

ISSN 0234-0453 (Print)
ISSN 2658-7769 (Online)

Информатика и образование

Научно-методический журнал

**Informatics
and Education**

Scholarly Journal

 infojournal.ru



№ 5 / 2022

Том (Volume) 37

31.01.2023

01.02.2023

XXIII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ:

- Перспективы развития технологий 1С для развития образования, мировых и отечественных практик цифровизации бизнеса.
- Экосистема 1С для поддержки педагогической деятельности в цифровой среде образовательной организации.
- Развитие форм и содержания сотрудничества «1С» с образовательными организациями. Участие представителей индустрии в системе профессионального образования.
- Применение передовых технологий и методик обучения при подготовке высококвалифицированных специалистов для экосистемы 1С.

В 2022 году в конференции приняли участие более 7500 человек.

Подробнее о тематиках конференции и условиях участия см. сайт educonf.1c.ru

МЕРОПРИЯТИЯ В РАМКАХ КОНФЕРЕНЦИИ:

- Пленарные и секционные заседания
- Мастер-классы по использованию программных продуктов фирмы «1С»
- Вернисаж программных и методических разработок

Традиционно 1 февраля проводится 1С:День студента. Это отличный шанс для студентов оценить свои силы и попасть на стажировку в ИТ-компанию!

Участие бесплатное для всех сотрудников образовательных организаций и органов управления образованием.

Обязательная предварительная регистрация открыта до 31 января 2023 года на сайте educonf.1c.ru

ФИРМА «1С»

Оргкомитет конференции:

Тел./факс: +7 (495) 688-90-02

Email: npk@1c.ru. Web: educonf.1c.ru



Содержание

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

- Кедрин В. С., Родюков А. В.** Адаптивные технологии быстрого проектирования веб-интерфейсов корпоративных образовательных систем в рамках платформы «1С:Предприятие 8.3»..... 5
- Шевчук Е. В., Шпак А. В.** Управление аудиторными ресурсами образовательной организации 15
- Морозова Ю. А.** Интеллектуальный анализ данных о вакансиях для выявления актуальных потребностей рынка труда..... 26

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ОПЫТ

- Golchevskiy Yu. V., Yermolenko A. V.** Educational content of modern web-developer training 38
- Архипова А. И., Иванов В. А., Пригодина А. Г.** Интерактивные технологии практической грамотности в структуре цифрового образовательного мейнстрима 44
- Медведева Н. В., Фролова Е. В., Рогач О. В.** Влияние цифровизации школьного образования на его качество в условиях пандемии COVID-19 53
- Кушниренко А. Г., Малый А. А.** Запуск метеорологической ракеты как поучительный объект компьютерного моделирования в школьном курсе информатики 62
- Крамаров С. О., Кадомцев М. И., Сахарова Л. В., Бочаров А. А.** Математическое моделирование компетентностно-ориентированного подхода к обучению на основе теории нечетких множеств 76



НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «ИНФОРМАТИКА И ОБРАЗОВАНИЕ»

УЧРЕДИТЕЛИ:

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО

«ОБРАЗОВАНИЕ И ИНФОРМАТИКА»

ISSN (print) 0234-0453

ISSN (online) 2658-7769

Журнал входит в Перечень российских рецензируемых научных изданий ВАК, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

Контакты

Главный редактор
grigorsg@infojournal.ru

Редакция
readinfo@infojournal.ru

Отдел распространения
info@infojournal.ru

Телефон
+7 (495) 140-19-86

Почтовый адрес
119270, Россия, г. Москва,
а/я 15

Сайт журнала
<http://info.infojournal.ru>

ОБЪЕДИНЕННАЯ РЕДАКЦИЯ ИНФО

Главный редактор журнала
«Информатика и образование»

ГРИГОРЬЕВ Сергей Георгиевич

Главный редактор журнала
«Информатика в школе»

БОСОВА Людмила Леонидовна

Директор издательства

РЫБАКОВ Даниил Сергеевич

Научный редактор

ДЕРГАЧЕВА Лариса Михайловна

Ведущий редактор

КИРИЧЕНКО Ирина Борисовна

Редактор отдела

БАСЫРОВА Зифа Аббясовна

Корректоры

СИРОТКИН Никита Сергеевич

ШАРАПКОВА Людмила Михайловна

Верстка

ФЕДОТОВ Дмитрий Викторович

Дизайн

ГЛАВНИЦКИЙ Евгений Николаевич

Отдел распространения

и рекламы

КУЗНЕЦОВА Елена Александровна

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

ГРИГОРЬЕВ Сергей Георгиевич

чл.-корр. РАО, доктор тех. наук, профессор, Институт цифрового образования Московского городского педагогического университета, профессор департамента информатики, управления и технологий (Москва, Россия)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ВАСИЛЬЕВ Владимир Николаевич

чл.-корр. РАН, чл.-корр. РАО, доктор тех. наук, профессор, Национальный исследовательский университет ИТМО, ректор (Санкт-Петербург, Россия)

ГЕЙН Александр Георгиевич

доктор пед. наук, канд. физ.-мат. наук, профессор, Институт естественных наук и математики Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, профессор кафедры алгебры и фундаментальной информатики (Екатеринбург, Россия)

ГРИНШКУН Вадим Валерьевич

академик РАО, доктор пед. наук, профессор, Институт цифрового образования Московского городского педагогического университета, начальник департамента информатизации образования (Москва, Россия)

ДОБРОВОЛЬСКИЙ Николай Михайлович

доктор физ.-мат. наук, профессор, факультет математики, физики и информатики Тульского государственного педагогического университета им. Л. Н. Толстого, зав. кафедрой алгебры, математического анализа и геометрии (Тула, Россия)

ЛАПТЕВ Владимир Валентинович

академик РАО, доктор пед. наук, канд. физ.-мат. наук, профессор, Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург, первый проректор (Санкт-Петербург, Россия)

НОВИКОВ Дмитрий Александрович

чл.-корр. РАН, доктор тех. наук, профессор, Институт проблем управления РАН, директор (Москва, Россия)

РОДИОНОВ Михаил Алексеевич

доктор пед. наук, профессор, Педагогический институт им. В. Г. Белинского Пензенского государственного университета, зав. кафедрой «Информатика и методика обучения информатике и математике» (Пенза, Россия)

СЕМЕНОВ Алексей Львович

академик РАН, академик РАО, доктор физ.-мат. наук, профессор, Институт кибернетики и образовательной информатики Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, директор (Москва, Россия)

СМОЛЯНИНОВА Ольга Георгиевна

академик РАО, доктор пед. наук, профессор, Институт педагогики, психологии и социологии Сибирского федерального университета, директор (Красноярск, Россия)

УВАРОВ Александр Юрьевич

доктор пед. наук, профессор, Институт кибернетики и образовательной информатики Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, руководитель отдела образовательной информатики (Москва, Россия)

ХЕННЕР Евгений Карлович

чл.-корр. РАО, доктор физ.-мат. наук, профессор, механико-математический факультет Пермского государственного национального исследовательского университета, профессор кафедры информационных технологий (Пермь, Россия)

ШАКИРОВА Лилиана Рафиковна

доктор пед. наук, профессор, Институт математики и механики им. Н. И. Лобачевского Казанского (Приволжского) федерального университета, зав. кафедрой теории и технологий преподавания математики и информатики (Казань, Россия)

БОНК Кёртис Джей

Ph.D., Педагогическая школа Индианского университета в Блумингтоне, профессор (Блумингтон, США)

ДАГЕНЕ Валентина Антановна

доктор наук, профессор, Институт наук о данных и цифровых технологиях Вильнюсского университета, руководитель группы образовательных систем (Вильнюс, Литва)

ЛЕВИН Илья

Ph.D., Педагогический колледж Тель-Авивского университета, профессор (Тель-Авив, Израиль)

ПРАКАША Дж. С.

Ph.D., Школа образования Христианского университета, ассистент (Бангалор, Индия)

СЕРГЕЕВ Ярослав Дмитриевич

доктор физ.-мат. наук, профессор, Университет Калабрии, профессор (Козенца, Италия); профессор, Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского (Нижний Новгород, Россия)

СТОЯНОВ Станимир Недялков

Ph.D., Пловдивский университет «Паисий Хилендарский», профессор факультета математики и информатики (Пловдив, Болгария)

ФОМИН Сергей Анатольевич

Ph.D., Университет штата Калифорния в Чико, профессор (Чико, США)

ФОРКОШ БАРУХ Алона

Ph.D., Педагогический колледж им. Левински, ст. преподаватель (Тель-Авив, Израиль)

Table of Contents

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ / INFORMATIZATION OF EDUCATION

- V. S. Kedrin, A. V. Rodyukov.** Adaptive technologies for rapid web interface design of corporate educational systems within the framework of the 1C:Enterprise 8.3 platform 5
- E. V. Shevchuk, A. V. Shpak.** Managing the classroom fund of an educational instituton 15
- Yu. A. Morozova.** Data mining of vacancy data to identify the current labor market needs..... 26

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ОПЫТ / PEDAGOGICAL EXPERIENCE

- Yu. V. Golchevskiy, A. V. Yermolenko.** Educational content of modern web-developer training 38
- A. I. Arkhipova, V. A. Ivanov, A. G. Prigodina.** Interactive technologies of practical literacy in the digital educational mainstream structure 44
- N. V. Medvedeva, E. V. Frolova, O. V. Rogach.** The impact of school education digitalization on its quality in the conditions of the COVID-19 pandemic..... 53
- A. G. Kushnirenko, A. A. Maly.** Launching a meteorological rocket as an instructive object of computer simulation in the school informatics course..... 62
- S. O. Kramarov, M. I. Kadomtsev, L. V. Sakharova, A. A. Bocharov.** Mathematical modeling of the competency-based approach in education based on the theory of fuzzy sets..... 76



SCHOLARLY JOURNAL "INFORMATICS AND EDUCATION"

FOUNDERS:

RUSSIAN ACADEMY OF EDUCATION
PUBLISHING HOUSE
"EDUCATION AND INFORMATICS"

ISSN (print) 0234-0453
ISSN (online) 2658-7769

The journal is included in the List of Russian peer-reviewed scientific publications of the Higher Attestation Commission, in which the main scientific results of dissertations should be published for the degrees of Doctor of Sciences and Candidate of Sciences

