\tilde{C}_t$ используется для обновления C_t так же, как и f_t

Наконец, чтобы вычислить предсказанное значение $\hat{y}_t$ и сформировать полный вход для следующего временного среза, нам нужно вычислить выход скрытого узла h_t . Соответствующая математическая формула выглядит следующим образом.

$$O_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (5)$$

$$h_t = O_t \times \tanh(C_t) \quad (6)$$

Анализ настроений на основе глубокого обучения - это мощный инструмент для понимания естественного языка и извлечения информации из текста. Он может использоваться для обнаружения настроений, определения тем и извлечения значимой информации из неструктурированных данных. Наиболее популярными методами глубокого обучения для анализа настроений являются методы долговременной памяти (Long Short-Term Memory, LSTM) и двунаправленного кодирования представлений из трансформаторов (BERT). Это тип рекуррентной нейронной сети (RNN), которая способна изучать долгосрочные зависимости между словами в предложении. Она может быть использована для классификации настроений в тексте путем обучения модели на маркированных данных. Она хорошо подходит для задач анализа настроений, но ограничена в своей способности улавливать долгосрочные зависимости.

BERT — это мощная языковая модель, которая использует архитектуру трансформатора

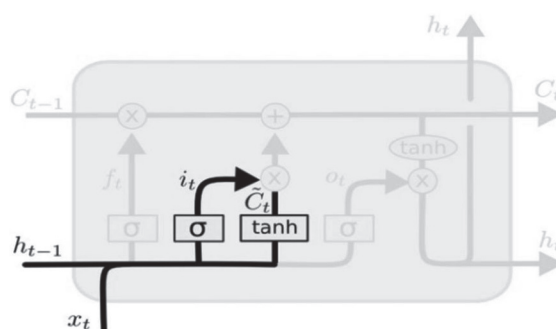


Рис. 5. Основная структура состояния обновления

Fig. 5. Basic structure of the renewal state

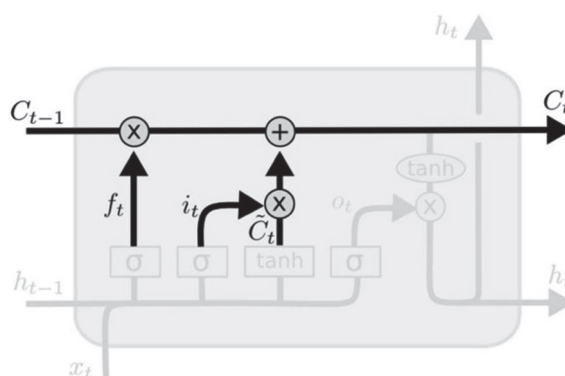


Рис. 6. Основная структура состояния выхода

Fig. 6. Main structure of exit status

для изучения контекстуальных связей между словами в предложении. Она способна понимать контекст предложения,

что делает ее хорошо подходящей для задач анализа настроений. BERT также способен улавливать долгосрочные зави-

Таблица 1 (Table 1)

Сравнение методов анализа настроений
Comparison of sentiment analysis methods

Модель	Тип	Преимущества	Недостатки
VADER	Правило-базовая	Быстрая и эффективная, хорошо работает с данными из социальных сетей	Ограниченный словарный запас, не умеет обрабатывать сарказм и иронию
TextBlob	Правило-базовая	Проста и удобна в использовании, хорошо работает для базового анализа настроения	Ограниченная точность и не подходит для сложных задач
Naive Bayes	Вероятностная	Быстрая и эффективная, хорошо работает для коротких текстов	Требует большого и разнообразного набора данных для обучения
SVM	Машинное	Высокая точность и производительность, может обрабатывать большие наборы данных	Требует инженеринга функций и настройки
LSTM	Глубокое обучение	Высокая точность и производительность, может обрабатывать контекст и длинные тексты	Требует больших наборов данных для обучения и значительных вычислительных ресурсов
BERT	Глубокое обучение	Современная производительность, может работать с несколькими языками	Требует значительных вычислительных ресурсов и специализированного оборудования

Таблица 2 (Table 2)