Contacts

Editor-in-chief
grigorsg@infojournal.ru
Editorial team
readinfo@infojournal.ru
Distribution
and Advertising Department
info@infojournal.ru
Phone
+7 (495) 140-19-86
Postal address
119270, Russia, Moscow,
PO Box 15
Journal website
<http://info.infojournal.ru>

EDITORIAL TEAM

**Editor-in-Chief of the
"Informatics and Education" journal**

Sergey G. GRIGORIEV

**Editor-in-Chief of the
"Informatics in School" journal**

Lyudmila L. BOSOVA

Director of Publishing House

Daniil S. RYBAKOV

Science Editor

Larisa M. DERGACHEVA

Senior Editor

Irina B. KIRICHENKO

Editor

Zifa A. BASYROVA

Proofreaders

Nikita S. SIROTKIN

Lyudmila M. SHARAPKOVA

Layout

Dmitry V. FEDOTOV

Design

Eugene N. GLAVNICKY

**Distribution and Advertising
Department**

Elena A. KUZNETSOVA

EDITOR-IN-CHIEF

Sergey G. GRIGORIEV

Corresponding Member of RAE, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Professor at the Department of IT, Management and Technology, Institute of Digital Education, Moscow City University (Moscow, Russia)

EDITORIAL BOARD

Vladimir N. VASILIEV

Corresponding Member of RAS, Corresponding Member of RAE, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Rector of ITMO University (St. Petersburg, Russia)

Alexander G. GEIN

Dr. Sci. (Edu.), Cand. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Professor at the Department of Algebra and Fundamental Informatics, Institute of Natural Sciences and Mathematics, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)

Vadim V. GRINSHKUN

Academician of RAE, Dr. Sci. (Edu.), Professor, Head of the Department of Education Informatization, Institute of Digital Education, Moscow City University (Moscow, Russia)

Nikolai M. DOBROVOLSII

Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Head of the Department of Algebra, Mathematical Analysis and Geometry, Faculty of Mathematics, Physics and Information Technologies, Tula State Lev Tolstoy Pedagogical University (Tula, Russia)

Vladimir V. LAPTEV

Academician of RAE, Dr. Sci. (Edu.), Cand. Sci. (Phys.-Math.), Professor, First Vice Rector of the Herzen State Pedagogical University of Russia (St. Petersburg, Russia)

Dmitry A. NOVIKOV

Corresponding Member of RAS, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Director of the Institute of Control Sciences of RAS (Moscow, Russia)

Mikhail A. RODIONOV

Dr. Sci. (Edu.), Professor, Head of the Department "Informatics and Methods of Teaching Informatics and Mathematics", Pedagogical Institute named after V. G. Belinsky, Penza State University (Penza, Russia)

Alexei L. SEMENOV

Academician of RAS, Academician of RAE, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Director of the Institute for Cybernetics and Educational Computing of the Federal Research Center "Computer Science and Control" of RAS (Moscow, Russia)

Olga G. SMOLYANINOVA

Academician of RAE, Dr. Sci. (Edu.), Professor, Director of Institute of Education Science, Psychology and Sociology, Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russia)

Alexander Yu. UVAROV

Dr. Sci. (Edu.), Professor, Head of the Educational Informatics Department, Institute for Cybernetics and Educational Computing of the Federal Research Centre "Computer Science and Control" of RAS (Moscow, Russia)

Evgeniy K. KHENNER

Corresponding Member of RAE, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Professor at the Department of Information Technologies, Faculty of Mechanics and Mathematics, Perm State National Research University (Perm, Russia)

Liliana R. SHAKIROVA

Dr. Sci. (Edu.), Professor, Head of the Department of Theories and Technologies of Mathematics and Information Technology Teaching, N. I. Lobachevsky Institute of Mathematics and Mechanics, Kazan (Volga region) Federal University (Kazan, Russia)

Curtis Jay BONK

Ph.D., Professor at the School of Education of Indiana University in Bloomington (Bloomington, USA)

Valentina DAGIENĖ

Dr. (HP), Professor, Head of the Education Systems Group, Institute of Data Sciences and Digital Technologies, Vilnius University (Vilnius, Lithuania)

Ilya LEVIN

Ph.D., Professor at the Department of Mathematics, Science and Technology Education, School of Education, Tel Aviv University (Tel Aviv, Israel)

G. S. PRAKASHA

Ph.D., Assistant Professor, School of Education, Christ University (Bangalore, India)

Yaroslav D. SERGEYEV

Ph.D., D.Sc., D.H.C., Distinguished Professor, Professor, University of Calabria (Cosenza, Italy); Professor, Lobachevsky State University (Nizhny Novgorod, Russia)

Stanimir N. STOYANOV

Ph.D., Professor at the Faculty of Mathematics and Informatics, University of Plovdiv "Paisii Hilendarski" (Plovdiv, Bulgaria)

Sergei A. FOMIN

Ph.D., Professor, California State University in Chico (Chico, USA)

Alona FORKOSH BARUCH

Ph.D., Senior Teacher, Pedagogical College Levinsky (Tel Aviv, Israel)

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-5-14

АДАПТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БЫСТРОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСОВ КОРПОРАТИВНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В РАМКАХ ПЛАТФОРМЫ «1С:ПРЕДПРИЯТИЕ 8.3»

В. С. Кедрин¹ ✉, А. В. Родюков²¹ *Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия*² *Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия*

✉ kedrins@mail.ru

Аннотация

В статье рассматриваются технологии быстрого проектирования развертывания веб-приложений на базе непрерывного обмена информацией с корпоративной системой, организованной с помощью платформы «1С:Предприятие 8.3». Определяются форматы обмена данными между веб-приложением и программным продуктом на базе платформы «1С:Предприятие 8.3» для задач динамически генерируемых и адаптируемых интерфейсов. Предлагается концепция модифицирующейся компонентной архитектуры взаимодействия веб-приложения с коммерческими системами хранения и обработки данных, позволяющая реализовать динамическое проектирование интерфейса веб-приложения, а также автоматизировать функционал управления данными непосредственно из корпоративного решения на базе платформы «1С:Предприятие 8.3». Сформулированы критерии и принципы работы такого приложения, а также разработаны системные технологии организации веб-приложения, способного интегрироваться в типовые программные решения, которые позволяют управлять механизмами проектирования динамического интерфейса и передачей данных от решения к веб-приложению. Реализованное приложение проектирования интерфейсов веб-приложения дает возможность динамически изменять компоненты веб-форм, а также определять реквизиты, отображаемые в интерфейсе, выводимом пользователю. Приводится описание принципов работы динамического взаимодействия веб-приложения с компонентой управления интерфейсами данными. Определены компоненты модуля взаимодействия интерфейсов с веб-приложением. Сформулирована концептуальная универсальная схема управления генерацией динамических интерфейсов, позволяющая создавать практически любые виды веб-форм, в том числе для обработки поступающих от веб-приложения данных при помощи REST-обмена в формате JSON. Приведено сравнение форматов обмена. В качестве результатов предлагаемых в статье идей приводится описание реализованных IT-проектов для организации личного кабинета поступающего и динамического рейтинга абитуриента.

Ключевые слова: IT-технологии в образовании, системная инженерия, технологическая платформа «1С:Предприятие 8.3», «1С:Университет», «1С:Колледж», динамические веб-приложения, корпоративные образовательные системы, архитектурные паттерны.

Для цитирования:

Кедрин В. С., Родюков А. В. Адаптивные технологии быстрого проектирования веб-интерфейсов корпоративных образовательных систем в рамках платформы «1С:Предприятие 8.3». *Информатика и образование*. 2022;37(5):5–14. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-5-14

ADAPTIVE TECHNOLOGIES FOR RAPID WEB INTERFACE DESIGN OF CORPORATE EDUCATIONAL SYSTEMS WITHIN THE FRAMEWORK OF THE 1C:ENTERPRISE 8.3 PLATFORM

V. S. Kedrin¹ ✉, A. V. Rodyukov²¹ *Irkutsk State University, Irkutsk, Russia*² *Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), Moscow, Russia*

✉ kedrins@mail.ru

Abstract

The article discusses technologies for fast web application deployment design based on continuous information exchange with a corporate system developed using the 1C:Enterprise 8.3 platform. We identify data exchange formats between a web application and a software product based on the 1C:Enterprise 8.3 platform to handle the tasks of dynamically generated and adaptable interfaces. The study proposes the concept of a modifiable component-based architecture for the interaction of a web application with commercial data storage and processing systems. This concept makes it possible to implement a dynamic web application interface design and to automate the data management functionality directly from the enterprise solution based on the 1C:Enterprise 8.3 platform. The article

formulates the criteria and operating principles for such an application. We have also developed system technologies to design a web application that can be integrated into replicated software solutions permitting control of the mechanisms for dynamic interface design and data transfer from the solution to a web application. The launched application for web application interfaces designing makes it possible to dynamically change the components of web forms as well as determine the details displayed to the user in the output interface. In addition, we describe the principles of dynamic interaction between a web application and the data interface management component. The research enabled us to identify the components of the module for interaction of interfaces with the web application. A conceptual universal control scheme for generating dynamic interfaces has been formulated. It can be implemented to create almost any kind of web forms, including processing incoming data from a web application using the REST interchange in JSON format. The article provides a comparison of interchange formats. We describe implemented IT-projects for organizing a prospective student's personal account and the applicant's dynamic rating. These projects are the result of the ideas proposed in the article.

Keywords: IT-technologies in education, system engineering, technology platform 1C:Enterprise 8.3, 1C:University, 1C:College, dynamic web applications, corporate educational systems, architectural patterns.

For citation:

Kedrin V. S., Rodyukov A. V. Adaptive technologies for rapid web interface design of corporate educational systems within the framework of the 1C:Enterprise 8.3 platform. *Informatics and Education*. 2022;37(5):5–14. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-5-14

1. Введение

Развитие современных корпоративных информационных технологий изменяет подход к работе в образовательных организациях и способы взаимодействия участников между собой. В последние годы наметился очевидный тренд миграции технологий работы участников корпоративных бизнес-процессов в онлайн-формат, что требует развития широкого ряда сервисных веб-интерфейсов, обеспеченных «снизу» единой корпоративной средой. При этом современная технологическая платформа «1С:Предприятие 8.3» [1, 2] и ряд отраслевых программных решений [3, 4] позволяют эффективно и комплексно развивать единую эффективную корпоративную среду учета и управления образовательными процессами [5–10], в то время как развитие зависимых онлайн-сервисов с учетом классического стека веб-технологий для массовых участников процессов сопряжено с большой трудоемкостью и финансовыми затратами, так как:

- отсутствуют единые стандарты разработки веб-приложений и универсальные среды, которые бы обеспечивали комплексный характер процесса веб-разработки;
- существует большое количество разнородных веб-технологий, необходимых для организации веб-приложения;
- формирование технологий интеграции веб-приложения с корпоративным сегментом является очень трудоемким;
- имеется дефицит IT-специалистов по полному стеку технологий проектирования онлайн-сервисов;
- в рамках жизненного цикла программного решения возникают сложности при реинжиниринге и поддержке корпоративного веб-приложения, в том числе и для имеющихся на рынке программных решений (например, «Битрикс24» [11]).