Сравнение моделей для анализа настроений
Comparing models for sentiment analysis

Модель	Тип	Преимущества	Недостатки
VADER	Правило-базовая	Быстрая и эффективная, хорошо работает с данными из социальных сетей	Ограниченный словарный запас, не умеет обрабатывать сарказм и иронию
TextBlob	Правило-базовая	Проста и удобна в использовании, хорошо работает для базового анализа настроения	Ограниченная точность и не подходит для сложных задач
Naive Bayes	Вероятностная	Быстрая и эффективная, хорошо работает для коротких текстов	Требует большого и разнообразного набора данных для обучения
SVM	Машинное	Высокая точность и производительность, может обрабатывать большие наборы данных	Требует инженеринга функций и настройки
LSTM	Глубокое обучение	Высокая точность и производительность, может обрабатывать контекст и длинные тексты	Требует больших наборов данных для обучения и значительных вычислительных ресурсов
BERT	Глубокое обучение	Современная производительность, может работать с несколькими языками	Требует значительных вычислительных ресурсов и специализированного оборудования

симости, что делает его более эффективным, чем LSTM, для задач анализа настроений. В целом, и LSTM, и BERT являются мощными методами глубокого обучения для анализа настроений. Однако BERT более эффективен, чем LSTM, в улавливании долгосрочных зависимостей, что делает его лучшим выбором для сложных задач анализа настроений.

В целом, выбор метода анализа настроений зависит от вопроса исследования, характера данных и желаемого уровня детализации анализа. Методы на основе правил просты в реализации, но могут быть не такими точными, как методы на основе машинного обучения. Гибридные методы объединяют сильные стороны обоих подходов, а аспектный и сравнительный анализ настроений полезны для компаний, которые хотят понять настроение конкретных аспектов или сравнить свои продукты или услуги с продуктами и услугами конкурентов.

Отметим, что выбор модели будет зависеть от конкретных потребностей анализа, таких

как размер набора данных, сложность связей между предложениями и доступные вычислительные ресурсы.

Этап эксперимента и результаты обработки данных

Выбор методов и моделей анализ критических ощущений при покупке товара на amazon с использованием моделей машинного обучения:

Мультиномиальный наивный байес с векторизатором подсчета

Multinomial Naive Bayes с векторизатором TF-IDF

SVM с векторизатором счета SVM с векторизатором TF-IDF

Adaboost с векторизатором счета

Adaboost с векторизатором TF-IDF

Глубокое обучение: CNN и LSTM-модель

Экспериментальные данные

Этот набор данных включает почти 3000 отзывов покупателей Amazon (введенный

текст), звезды, дату отзыва, вариант и комментарии различных продуктов Amazon Alexa, таких как Alexa Echo, Echo dots, Alexa Firesticks и т.д., чтобы узнать, как обучить машину анализировать настроения. Вопрос в том, что мы можем сделать с этими данными? Например, мы можем использовать эти данные для анализа продукта Alexa компании Amazon, обнаружить информацию о потребительских отзывах и помочь с моделями машинного обучения, а также обучить машинные модели для анализа настроений и проанализировать отзывы потребителей. Сколько положительных отзывов? И сколько отрицательных отзывов?

Экспериментальный процесс

1. Сначала мы обрабатываем набор данных, сбрасывая заголовки 'sentiment' и 'text' для набора данных и отбрасывая бесполезные столбцы, как показано на рисунке 7.

2. Для обработки текста используется загруженный тезаурус английских стоп и извлечение английского корня (например, причастие настоящего времени английского языка станет основой словаря). Регуляризованное выражение также используется для обработки специальных символов в тексте. В процессе очистки данных прописные буквы также преобразуются в строчные для последующей обработки. Обработка одного фрагмента данных показана на рисунке 8.

В этом проекте будут применяться методы обработки естественного языка (NLP) для обнаружения крупномасштабных закономерностей среди письменных отзывов, оставленных покупателями на устройствах Alexa. Цель проекта – предсказать, понравился ли покупателям купленный ими товар, используя информацию, содержащуюся в их отзывах.

3. Мы делим набор данных на обучающее и тестовое множество в соответствии с определенной пропорцией. Слово "английский" является словом. Мы индексируем каждое слово и устанавливаем максимальную длину текста для обучения.

Таким образом, слова с похожими значениями будут иметь схожее векторное представление. Результат представления вектора слов в словах показан на рисунке 8

4. Мы строим модель, используем метод отсева, добавляем слой свертки, добавляем оптимизатор и задаем параметры для обучения данных.

5. Пишем тестовую функцию, вводим тестовый текст, сравниваем экспериментальные результаты с обученной моделью и выбираем оптимальную модель глубокого обучения.