Поэтому в настоящий момент остро встает вопрос о развитии технологий быстрого прототипирования адаптивного веб-интерфейса для взаимосвязи с корпоративным контуром в рамках платформы «1С:Предприятие 8.3» с возможностями гибкой на-

стройки под быстро меняющиеся схемы организации процессов образовательной организации. Это особенно актуально для таких процессов, как:

- персонализированный анкетный сбор сведений об участниках массовых процессов (абитуриенты, студенты);
- мониторинг состояний данных в рамках персонализированного корпоративного учета (прием заявлений, отражение приказов, выдача справок);
- выдача автоматизированных печатных форм корпоративных бланков, формируемых на базе корректных учетных данных в корпоративной системе;
- организационное взаимодействие между сотрудниками.

В рамках статьи предлагается решение вышеуказанной проблемы посредством спроектированной пилотной технологии конструктора веб-интерфейсов в рамках специализированной конфигурации на базе платформы «1С:Предприятие 8.3», которая, на взгляд авторов, может обеспечивать более быстрое внедрение и окупаемость проектных решений для современных образовательных КИС при разработке корпоративных онлайн-сервисов, ориентированных на тесное взаимодействие с учетной информационной системой на базе технологий «1С:Предприятие 8.3». В качестве примера реализации таких сервисов рассматриваются личный кабинет абитуриента и динамический рейтинг поступающего, реализованные в ряде пилотных проектов [12–16].

2. Форматы обмена данными для динамической кастомизации веб-интерфейсов

Классический подход, предполагающий создание веб-приложения для обработки данных с позиции учетной области, реализуется в ходе сложного процесса проектирования и разработки, который можно разделить на следующие локализованные этапы:

- определение источников информации и описание схем их хранения с использованием технологий СУБД;

- описание сервера приложения для получения и обработки данных, а также логики веб-приложения с помощью средств backend-разработки;
- разработка паттернов интерфейса на основе сформированной схемы данных;
- формирование дизайн-макетов интерфейсов с учетом необходимой бизнес-логики на базе сформированных реквизитов;
- создание прототипов интерфейса с использованием веб-технологии html-разметки и таблицы каскадных стилей CSS;
- описание бизнес-логики интерфейсов с помощью средств frontend-разработки и языка JavaScript [17];
- тестирование работы интерфейсов и алгоритмов ввода / вывода данных;
- корректировка недочетов и доработка логики на основании вышеуказанных пунктов;
- программно-аппаратная настройка компонентов веб-сервера для обеспечения оптимальной работоспособности веб-приложения.

В случае когда веб-приложение ориентируют на тесное взаимодействие с корпоративной информационной системой, к вышеуказанным этапам добавляется рутинная разработка средств обмена с использованием, как правило, механизмов пакетной передачи данных посредством языка XML. При этом в случае появления новых требований к интерфейсам обработки данных и (или) изменения логики учета в корпоративных процессах реинжиниринг доработок обычно затрагивает все архитектурные уровни веб-приложения, в том числе:

- технологию обмена данными;
- backend-логику веб-приложения;
- frontend-логику веб-приложения.

С позиции организации технологии обмена данными платформа «1С:Предприятие 8.3» представляет развитые программируемые инструменты, а именно:

- веб-сервисы, ориентированные на передачу данных в формате XML с помощью сервис-ориентированной архитектуры SOA [18–20];
- автоматический REST-интерфейс, реализованный посредством протокола OData;
- http-сервисы, ориентированные на передачу данных в формате JSON [21].

Из указанных технологий обмена в настоящий момент в связи с требованиями оперативности проектирования, а также в связи с развитием средств динамического проектирования интерфейсов веб-приложений HTTP-сервисы имеют следующие преимущества по сравнению с веб-сервисами [22]:

- снижение трудоемкости программирования клиента таких сервисов с учетом ориентации на более простой текстовый формат обмена данными JSON;
- уменьшение объема передаваемых данных;
- сокращение вычислительной нагрузки на систему;
- ориентированность на передачу ресурсов, а не действий.

Чтобы понять, за счет чего можно улучшить быстродействие проектирования онлайн-сервисов, формируемых на базе программных конфигураций в рамках платформы «1С:Предприятие 8.3», приведем сравнительную таблицу форматов обмена данными, которые используются при проектировании средств интеграции (см. табл.).

На основании сравнительного анализа, приведенного в таблице, можно заключить, что организация проектирования адаптивных динамических веб-интерфейсов с помощью формата JSON снижает

Таблица / Table

Сравнение JSON и XML

Comparison between JSON and XML

Критерий	JSON	XML
Формат описания	Текстовый формат описания объектов, основанный на объектной модели языка JavaScript	Язык разметки, который имеет теги для определения элементов
Поддержка пространств имен	Не предусмотрены пространство имен, добавление комментариев или запись метаданных	Поддерживаются пространства имен, комментарии и метаданные
Поддержка коллекций	Поддерживаются текстовые и числовые типы данных, а также коллекции (массивы)	Не имеет прямой поддержки массивов. Чтобы получить возможность использовать массив, нужно добавить теги для каждого элемента
Хранение данных	Данные хранятся как карта с парами «ключ — значение»	Данные хранятся в виде древовидной структуры
Кодировка	Поддерживаются кодировки UTF, а также ASCII	Поддерживаются кодировки UTF-8 и UTF-16
Объектная модель	Не поддерживаются нативные объекты JavaScript	Поддержка объектов осуществляется через атрибуты и элементы

Окончание табл. /
End of the table

Критерий	JSON	XML
Обработка	Не выполняется никакая обработка или вычисления	Могут выполняться обработка и форматирование документов и объектов
Скорость	Поскольку размер файла очень мал, то выполняются более быстрые алгоритмы синтаксического анализа с помощью средств языка JavaScript и, следовательно, передача данных осуществляется быстрее	Выполняется громоздкий и медленный синтаксический анализ, что приводит к замедлению передачи данных
Безопасность	Синтаксический анализ безопасен почти всегда, за исключением случаев, когда используется JSONP, что может привести к атаке на подделку межсайтовых запросов (CSRF)	Имеет место уязвимость к некоторым атакам, поскольку расширение внешних объектов и проверка DTD включены по умолчанию. Когда они отключены, синтаксические анализаторы XML более безопасны

трудоемкость относительно «жесткой» классической схемы, ориентированной на формат XML, так как:

- синтаксис XML избыточен и не имеет встроенной поддержки типов данных, используемых при разработке динамических интерфейсов средствами языка JavaScript;
- для XML требуется дополнительное приложение для обработки, в частности, в рамках веб-сервисов необходимо использовать протокол SOAP [23] для реализации удаленного вызова процедур (RPC);
- формат JSON довольно быстро обрабатывается, поскольку занимает мало места в памяти;
- формат JSON идеально подходит для обработки структурированных графов, описывающих структурный состав больших объектов.

Необходимо также отметить, что технологии организации обмена с помощью формата JSON коррелируются с развитием современных тенденций проектирования frontend-интерфейсов с позиции концепции организации веб-приложения, работающего на одной странице (SPA). Это определяет развитие технологий динамического формирования объектов веб-интерфейса средствами языка JavaScript и формата JSON, при котором не требуется дополнительная обработка с позиции взаимодействия с объектами DOM-структуры HTML-страницы [24] в отличие от формата XML.

Таким образом, формат JSON и технология обмена через http-сервисы, реализованная в платформе «1С:Предприятие 8.3», определяют возможности для развития программных механизмов быстрого проектирования компонентов динамических интерфейсов сайта с разнообразной логикой при минимальном изменении программного кода в случае, если будут выполнены два условия:

- 1) описана логика структурирования компонентов интерфейса с помощью формата JSON;
- 2) реализован автоматизированный движок веб-приложения, генерирующий компоненты динамических интерфейсов на базе заданного описания.

3. Архитектурная модель динамической кастомизации интерфейсов

Проектирование веб-интерфейсов обладает индивидуальными структурными характеристиками и предусматривает особые способы представления данных, что определяется внутренними предпочтениями и требованиями корпоративных процессов. Поэтому авторами был разработан паттерн архитектурно-логической модели универсального метамеханизма структуризации и хранения полиморфных данных, реализующий логику кастомизации интерфейсов ввода / вывода данных (рис. 1).

Предлагаемый подход к организации структур хранения компонентов динамических интерфейсов (см. рис. 1) позволит управлять:

- произвольным конструированием блоков и реквизитов рабочей области пользователя в заданных целевых веб-формах ввода / вывода;
- созданием произвольных табличных представлений серий данных с различными вариантами компоновки;
- организацией элементов интерфейса фильтра полей данных для интерактивного формирования срезов и выборок данных, а также агрегирования информации в соответствии с предъявляемыми требованиями анализа данных;
- пользовательскими механизмами обработки данных.

Механизмы динамической кастомизации веб-интерфейсов дают возможность создавать уникальные корпоративные интерфейсы при формировании рабочей области массового участника для различных корпоративных бизнес-процессов в рамках распределенного асинхронного режима работы в онлайн-среде Интернет. При этом для разделения логики кастомизации в серверной части выделены два процедурных проектных уровня:

- уровень металогики (META) — предназначен для обозначения принципов организации

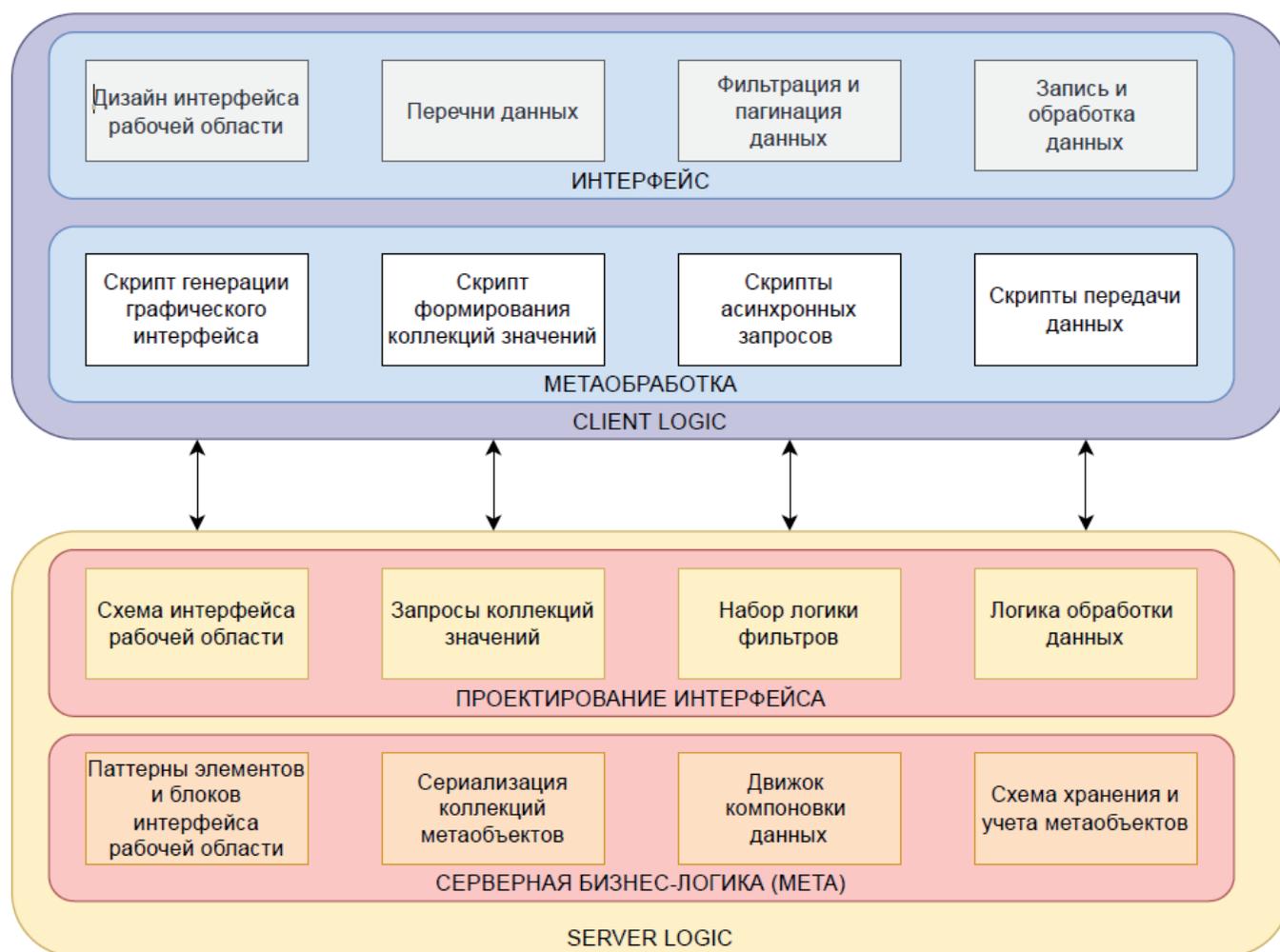


Рис. 1. Архитектурная модель логики кастомизации веб-интерфейсов и систематизации данных
 Fig. 1. Architectural model of web interface personalization and data systematization logic

структур паттернов схем и верхнеуровневых абстракций для выполнения универсальных механизмов конструирования пользовательской логики по обработке и представлению данных;

- уровень логики моделей (MODEL) — предназначен для структурного описания и хранения паттернов интерфейса на уровне информационной базы данных в конфигурации программного решения «1С».

Серверная логика кастомизации механизмов проектирования интерфейсов позволяет формировать правила описания разнородных гибридных пользовательских интерфейсов и полиморфных схем формирования табличных представлений. При этом для организации полиморфного механизма хранения и представления паттернов интерфейсов целесообразно определить архитектуру ядра платформы не только в соответствии с указанным принципиальным разделением, но и с учетом требований:

- 1) динамического проектирования интерфейса для режима отображения веб-сайта по логике одностраничного приложения (SPA) [25, 26];

- 2) сериализации и десериализации объектов метаданных конфигурации «1С» в процессах интеграции;
- 3) адаптации и кастомизации веб-интерфейсов;
- 4) универсализации запросов к различным данным информационной базы;
- 5) разнородности средств аналитического описания пользовательских скриптов обработки данных;
- 6) использования регулируемой модели прав доступа к данным.

Компонентное разделение интерфейсной части диктует необходимость взаимодействия клиентской части приложения с серверной частью посредством технологии асинхронных запросов AJAX [27, 28], что позволяет уменьшить время отклика приложения и получать данные без перезагрузки страницы в режиме работы одностраничного приложения (SPA). При этом авторизованный пользователь имеет доступ к персонализированному рабочему веб-пространству в зависимости от прав доступа и уровня разрешений на взаимодействие с данными на текущий момент.

4. Логика адаптивного прототипирования личного кабинета абитуриента

Для реализации архитектурной модели логики кастомизации интерфейсов с учетом критериев качества и оперативности развертывания разнородных онлайн-сервисов для организации личного кабинета абитуриента было разработано и апробировано программное решение «Поступи онлайн: модуль модерирования и интерфейса личного кабинета абитуриента» [29], интегрированное в тиражные программные решения «1С:Университет ПРОФ» («1С:Колледж ПРОФ»). Данный программный продукт позволяет учесть следующие требования взаимосвязи корпоративного программного продукта управления образовательным процессом на базе платформы «1С:Предприятие 8.3» с веб-сайтом в рамках глобальной сети Интернет:

1. Проектирование разнородных анкет абитуриентов на основании утвержденной спецификации образовательного учреждения.
2. Обеспечение безопасности и независимости подключения веб-приложения к программному продукту «1С:Университет».
3. Оптимальный набор корректных технологических механизмов функционирования веб-сайта «Личный кабинет поступающего» и программных решений на базе платформы «1С:Предприятие 8.3» с позиции осуществления процесса дистанционного приема заявлений от абитуриентов.
4. Непрерывная онлайн-синхронизация данных пользователей веб-сайта в информационной базе «1С».

Программный движок, разработанный с помощью средств платформы «1С:Предприятие 8.3» для организации личного кабинета, обеспечивает аналитический backend приложения, в рамках чего достигаются следующие преимущества при проектировании бизнес-логики адаптивного веб-контура личного кабинета абитуриента:

- использование объектной модели организации данных в процессах интеграции веб-приложения и конфигурации данных «1С»;

- применение технологий регистров сведений, что актуально при организации учетной модели хранения исторических сведений, поступающих от пользователей веб-приложения, в различных измерениях и аналитиках;
- использование разнородных технологий автоматизации прототипирования программного кода платформы «1С:Предприятие 8» в алгоритмах обработки данных, а именно:
 - формирование запросов с помощью конструктора запросов данных;
 - быстрое проектирование печатных форм с помощью формата XML;
 - доступ к различным алгоритмам библиотеки стандартных подсистем [30];
 - организация средств взаимодействия между пользователями.

Представленная архитектура решения «Поступи онлайн» (рис. 2) обладает свойствами динамичности и расширения. И одной из базовых целей такой архитектуры была возможность реализации именно технологий быстрой адаптации взаимосвязанного с конфигурацией «1С» (прикладного решения «1С») веб-приложения «Личный кабинет поступающего». При этом изменение программной логики шаблона веб-приложения доступно как раз в режиме «1С» в рамках контура проектирования веб-интерфейсов. Поэтому в программном решении «Поступи онлайн: модуль модерирования и интерфейса личного кабинета абитуриента» были реализованы динамические метамеханизмы проектирования интерфейсов сайта непосредственно в режиме «1С:Предприятие 8.3» (см. рис. 2), что позволяет оперативно управлять [12]:

- настройкой информационного контента сайта (секция «Главное») в формате HTML;
- формированием и передачей произвольных параметров, регулирующих логику работы веб-приложения;
- выгрузкой произвольных сериализованных перечней данных из «1С» с помощью описания запросов к учетным данным информационной базы;
- произвольным конструированием блоков и реквизитов анкеты пользователя сайта;

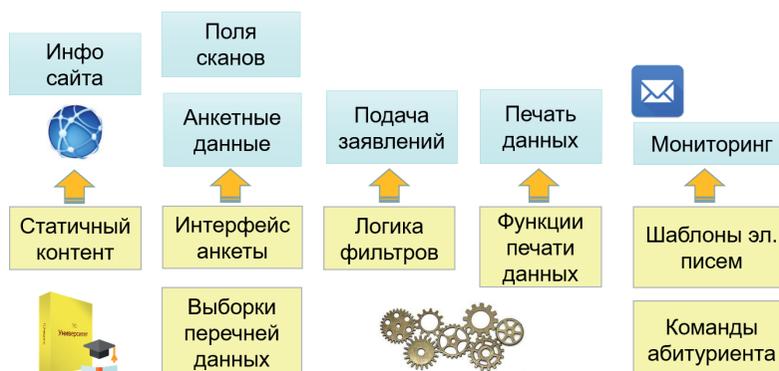


Рис. 2. Архитектура логики кастомизации личного кабинета

Fig. 2. Personal account personalization logic

- описанием логики валидации обязательных для заполнения полей в формах анкеты;
- формированием алгоритма отбора направлений обучения с учетом различных фильтров выбора информации;
- описанием мониторинга состояния приема заявлений в «1С»;
- выводом на печать печатных форм из конфигурации «1С» путем передачи двоичных файлов в формате Base64.

Таким образом, механизмы динамической кастомизации интерфейсов веб-контура непосредственно в расширении продукта «1С:Университет» позволили отойти от унификации и избыточности программных механизмов при проектировании веб-сайта «Личный кабинет поступающего», которые заложены в штатном решении, а также снизили издержки на их поддержку в процессах непрерывного реинжиниринга, которые возникали по ходу приемной кампании. При этом большинство изменений решения выполняются непосредственно в конфигурации «1С» без изменения программного кода независимого веб-приложения, что значительно повышает оперативность проектирования информационной системы.