Результаты

В этой части я проверю результат моделей с помощью пользовательских обзоров и сравню точность моделей, чтобы увидеть, какая модель имеет самую высокую точность.

Здесь мы увидим результаты моделей с невидимыми данными, которые представляют собой случайные обзоры, взятые из Интернета, чтобы увидеть, как модели совершенствуют реальные данные.

В целом, модель CNN-LSTM представляет собой мощную архитектуру глубокого обучения, которая может обрабатывать сложные данные с высокой точностью и эффективностью.

Заключение

За последние годы анализ текста на естественном языке продвинулся довольно далеко вперед, и не исключено, что в обозримом будущем подоб-

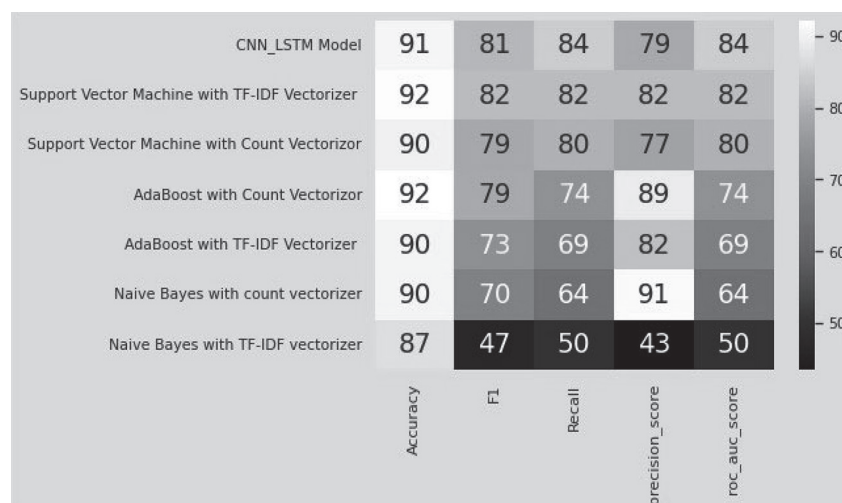


Рис. 7. Сравнение моделей

Fig.7. Comparison of models

Review1	Its not like Siri, Siri answers more accurately then Alexa.
Review2	i think siri device is better . this device is useless
Review3	I've have Echoes all over the house...I didn't have any problem
Review4	I like it very much! Thank you for great quality product with cheaper price!
Review5	Love it! Just takes some time to configure it but it is fabulous! Thank you!
review6	when i give any command Alexa goes on search mode and minewhile it also gets the sorrounding sound and Alexa belives it as it's command.. So finally the search result is Nothing

	Review1	Review2	Review3	Review4	Review5	review6
Naive Bayes with count vectorizer	Negative	Negative	Positive	Positive	Positive	Positive
Naive Bayes with TF-IDF Vectorizer	Positive	Positive	Positive	Positive	Positive	Positive
SVM with Count Vectorizer	Negative	Negative	Positive	Positive	Positive	Negative
SVM with TF-IDF Vectorizer	Negative	Negative	Positive	Positive	Positive	Negative
adaboost with count Vectorizer	Positive	Negative	Positive	Positive	Positive	Positive
adaboost with TF-IDF Vectorizer	Positive	Positive	Positive	Positive	Positive	Negative
CNN_LSTM_Model	Negative	Negative	Negative	Positive	Positive	Negative

Рис. 8. Сравнение результатов моделей

Fig. 8. Comparison of model results

ные задачи будут полностью решены. Несколько различных моделей в ML и CNN с LSTM-моделью, но SVM с TF-IDF векторизатором оказалась наиболее эффективной для этого несбалансированного набора данных. Наша модель показала ROC AUC 0,82, точность 0,92, F1 0,82, Pесision 0,82 и Recall 0,82. Для поиска более эффективной модели можно провести дополнительные исследования и внедрение модели. В целом, как глубокое обучение, так и методы

выбора на основе признаков могут быть использованы для решения некоторых наиболее актуальных проблем. Глубокое обучение полезно, когда наиболее значимые признаки заранее неизвестны, в то время как методы выбора на основе признаков могут помочь повысить точность и эффективность алгоритма классификации. Комбинация обоих подходов также может быть использована для дальнейшего повышения эффективности алгоритма.