5. Реализация динамического рейтинга абитуриента

Альтернативным примером реализации архитектурной модели логики кастомизации интерфейсов и систематизации данных является реализация динамического рейтинга абитуриента, интегрированного с тиражным программным решением «1С:Университет», реализованным в ряде пилотных

проектов. С помощью адаптивных технологий проектирования интерфейсов сайта удалось полностью перестроить автоматизированный контур формирования ранжированных списков поступающих и отображения их на сайте абитуриента в рамках пилотных проектов. Были реализованы требования по кастомизации логики критериев ранжирования абитуриентов, что особенно актуально для рейтинга магистратуры. Посредством развитых универсальных механизмов интеграции в веб-приложении рейтинга формируется возможность отслеживания в динамическом режиме всех изменений зависимых учетных данных в корпоративной информационной базе «1С:Университет», оказывающих влияние на изменение позиции в рейтинговых списках.

В рамках реализации технологической схемы динамического рейтинга (рис. 3) были сформированы:

- аналитические запросы, которые учитывают выбранные наборы в заявлении для каждого абитуриента, входящего в рейтинг;
- механизмы регулирования набора абитуриентов посредством штатного регистра «Назначенные вступительные испытания», связанного с документом «Экзаменационный лист»;
- логика автоматического подбора максимального балла по предметам выбранного набора в случае наличия внутренних вступительных испытаний (ВИ) и (или) наличия нескольких результатов ЕГЭ по одинаковым предметам за последние четыре года;
- логика учета поступающих без ВИ, у которых не определен набор вступительных испытаний;
- механизмы компоновки данных для табличного представления результатов рейтинга.

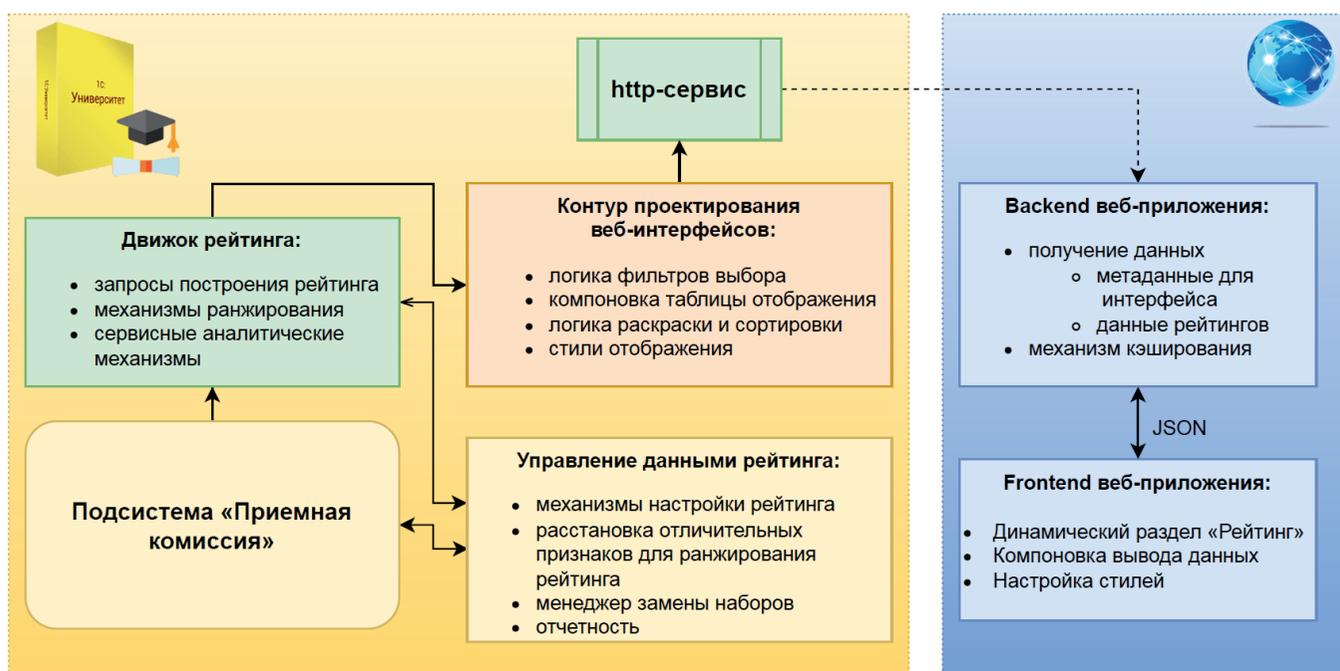


Рис 3. Технологическая схема рейтинга

Fig. 3. Technological rating scheme

Автоматизация механизмов интеграции данных веб-приложений и информационной базы «1С», а также средств вывода табличного представления в интерфейсе пользователя смещает акцент проектирования с рутинной разработки средств обмена и скриптов веб-приложения на проектирование бизнес-логики. Так, с позиции динамического рейтинга абитуриента была организована следующая автоматизированная логика:

- для общих условий учитывается динамически рассчитываемый показатель контрольных цифр приема (автоматизированная оценка переноса мест с целевой квоты и особой квоты, если они не указываются в рейтинговых списках (по критерию наличия согласий));
- применяются механизмы контроля ошибок (анализ не заполненных ВИ и отличительных признаков, не включенных в механизмы настройки рейтинга);
- используются аналитические программные механизмы для:
 - определения идентификатора физического лица в зависимости от наличия СНИЛС;
 - установления номеров телефонов;
 - определения статуса заявления;
 - контроля подачи согласий / оригиналов;
 - анализа наличия оплаты по договору обучения;
 - учета альтернативных заявлений и согласий;
 - наличия расхождений между выбранными наборами у абитуриентов относительно возможного максимального набора в рейтинге для выбранной конкурсной группы поступления.

6. Выводы

Реализованный контур проектирования интерфейсов сайта позволяет производить реинжиниринг структуры веб-контра, а также бизнес-логики данных, отображаемых в интерфейсе пользователя, путем настройки и изменения специализированных объектов в режиме работы «1С:Предприятие 8.3» (минуя конфигуратор), что значительно повышает возможности адаптации решения «Поступи онлайн: модуль модерирования и интерфейса личного кабинета абитуриента» под уникальные требования отдельных образовательных организаций в части формирования динамического рейтинга абитуриентов и организации личного кабинета абитуриента посредством интеграции в тиражные программные решения «1С:Университет» («1С:Колледж»).

Сформулированные системные технологии формирования контура управления данными личного кабинета ориентированы на развитие парадигмы организации комплексной ИС, когда акцент разработки корпоративной ИС смещается в сторону динамической организации представления функционала и данных [31] и ориентирован на:

- 1) построение развитого интерфейса, связанного с корпоративной средой веб-приложения;
- 2) организацию универсальных технологий разного рода схем «беспроводного» взаимодействия без дополнительных рутинных алгоритмов обработки, как в случае с форматом XML;
- 3) создание условий для быстрой адаптации и реинжиниринга функционала веб-приложения в зависимости от специфики изменений предметной области.

Таким образом, опыт, полученный в ходе реализации пилотного прототипа, позволяет создать комплексное программное решение, оформленное в виде «1С расширения» отраслевых продуктов фирмы «1С» для основного и дополнительного профессионального образования (<https://v8.1c.ru/platforma/rasshireniya/>). Это дает возможность значительно упростить адаптацию типового прикладного решения к потребностям конкретного внедрения и обеспечить дальнейшее развитие бизнес-логики корпоративной информационной системы с позиции адаптируемых динамических механизмов веб-приложений студента и преподавателя в серии программных продуктов «1С» для образовательного сегмента.

Благодарности

Авторы выражают глубокую благодарность управленческим командам ФГБОУ ВО «Московский государственный психолого-педагогический университет», ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ГАПОУ «Новочебоксарский химико-механический техникум» Минобразования Чувашии, МЦК — ЧЭМК Минобразования Чувашии, которые встали на путь инноваций и реализовали пилотные информационные проекты в части адаптивных онлайн-сервисов для развития внутренних корпоративных информационных систем с использованием программных продуктов «1С:Предприятие 8.3». Отдельную благодарность авторы выражают коллегам-партнерам из ООО «ЛИДЕР СОФТ», ООО «Большие числа», ООО «ДиМи-Сервер», ООО «Интеллект Инфо», ООО «Автоматизация учебных центров» за взаимовыгодное сотрудничество, качественную конструктивную критику и помощь в развитии идей проектов с конкретным практическим вкладом в их реализацию.

Acknowledgments

We express our deep gratitude to the management teams of the Moscow State University of Psychology & Education, the Russian Medical Academy of Continuous Professional Education of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Voronezh State Technical University, Voronezh State Pedagogical University, Ural State Mining University, the Siberian State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Novocheboksarsky Chemical and Mechanical Technical College of the Ministry of Education of Chuvashia, the ICC — ChEMC of the Ministry of Education of Chuvashia. These educational institutions embarked on the course of innovation and implemented pilot information projects with regard to adaptive online services for a number of areas of internal corporate information system development utilizing 1C:Enterprise 8.3 software products. We also offer special thanks to our colleagues from the partner companies Leader-Soft LLC, Big Numbers LLC, DiMi-Server LLC, Intellect Info LLC, Automation of Training Centers LLC for mutually

beneficial cooperation, high-quality constructive criticism, and assistance with developing project ideas with a specific practical contribution to their implementation.

Список источников / References

1. Дуго С. М., Нуралиев Б. Г. Особенности взаимодействия индустрии информационных технологий с системой образования в эпоху цифровой экономики. *Информатика и образование*. 2019;34(3):5–16. DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-3-5-16

[Digo S. M., Nuraliev B. G. Features of collaboration of the IT industry and the education system in the digital economy age. *Informatics and Education*. 2019;34(3):5–16. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-3-5-16]

2. Андреев Н. О. Экспансия платформы 1С:Предприятие 8. Конкурентные преимущества и практика внедрения. *Прикладная информатика*. 2009;(5(23)):3–8. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13038097>

[Andreev N. O. The expansion of the 1C: Enterprise technological platform. Competitive advantages and adoption practice. *Journal of Applied Informatics*. 2009;(5(23)):3–8. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13038097>]

3. Сайт «Solutions.1C.ru. 1С:Университет ПРОФ — Описание». Режим доступа <https://solutions.1c.ru/catalog/university-prof>

[Website of Internet Solutions.1C.ru. 1C:University PROF — Description. (In Russian.) Available at: <https://solutions.1c.ru/catalog/university-prof>]

4. Сайт «Solutions.1C.ru. 1С:Колледж — Описание». Режим доступа <https://solutions.1c.ru/catalog/college>

[Website of Solutions.1C.ru. 1C:College — Description. (In Russian.) Available at: <https://solutions.1c.ru/catalog/college>]

5. Правосудов Р. Н. Система «1С:Предприятие» в развитии вуза. *Современные проблемы науки и образования*. 2015;(1-1):248. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25323274>

[Pravosudov R. N. System 1C:Enterprise in the development of the university. *Modern Problems of Science and Education. Surgery*. 2015;1(1):248. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25323274>]

6. Кедрин В. С., Родюков А. В. Ключевые факторы развития информационной системы управления вузом на базе платформы «1С:Предприятие 8». *Информатика и образование*. 2019;34(3):17–26. DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-3-17-26

[Kedrin V. S., Rodyukov A. V. Key factors in the development of university management information system based on 1C:Enterprise 8 platform. *Informatics and Education*. 2019;34(3):17–26. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-3-17-26]

7. Аргучинцев А. В., Кедрин В. С., Чуйко Е. С. Платформа «1С:Предприятие» как основа построения современной корпоративной информационной системы вуза. *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Политология. Религиоведение*. 2017;(1(22)):121–131. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/platforma-1s-predpriyatye-kak-osnova-postroeniya-sovremennoy-korporativnoy-informatsionnoy-sistemy-vuza/viewer>

[Arguchintsev A. V., Kedrin V. S., Chuiko E. S. 1C:Enterprise platform as the basis for building a modern enterprise information system of a university. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series: Political Science and Religion Studies*. 2017;(1(22)):121–131. (In Russian.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/platforma-1s-predpriyatye-kak-osnova-postroeniya-sovremennoy-korporativnoy-informatsionnoy-sistemy-vuza/viewer>]

8. Kharin A. A., Kharina O. S., Rodyukov A. V., Petrova E. S. A perspective model of innovative integrated structure comprising university, research facility and enterprise. *Mordovia University Bulletin*. 2018;28(3):333–343. DOI: 10.15507/0236-2910.028.201803.333-343

9. Харин А. А., Родюков А. В., Сосенушкин С. Е. Модель электронной информационно-образовательной среды образовательной организации на базе платформы «1С:Предприятие 8». *Информатика и образование*. 2019;34(3):27–32. DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-3-27-32

[Kharin A. A., Rodyukov A. V., Sosenushkin S. E. The model of information educational environment of educational organization on the basis of the 1C:Enterprise software platform. *Informatics and Education*. 2019;34(3):27–32. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-3-27-32]

10. Правосудов Р. Н., Евсюков Д. Ю., Ломазов В. А., Ботина Е. Н. Автоматизация формирования содержания ОПОП ВО на основе профессиональных стандартов по требованиям ФГОС ВО 3++ как фактор цифровой трансформации образовательных систем. *Информатика и образование*. 2021;36(2):24–32. DOI 10.32517/0234-0453-2021-36-2-24-32

[Pravosudov R. N., Evsyukov D. Yu., Lomazov V. A., Botina E. N. Automation of formation of the content of the educational programs of university on the basis of professional standards in accordance with the requirements of the Federal State Educational Standards of Higher Education 3++ as a factor of the digital transformation of educational systems. *Informatics and Education*. 2021;36(2):24–32. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-2-24-32]

11. Елистратова О. В., Наумова О. Г. Опыт организации проектов с использованием «1С-Битрикс24». *Новые информационные технологии в образовании*: Сборник научных трудов 19-й международной научно-практической конференции, Москва, 29–30 января 2019 г.: под общ. ред. Д. В. Чистова. М.: 1С-Паблишинг, 2019;(2):572–573. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36858380>

[Elistratova O. V., Naumova O. G. Experience in project organization using 1C-Bitrix24. *New Information Technologies in Education*: Collection of scientific papers of the 19th International Scientific and Practical Conference, Moscow, January 29–30, 2019. Under the general editorship of D. V. Chistov. Moscow, 1C-Publishing; 2019;(2):572–573. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36858380>]

12. Кедрин В. С., Родюков А. В. Системные технологии формирования контура управления данными личного кабинета поступающего на базе платформы «1С:Предприятие 8.3». *Информатика и образование*. 2021;36(2):12–23. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-2-12-23

[Kedrin V. S., Rodyukov A. V. System technologies for the formation of a data control contour for the personal account of an applicant based on the 1C:Enterprise 8.3 platform. *Informatics and Education*. 2021;36(2):12–23. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-2-12-23]

13. Минеев А. И., Филимонова И. Э., Кедрин В. С. Межрегиональный центр компетенций — Чебоксарский электромеханический колледж: из опыта реализации личного веб-кабинета поступающего для «1С:Колледж». *Новые информационные технологии в образовании*: Сборник научных трудов XXII международной научно-практической конференции. Москва, 1–2 февраля 2022 г. Отв. ред. Д. В. Чистов. М.: 1С-Паблишинг; 2022:137–140. Режим доступа: <https://educonf.1c.ru/conf2022/thesis/9322/>

[Mineev A. I., Filimonova I. E., Kedrin V. S. Interregional competence center of the Cheboksary electromechanical college: The experience of implementing applicants' personal webpages for 1C:College. *New Information Technologies in Education*: Collection of Scientific Papers of the XXII International Scientific and Practical Conference, Moscow, February 01–02, 2022. Under the general editorship of D. V. Chistov. Moscow, 1C-Publishing; 2022:137–140. (In Russian.) Available at: <https://educonf.1c.ru/conf2022/thesis/9322/>]

14. Кедрин В. С., Будыкин С. В. Прием 2021 в МГППУ: реализация динамического рейтинга абитуриентов и контура модерирования заявлений посредством расширения функционала «1С:Университет ПРОФ». *Новые информаци-*

онные технологии в образовании: Сборник научных трудов XXII международной научно-практической конференции. Москва, 01–02 февраля 2022 г. Отв. ред. Д. В. Чистов. М.: 1С-Паблишинг; 2022;(2):9–13. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48228567>

[Kedrin V. S., Budykin S. V. Graduate admission in MSUPE in 2021: Implementing a dynamic scoring system for candidates and admission application review cycle as enhancements for 1С:University PROF. *New Information Technologies in Education: Collection of Scientific Papers of the XXII International Scientific and Practical Conference*. Moscow, February 01–02, 2022. Under the general editorship of D. V. Chistov. Moscow, 1С-Publishing; 2022;(2):9–13. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48228567>]

15. Минеев А. И., Пристова Е. Ю., Кедрин В. С. Опыт автоматизации организаций СПО в Чувашской Республике. *Информатика и образование*. 2021;36(2):76–81. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-2-76-81

[Mineev A. I., Pristova E. Yu., Kedrin V. S. Experience of automation of colleges in the Chuvash Republic. *Informatika and Education*. 2021;36(2):76–81. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-2-12-23]

16. Кедрин В. С., Артамонов А. Н. Реализация персонализированного web-контента абитуриента и сотрудника в ходе внедрения подсистемы «Приемная комиссия» ИС «1С:Университет ПРОФ». *Новые информационные технологии в образовании: Сборник научных трудов 19-й международной научно-практической конференции*. Москва, 29–30 января 2019 г. Отв. ред. Д. В. Чистов. М.: 1С-Паблишинг; 2019;(2): 121–124. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36858235>

[Kedrin V. S., Artamonov A. N. Introducing personalized web profiles for applicants and employees during implementation of “admission office” subsystem of 1С University PROF. *New Information Technologies in Education: Collection of Scientific Papers of the 19th International Scientific and Practical Conference*, Moscow, January, 29–30, 2019. Under the general editorship of D. V. Chistov. Moscow, 1С-Publishing; 2019;(2):121–124. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36858235>]

17. Zakas N. C. Next-Generation JavaScript engines. High performance JavaScript. Sebastopol, CA: O’Reilly Media; 2010. 232 p. Available at: <http://www.msiit.ru/doc/ecma/High.Performance.JavaScript.pdf>

18. Duan Yucong. A Survey on service contract. *13th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel Distributed Computing*. Kyoto, IEEE Computer Society; 2012:805–810. DOI: 10.1109/SNPD.2012.22

19. Zimmermann O., Pautasso C., Hohpe G., Woolf B. A Decade of enterprise integration patterns. *IEEE Software*. 2016;33(1):13–19. DOI: 10.1109/MS.2016.11

20. Erl T., Carlyle B., Pautasso C., Balasubramanian R. SOA with REST. Principles, patterns and constraints for building enterprise solutions with REST. Hoboken, New Jersey, Prentice Hall; 2013. 577 p.

21. Crockford D. The application/json media type for JavaScript object notation (JSON). *Internet Engineering Task Force*. 2006:1–10. DOI: 10.17487/RFC4627

22. Хрусталева Е. Ю. Технологии интеграции «1С:Предприятия 8.3». М.: 1С-Паблишинг; 2020. 503 с. Режим доступа: <https://its.1c.ru/db/intgr83>

[Khrustaleva E. Y. 1С integration technologies: Enterprises 8.3. Moscow, 1С-Publishing; 2020. 503 p. (In Russian.) Available at: <https://its.1c.ru/db/intgr83>]

23. Website Simple Object Access Protocol (SOAP) 1.1. Available at: <https://www.w3.org/TR/2000/NOTE-SOAP-20000508/>

24. Website DOM Living Standard. Available at: <https://dom.spec.whatwg.org/>

25. Scott E. Spa design and architecture: Understanding single page web applications. Shelter Island, New York, Manning Publications Company; 2015. 275 p.

26. Миковски М., Пауэлл Дж. Разработка односторонних веб-приложений. М.: ДМК Пресс; 2014. 512 с.

[Mikowski M., Powell J. Single page web applications. Moscow, DMK Press; 2014. 512 p. (In Russian.)]