Литература

1. Романов А.С., Куртукова А.В., Соболев А.А. Определение возраста автора текста на основе глубоких нейросетевых моделей // *Information*. 2020. № 11(12). С. 589.
2. Шломо А. Э., Мошер К., Галит А. Классификация текста по стилю: какую газету я читаю? // В сборнике. Из семинара AAAI по категоризации текстов, 1998. С. 1–4.
3. Бай С., Колтер Дж.З., Колтун В. Эмпирическая оценка общих сверточных и рекуррентных сетей для моделирования последовательностей // *Препринт arXiv arXiv*. 2018. Т. 2. С. 1803–01271.
4. Конно А., Швенк Х., Барро Л. и др. Очень глубокие сверточные сети для классификации текстов // *Препринт arXiv arXiv*. 2017. Т. 2. С. 1606–01781.
5. Жанг Х., Чжао Ж., Лекун Ы. Сверточные сети символьного уровня для классификации текста // *Препринт arXiv arXiv*. 2016. Т. 3. С. 1509–01626.
6. Инь У., Каннан К. и др. Сравнительное исследование CNN и RNN для обработки естественного языка // *Препринт arXiv arXiv*. 2017. Т. 1. С. 1702.
7. Йогатама Д., Дайер Чг., Линг У. и др. Генеративная и дискриминативная классификация текстов с помощью рекуррентных нейронных сетей // *Препринт arXiv arXiv*. 2017. Т. 2. С. 1703–01898.
8. Балакришнан В., Лок П.Я., Рахим Х.А. Полуправляемый подход к выявлению настроений и эмоций на основе обзоров цифровых платежей // *J Supercomput*. 2021. Т. 77. С. 3795–3810.
9. Каросия А.Э., Коэльо Г.П., Сильва А.Э. Инвестиционные стратегии, применяемые к бразильскому фондовому рынку: методология, основанная на анализе настроений с использованием глубокого обучения // *Приложение Expert Syst*. 2021. Т. 184.
10. Цзин Н., Ву З., Ванг Х. Гибридная модель, интегрирующая глубокое обучение с анализом настроений инвесторов для прогнозирования цен на акции // *Приложение Expert Syst*. 2021. Т. 178.
11. Ядав А., Джа К.К., Шаран А. и др. Анализ настроений в финансовых новостях с использованием неконтролируемого подхода // *Proced Comput Sci*. 2020. Т. 167. С. 589–598.
12. Чжан Ю., Хан Р., Цзе М. и др. Аналитическая платформа социальных сетей для улучшения операций и управления услугами: исследование розничной аптечной индустрии // *Технология прогнозирования изменений в Soc*. 2021. Т. 163.
13. Ву Дж.Дж., Чанг С.Т. Изучение настроений потребителей в отношении онлайн-розничных услуг: тематический подход // *J Retail Consumer*. 2020. Т. 55. С. 102145.
14. Чжан Дж., Чжан А., Лю Д. и др. Извлечение предпочтений потребителей в отношении воздухоочистителей на основе детального анализа настроений онлайн-отзывов // *Система, основанная на знаниях*. 2021. Т. 228.
15. Сюй Ф., Пан З., Ся Р. Обзор продуктов электронной коммерции и классификация настроений на основе наивной системы непрерывного обучения Байеса // *Управление процессами Inf*. 2020. Т. 6(57).
16. Тапария А, Багла Т. Анализ настроений: прогнозирование оценок отзывов о товарах с использованием онлайн-отзывов покупателей. 2020. DOI: 10.2139/ssrn.3655308.
17. Колон-Руис С., Сегура-Бедмар И. Сравнение архитектур глубокого обучения для анализа настроений в отзывах о лекарствах // *J Biomed Inform*. 2020. Т. 110.
18. Ву Ф., Ши З., Донг З. и др. Анализ настроений онлайн-обзоров продуктов на основе SenBERT-CNN // *Международная конференция 2020 по машинному обучению и кибернетике (ICMLC)*. 2020. С. 229–234.
19. Пота М., Вентура М., Кателли Р. и др. Эффективный конвейер на основе BERT для анализа настроений в Twitter: тематическое исследование на итальянском языке // *Sensors*. 2021. Т. 21(1). С. 133.
20. Шортен К., Хошгофтаар Т. М., Фурхт Б. Расширение текстовых данных для глубокого обучения // *Big Data*. 2021. Т. 8. С. 101.
21. Крижевский А., Суцкевер И., Хинтон Г.Е. Классификация Imagenet с использованием глубоких сверточных нейронных сетей // *Commun ACM*. 2017. С. 84–90.
22. Кобаяши С. Контекстуальная аугментация: приращение данных с помощью слов с парадигматическими отношениями // *В NAACL HLT*. 2018. Т. 2. С. 452–457.
23. Дуонг Х.Т., Нгуен-Тхи Т.А. Обзор: методы предварительной обработки и увеличение объема данных для анализа настроений // *Вычислительная сеть*. 2021. Т. 8. С. 1.
24. Чжоу С., Чен К., Ван Х. Метод активного глубокого обучения для классификации настроений под контролем пользователя // *Нейрокомпьютинг*. Т. 120. С. 536–546.
25. Дэн Л., Хинтон Г., Кингсбери Б. Новые типы глубокого обучения нейронных сетей для распознавания речи и связанных с ними приложений: обзор // *IEEE Int. Конф. Акустика. Обработка речевого сигнала*. 2013. С. 859–860.
26. Бенгио С., Денг Л., Ларошель Х., Салахутдинов Р.И. Введение приглашенных редакторов: специальный раздел по изучению глубоких архитектур // *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*. 2013. Т. 35(8). С. 1795–1797.
27. Арнольд Л., Ребекки С., Шевалье С. и др. Введение в глубокое обучение // *Esann*. 2011. С. 479–488.

28. Го У., Лю Ю., Эрлеманс А. и др. Глубокое обучение для визуального понимания: обзор // Нейрокомпьютинг. 2016. Т. 187. С. 27–48.
29. Гуань З. Ян Дж. Сдержанное самообучение: метод классификации настроений под полуконтролем для китайских микроблогов // Материалы шестой Международной совместной конференции по обработке естественного языка. 2013. С. 455–462.
30. Чен З., Муерджи А., Лю Б. Извлечение аспектов с автоматизированным изучением предварительных знаний // в трудах ACL. 2014. С. 347–358.

31. Пракаш В. Дж., Нитья Д. Л. Обзор методов обучения с полуконтролем // Международный журнал компьютерных тенденций и технологий. 2014. Т. 8(1). С. 25–29.
32. Руководство по анализу настроений [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://monkeylearn.com/sentiment-analysis/>.
33. Основное руководство по анализу настроений [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://www.telusinternational.com/insights/ai-data/article/the-essential-guide-to-sentiment-analysis>.

References

1. Romanov A.S., Kurtukova A.V., Sobolev A.A. Determination of the age of the author of the text based on deep neural network models. Information. 2020; 11(12): 589.
2. Shlomo A. E., Mosher K., Galit A. Text classification by style: what newspaper do I read? In the collection. From the AAAI Workshop on Text Categorization; 1998: 1-4.
3. Bay S., Koltun Dzh.Z., Koltun V. Empirical evaluation of general convolutional and recurrent networks for sequence modeling. Preprint arXiv arXiv. 2018; 2: 1803-01271.
4. Konno A., Shvenk K.H., Barro L. et. al. Very deep convolutional networks for text classification. Preprint arXiv arXiv. 2017; 2: 1606-01781.
5. Zhang K.H., Chzhao J., Lekun Y. Symbol-level convolutional networks for text classification. Preprint arXiv arXiv. 2016; 3: 1509-01626.
6. In' U., K. Kannan K. et. al. Comparative study of CNN and RNN for natural language processing. Preprint arXiv arXiv. 2017; 1: 1702.
7. Yogatama D., Dayyer Chr., Ling U. et. al. Generative and discriminative text classification using recurrent neural networks. Preprint arXiv arXiv. 2017; 2: 1703-01898.
8. Balakrishnan V., Lok P.YA., Rakhim K.H.A. A semi-managed approach to detecting sentiment and emotion based on surveys of digital payments. J Supercomput. 2021; 77: 3795-3810.
9. Karosiya A.E., Koel'o G.P., Sil'va A.E. Investment Strategies Applied to the Brazilian Stock Market: A Methodology Based on Sentiment Analysis Using Deep Learning. Expert Syst Application. 2021: 184.
10. TSzin N., Vu Z., Vang K.H. A hybrid model integrating deep learning with investor sentiment analysis for stock price prediction. Expert Syst Application. 2021: 178.
11. Yadav A., Dzha K.K., Sharan A. et. al. Analysis of sentiment in financial news using an unsupervised approach. Proced Comput Sci. 2020; 167: 589-598.
12. Chzhazhan YU., Khan R., TSze M. et. al. Social media analytics platform for improving operations

and service management: A study of the retail pharmacy industry. Change Prediction Technology in Soc. 2021: 163.