27. Garrett J. J. Ajax: A new approach to web applications. 2007. Available at: <https://www.scinapse.io/papers/77717277/>

28. Matter R. AJAX crawl: Making AJAX applications searchable. Zurich, ETH. Eidgenössische Technische Hochschule Zurich, Department of Computer Science, Distribution Computing Group; 2008. 85 p. DOI: 10.3929/ethz-a-005665330

29. Кедрин В. С., Артамонов А. Н. Поступи онлайн: модуль модернизации и интерфейса личного кабинета абитуриента. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU2021613923, 16.03.2021. Заявка № 2020668114 от 31.12.2020. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45819789>

[Kedrin V. S., Artamonov A. N. Enroll online: Modernization module and interface of the applicant’s personal account. Certificate of state registration of the computer program No. 2021613923, 03/16/2021. Application No. 2020668114 dated 31.12.2020. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45819789>]

30. Сериков О. Н. Об аспектах модификации типовой конфигурации посредством использования БСП и внешних отчетов. *Теория. Практика. Инновации*. 2018;(12(36)):65–69. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36782372>

[Serikov O. N. Aspects of modification of the standard configuration through the use of BSP and external reports. *Theory. Practice. Innovations*. 2018;(12(36)):65–69. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36782372>]

31. Кедрин В. С., Аргучинцев А. В., Добринцев И. М. Механизмы полиморфной систематизации биологических данных в рамках платформы BaikalIntelli для организации вычислительных моделей динамики популяций. *Journal of Physics: Conference Series: Theory and Applications*. 2021;012029(1847):1–7. DOI: 10.1088/1742-6596/1847/1/012029

Информация об авторах

Кедрин Виктор Сергеевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры вычислительной математики и оптимизации, Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1899-9006>; e-mail: kedrinvs@mail.ru

Родюков Александр Витальевич, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры корпоративных информационных систем, Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8815-1791>; e-mail: rodiukov.av@mipt

Information about the authors

Victor S. Kedrin, Candidate of Sciences (Engineering), Do-cent, Associate Professor at the Department of Computational Mathematics and Optimization, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1899-9006>; e-mail: kedrinvs@mail.ru

Alexander V. Rodyukov, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor at the Department of Corporate Information Systems, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University), Moscow, Russia; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8815-1791>; e-mail: rodiukov.av@mipt

Поступила в редакцию / Received: 04.09.2022.

Поступила после рецензирования / Revised: 21.09.2022.

Принята к печати / Accepted: 27.09.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-15-25

УПРАВЛЕНИЕ АУДИТОРНЫМИ РЕСУРСАМИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Е. В. Шевчук¹✉, А. В. Шпак¹¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия✉ evshevch@mail.ru

Аннотация

В статье отражен опыт организации работы с аудиторными ресурсами в учреждениях образования, проведен сравнительный анализ зарубежных и отечественных подходов к определению критериев эффективности использования аудиторного фонда, к моделированию и автоматизации процессов, связанных с управлением аудиторными ресурсами. Представлена авторская интерпретация постановки задачи управления аудиторными ресурсами, определена система управляющих воздействий, описаны авторские подходы к созданию моделей, методов и технологий управления аудиторными ресурсами.

С учетом обобщенного опыта разработки, внедрения и использования технологий управления аудиторным фондом в условиях различных уровней и моделей образования авторы предложили ряд основных принципов адаптации и внедрения систем управления аудиторными ресурсами в образовательных учреждениях.

На примере Сибирского государственного университета геосистем и технологий представлен опыт реализации системы управления аудиторными ресурсами, комплексно решающей задачи учета, паспортизации, планирования, прогноза загруженности, распределения, мониторинга и оценки эффективности использования аудиторного фонда.

Технологии и модели управления аудиторными ресурсами, описанные в статье, могут быть адаптированы и использованы в процессе совершенствования систем управления аудиторными ресурсами в организациях различных уровней и моделей образования.

Ключевые слова: управление аудиторным фондом, составление расписания учебных занятий, эффективность использования аудиторий, автоматизация вуза.

Для цитирования:

Шевчук Е. В., Шпак А. В. Управление аудиторными ресурсами образовательной организации. *Информатика и образование*. 2022;37(5):15–25. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-15-25

MANAGING THE CLASSROOM FUND OF AN EDUCATIONAL INSTITUTION

E. V. Shevchuk¹✉, A. V. Shpak¹¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russia✉ evshevch@mail.ru

Abstract

The article describes the experience of organizing work with classroom funds in educational institutions. We carried out a comparative analysis of foreign and national approaches to determining the criteria for the effective use of classroom funds as well as to modeling and automating processes related to classroom fund management.

The research presents an author-proposed interpretation of setting classroom fund management objective. Moreover, it identifies a system of control actions, describes author-developed approaches to creating models, methods, and technologies for managing classroom funds. We have proposed several basic principles for adapting and implementing classroom fund management systems in educational institutions on the basis of the generalized experience of developing, implementing, and using classroom fund management technologies at various levels and with different models of education.

Using the example of the Siberian State University of Geosystems and Technologies, we describe the experience of implementing a system that comprehensively solves the problems related to classroom fund management. They are as follows: keeping count, profiling, planning, occupancy forecasting, distribution, monitoring, and assessing the efficiency of using.

The technologies and models of classroom fund management described in the article can be adapted and used to improve classroom fund management systems in organizations of various levels and models of education.

Keywords: classroom fund management, class scheduling, classroom use efficiency, university automation.

For citation:

Shevchuk E. V., Shpak A. V. Managing the classroom fund of an educational institution. *Informatics and Education*. 2022;37(5):15–25. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-15-25

1. Актуальность автоматизации работы с аудиторными ресурсами в современных образовательных учреждениях и обзор существующих подходов

Указом Президента Российской Федерации от 21.07.2020 года № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» цифровая трансформация определена как одна из важнейших национальных целей развития Российской Федерации [1].

Таким образом, цифровизация становится обязательным и необходимым, продиктованным временем условием развития образовательных организаций, призванным трансформировать все ключевые процессы: образовательные, воспитательные, научно-исследовательские, финансово-экономические, административно-управленческие [2–6].

Управление аудиторными ресурсами традиционно является актуальной задачей для большинства образовательных учреждений. Важность задачи предопределена тем, что качество принятых решений, касающихся управления аудиторными ресурсами, напрямую коррелирует с обеспечением качества процессов в учебной, воспитательной и научной деятельности.

Принимать решения, касающиеся трудноформализуемой задачи управления аудиторными ресурсами, необходимо постоянно (каждый новый учебный год, семестр, триместр, новую четверть) с изменившимися исходными данными (контингент обучающихся, профессорско-преподавательский состав, перечень образовательных программ, учебные планы, в том числе календарные учебные графики, нормативные документы, санитарно-эпидемиологические требования), но, как правило, по многим объективным причинам практически неизменной остается топология аудиторного фонда.

Вопросам, касающимся автоматизации работы с аудиторными ресурсами образовательных учреждений, посвящены многие теоретические и практические работы. Их анализ позволил сделать вывод о возможности выделения следующих основных типов исследований: обоснование важности автоматизации задач управления ресурсами в рамках цифровой трансформации университетов [4–9], определение технологий и моделей оценки эффективности использования аудиторных ресурсов [7–13], автоматизация учета использования аудиторного фонда [8, 13, 14] и расписания учебных занятий [14–15].

Общие направления исследований, касающихся моделей оценки эффективности использования аудиторных ресурсов, отражены в работах [7–12].

В работе [7] рассмотрена оптимизация рабочих учебных планов с целью рационализации педагогической нагрузки за счет объединения учебных потоков для проведения учебных занятий. По мнению автора, такой подход актуален при ограниченном аудиторном фонде. В работе представлены матема-

тические модели и вычислительные алгоритмы анализа рабочих учебных планов с целью оптимизации педагогической нагрузки вуза.

В работах [8, 9, 11, 12] рассмотрен зарубежный опыт оценки эффективности использования помещений университетов, колледжей, кампусов для организации образовательного процесса. Как правило, для оптимизации распределения аудиторных ресурсов в работах применяется математический аппарат теории множеств и целочисленного линейного программирования. Исходя из анализа того, как помещения использовались в предыдущие годы, вырабатываются рекомендации по изменению структуры аудиторного фонда на будущее.

В работе [10] представлен сравнительный анализ топологии, критериев эффективности оценки использования аудиторных ресурсов в зарубежных и российских образовательных учреждениях. Представлена система показателей для расчета оценки качества использования недвижимости вуза, в том числе ряд показателей, характеризующих интенсивность использования учебных помещений, а также сделан вывод о целесообразности продолжения исследований в области управления использованием недвижимости университетов, в том числе его аудиторных ресурсов.

В работах [8, 13–15] описан зарубежный и российский опыт в общих подходах к созданию структур классов, позволяющих автоматизировать задачи, связанные с учетом аудиторного фонда, а также функционал подобных автоматизированных систем (как правило, это различные варианты электронной паспортизации аудиторий, просмотра загруженности аудиторий и другие функции учета).

Задачи автоматизации учета аудиторного фонда зачастую интегрированы с задачами автоматизации составления расписания учебных занятий [15, 16].

Наряду с автоматизированными системами составления расписания учебных занятий, разрабатываемыми силами образовательных учреждений, во многих организациях образования широко распространены и успешно применяются такие общеизвестные системы, как «Галактика. Расписание учебных занятий»*, «БИТ. Расписание Лайт»***, «SciOffice Расписание»***, АСУ «Спрут» (подсистема «Расписание»)****, «1С: Автоматизированное составление расписания. Университет»*****.

В целом можно сделать вывод, что вопросы планирования, мониторинга и оценки эффективности использования аудиторного фонда как в России, так и за рубежом исследуются и в практическом, и в теоретическом контексте на протяжении последних лет и не теряют своей актуальности.

* Семестровое планирование в Naumen University. <https://www.naumen.ru/company/>

** БИТ. Расписание Лайт. <https://www.1cbit.ru/1csoft/bit-raspisanie-lite/>

*** SciOffice Расписание. <https://scioffice.com/schedule/>

**** АСУ «Спрут». <http://int21vek.ru/page.21.html>

***** 1С:Автоматизированное составление расписания. https://solutions.1c.ru/catalog/asp_univer/features

В настоящее время разработаны различные подходы к моделированию оценки загруженности и эффективности использования аудиторного фонда, к алгоритмизации систем автоматизированного составления расписания, к проектированию информационных систем учета аудиторных ресурсов, однако нет системы, комплексно решающей все задачи управления аудиторными ресурсами.

2. Постановка задачи управления аудиторными ресурсами

Авторы статьи на основе личного опыта создания моделей, технологий и систем, реализующих задачи управления аудиторным фондом [17, 18], а также анализа современной проработки данного вопроса другими исследователями представили свой вариант постановки такой задачи.

Система управления аудиторными ресурсами должна комплексно решать задачи учета, паспортизации, планирования, прогноза загруженности, распределения, мониторинга и оценки эффективности использования аудиторного фонда в соответствии с миссией образовательного учреждения — обеспечивать качество учебной, воспитательной и научной деятельности.