13. Vu Dzh.Dzh., Chang S.T. Exploring Consumer Sentiment for Online Retail Services: A Thematic Approach. J Retail Consumer. 2020; 55: 102145.
14. Chzhazhan Dzh., Chzhazhan A., Lyu D. et. al. Extracting consumer preference for air purifiers based on detailed sentiment analysis of online reviews. Knowledge Based System. 2021: 228.
15. Syuy F., Pan Z., Sya R. E-commerce Product Review and Sentiment Classification Based on Naive Bayesian Continuous Learning. Process Management Inf. 2020: 6(57).
16. Tapariya A., Bagla T. Sentiment Analysis: Predicting Product Review Scores Using Online Customer Reviews. 2020. DOI: 10.2139/ssrn.3655308.
17. Kolon-Ruis S., Segura-Bedmar I. Comparison of deep learning architectures for sentiment analysis in drug reviews. J Biomed Inform. 2020: 110.
18. Vu F., Shi Z., Dong Z. et. al. SenBERT-CNN Based Online Product Review Sentiment Analysis. International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC). 2020: 229-234.
19. Pota M., Ventura M., Katelli R. et. al. Efficient BERT-based pipeline for Twitter sentiment analysis: a case study in Italian. Sensors. 2021; 21(1): 133.
20. Shorten K., Khoshgoftaar T. M., Furkht B. Text data extension for deep learning. Big Data. 2021; 8: 101.
21. Krizhevskiy A., Sutskever I., Khinton G.Ye. Imagenet classification using deep convolutional neural networks. Commun ACM. 2017: 84–90.
22. Kobayashi S. Contextual Augmentation: Incrementing Data with Words with Paradigmatic Relationships. V NAACL HLT. 2018; 2: 452-457.
23. Duong K.H.T., Nguyen-Tkhi T.A. Review: preprocessing methods and data augmentation for sentiment analysis. Computational Network. 2021; 8: 1.
24. Chzhou S., Chen K., Van K.H. Active deep learning method for user-controlled mood classification. Neurocomputing. 120: 536-546.

25. Den L., Khinton G., Kingsberi B. New Types of Deep Learning Neural Networks for Speech Recognition and Related Applications: A Review. IEEE Int. Conf. Acoustics. Speech signal processing. 2013: 859-860.
26. Bengio S., Deng L., Laroshel' KH., Salakhutdinov R.I. Introduction by Guest Editors: A Special Section on the Study of Deep Architectures. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell. 2013; 35(8): 1795-1797.
27. Arnol'd L., Rebekki S., Sheval'ye S. et. al. Introduction to deep learning. Esann. 2011: 479-488.
28. Go Y., Lyu YU., Erlemans A. et. al. Deep learning for visual understanding: a review. Neurocomputing. 2016; 187: 27-48.
29. Guan' Z. Yan Dzh. Restrained self-learning: a semi-supervised sentiment classification method for Chinese microblogging. Proceedings of the 6th International Joint Conference on Natural Language Processing. 2013: 455-462.
30. Chen Z., Mukerdzhi A., Lyu B. Aspect extraction with automated prior knowledge learning. In ACL Proceedings. 2014: 347-358.
31. Prakash V. Dzh., Nit'ya D. L. A review of semi-supervised learning methods. International Journal of Computer Trends and Technologies. 2014; 8(1): 25-29.
32. Guidance on sentiment analysis [Internet]. Available from: <https://monkeylearn.com/sentiment-analysis/>.
33. Basic guide to sentiment analysis [Internet]. Available from: <https://www.telusinternational.com/insights/ai-data/article/the-essential-guide-to-sentiment-analysis>.

Сведения об авторах

Жан Макс Тане Хабиб

Аспирант, Факультет инновационных технологий
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия
Эл. почта: Jeanmax.habib@mail.ru

Алексей Андреевич Погуда

К.т.н, доцент, Факультет инновационных технологий,
Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия
Эл. почта: alexsmail@sibmail.com

Information about the authors

Jean Max T. Habib

Postgraduate student, Faculty of Innovative Technologies
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia
E-mail: Jeanmax.habib@mail.ru

Alexey A. Poguda

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Faculty of Innovative Technologies,
National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia
E-mail: alexsmail@sibmail.com