Автоматизированная система управления аудиторными ресурсами позволяет решать вышеперечисленные задачи в рамках корпоративной информационной системы образовательного учреждения, основанной на единстве информационных баз данных.

В процессе управления аудиторными ресурсами основными рычагами управления (управляющими воздействиями) являются: изменение топологии аудиторного фонда, структуры контингента обучающихся (учебных групп, подгрупп), профессорско-преподавательского состава (изменение количественное и качественное); оптимизация учебных планов, в том числе календарных учебных графиков, и учебных потоков; регулирование коэффициента сменности учебных занятий; совершенствование технологии составления расписания учебных занятий.

Универсальное готовое решение, автоматизирующее процесс управления аудиторными ресурсами и подходящее для любой образовательной организации, как показывает практика, найти очень трудно по причине уникальности каждой организации образования (в плане организационно-управленческой структуры, технологии организации образовательной деятельности, уровня автоматизации, используемых технологий, платформ и др.). Неэффективно также применять без интеграции с корпоративной информационной системой уже готовые, даже очень грамотно спроектированные локальные системы (например, для составления расписаний учебных занятий). Но тем не менее образовательные учреждения могут использовать общие подходы к моделированию и автоматизации систем управления аудиторными ресурсами, адаптируя их к своим реалиям.

3. Управление аудиторными ресурсами в Сибирском государственном университете геосистем и технологий

3.1. Опыт адаптации систем управления аудиторными ресурсами

Авторы настоящей статьи в [17] представили личный опыт разработки и внедрения систем управления аудиторным фондом в условиях различных моделей образования (линейной, кредитной, смешанной) и на разных уровнях (на примерах учреждений высшего и среднего образования), подходы к созданию и адаптации моделей и технологий управления аудиторными ресурсами, а также к проектированию на их базе интеллектуальных систем, интегрированных с корпоративной системой образовательного учреждения.

По нашему мнению, общими принципами в процессе адаптации и внедрения систем управления аудиторными ресурсами в образовательные учреждения являются:

- анализ и (при необходимости) доработка моделей управления аудиторным фондом с учетом новых образовательных трендов [21] и (или) других внешних воздействий, оказывающих влияние на образовательный процесс (в том числе, например, индивидуализации обучения, реализации практической подготовки, воспитательной работы, проектного обучения, влияния пандемии);
- выбор политики автоматизации «анализ — совершенствование — развитие» (максимальное сохранение имеющегося положительного опыта автоматизации, применяемых информационных систем, платформ);
- выделение единого информационного ядра базы данных для всех использующихся в образовательном учреждении автоматизированных систем, разработка модулей интеграции всех задействованных в процессе автономных систем (если таковые имеются);
- планирование и постоянная реализация комплекса работ по преодолению сопротивления коллектива образовательного учреждения внедрению новых систем [22].

3.2. Анализ и выбор моделей оценки эффективности использования аудиторий

Задачу распределения аудиторных ресурсов можно рассматривать как классическую задачу распределения ресурсов: распределить ограниченные ресурсы имеющегося аудиторного фонда между отдельными элементами системы так, чтобы суммарный эффект был максимальным. Однако понятие «эффект использования аудиторного фонда» является нечетким и основывается не только на показателях экономической эффективности использования аудиторного фонда, но и на нечетких показателях эффективности (рациональности) использования данного ресурса с точки зрения обеспечения качественного учебно-воспитательного процесса в соответствии

с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов, санитарно-эпидемиологическими требованиями и требованиями других нормативных документов, регламентирующих деятельность образовательных организаций [10, 17, 18]. В связи с вышеизложенным моделирование оценки эффективности использования аудиторного фонда предпочтительнее реализовывать с использованием математической теории нечетких множеств и нечеткой логики [17].

В исследованиях [8, 9, 11, 12, 17] представлены различные варианты оценки эффективности использования аудиторного фонда, которые позволяют определить ее после этапа распределения аудиторного фонда (составления расписания учебных и внеучебных занятий).

В работе [10] приведены формулы расчета загрузки, занятости и использования аудиторий, используемые далее для расчета показателей, характеризующих интенсивность использования учебных помещений и фондоотдачи. Однако, по нашему мнению, необходимо принимать во внимание, что зачастую эффективное с экономической точки зрения использование аудиторного фонда может не коррелировать с основным его назначением — обеспечением качественного образовательного процесса.

Так, например, во время пандемии рекомендации Роспотребнадзора и санитарные правила СП 3.1/2.4.3598-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации работы образовательных организаций и других объектов социальной инфраструктуры для детей и молодежи в условиях распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19)» [23] внесли изменения в традиции использования аудиторного фонда. С учетом требования социальной дистанции допустимая наполняемость аудиторий во время проведения учебных занятий не соответствовала реальной вместимости аудиторий (была значительно ниже). Режим работы аудиторий корректировался с учетом времени, необходимого на проведение дезинфекционной обработки, проветривание обработанных помещений, обеззараживание воздуха и т. п. Некоторые узкоспециализированные лаборатории, организованные в соответствии с требованиями ФГОС ВО, в силу объективных причин не предназначены для использования или не могут использоваться с такой же интенсивностью, как другие аудитории (например, в [10] потенциально возможное время занятости аудиторий соответствует 90 академических часам в неделю, исходя из шестидневной недели, включающей восемь пар в будние дни и пять пар в субботу).

Авторами настоящей статьи в работе [17] представлен положительный опыт разработки и использования математических и нечетких моделей оценки эффективности использования аудиторного фонда, учитывающих специфику топологии аудиторного фонда, в том числе особенности узкоспециализированных аудиторий. Эти модели легли в основу

проектирования системы управления аудиторным фондом в Сибирском государственном университете геосистем и технологий (далее — СГУГиТ).

3.3. Выбор управляющих воздействий

В процессе управления аудиторными ресурсами основными воздействиями являются:

- изменение топологии аудиторного фонда, структуры контингента обучающихся (учебных групп, подгрупп), профессорско-преподавательского состава (изменение количественное и качественное);
- оптимизация учебных планов, в том числе календарных учебных графиков, и учебных потоков;
- регулирование коэффициента сменности учебных занятий;
- совершенствование технологии составления расписания учебных занятий.

Однако в каждом образовательном учреждении с учетом многолетнего опыта функционирования, направленности образовательного учреждения, особенностей сложившегося коллектива ППС, количественного и качественного контингента обучающихся, требований государственных стандартов образования, нормативных документов, в том числе санитарно-гигиенических, технологических, эвакуационных требований, имеющих площадь сформирована соответствующая топология аудиторного фонда. В процессе принятия решений об изменении топологии аудиторного фонда (реконструкции аудиторий, расширении площадей аудиторного фонда) учитываются, как правило, в первую очередь такие факторы, как изменения требований государственных стандартов образования, нормативных и санитарно-эпидемиологических документов.

На практике решения, касающиеся изменения топологии аудиторного фонда, являются, как правило, нечастыми и непопулярными, так как связаны с неизбежными финансовыми затратами. В связи с этим мы считаем, что рассматривать изменение топологии аудиторного фонда как рычаг управления распределением учебных аудиторий нецелесообразно. Ежегодная физическая «настройка аудиторного фонда» под изменяющийся контингент обучающихся, принятие только экстенсивных мер (расширение или реорганизация аудиторного фонда) не являются оптимальными решениями, так как сложно прогнозировать степень эффективности произведенных реорганизаций аудиторного фонда даже на ближайшее будущее.

Изменение количественного и качественного состава преподавателей по аналогичным причинам также является нежелательной и непопулярной мерой.

В работе [7] представлена идея оптимизации рабочих учебных планов специальностей (направлений) вуза с целью гармонизации учебной нагрузки (и, как следствие, загруженности аудиторного фонда) в разрезе семестров учебного года. Алгоритмы нацелены на формирование альтернативных вариантов

рабочих учебных планов, оптимизирующих учебную нагрузку.

Аналогичная идея была проработана нами и изложена в работе [17], только с акцентом на топологию аудиторного фонда, с позиции оптимизации загруженности существующего аудиторного фонда. В отличие от моделей и технологий, представленных в [7] (оптимизация учебных планов 1-го курса и остальных курсов производится отдельными итерациями), авторами в [17] были предложены оптимизационные модели, охватывающие все учебные планы и весь контингент анализируемого учебного года.

Тем не менее идея ежегодной коррекции учебных планов за счет переноса дисциплин в рабочих учебных планах из одного семестра в другой хотя и выглядит интересной, но на практике, исходя из опыта авторов, оказалась трудно реализуемой и мало эффективной (автоматизация идеи была реализована еще в 2008 году). Это объясняется следующими причинами:

- к основополагающим критериям качественного проектирования образовательных программ никак нельзя отнести критерии оптимизации учебной нагрузки профессорско-преподавательского состава и (или) равномерной загруженности аудиторного фонда;
- дисциплин в рабочих учебных планах, пригодных для переноса из одного семестра в другой внутри одного учебного года (т. е. одинакового объема и «независимых» от постреквизитов и пререквизитов), на практике очень мало, и в конечном счете подобная коррекция рабочих учебных планов оказывает незначительное влияние на процесс гармонизации учебной нагрузки на уровне всего вуза.

Мы пришли к выводу, что наиболее эффективный метод — ежегодное управление проектированием учебных планов на уровне университета на этапе разработки, определение места и объема дисциплин, общих для всех или нескольких направлений / специальностей, с целью обеспечения перспективной возможности создания учебных потоков требуемого размера.

Исходя из вышесказанного сделан вывод, что на практике для большинства образовательных учреждений наиболее приемлемыми рычагами управления аудиторными ресурсами являются регулирование (оптимизация) коэффициента сменности учебных занятий, оптимизация учебных потоков, учебных планов и совершенствование технологии составления расписания учебных занятий.

Решение о необходимости изменения топологии аудиторных ресурсов (если не открывается новая специальность / направление подготовки и нет необходимости в организации специализированных аудиторий в соответствии с требованиями ФГОС ВО) должно основываться на всестороннем анализе эффективности использования аудиторий, который целесообразно проводить после реализации описанных выше этапов.

Нечеткая модель генерации рекомендаций для принятия решений по изменению топологии аудиторного фонда, разработанная на основе комплексного критерия качества использования аудиторий (обобщающего экономическую и образовательную эффективность использования), представлена авторами настоящей статьи в [17]. После адаптации к реалиям конкретного образовательного учреждения она может быть использована для проектирования интеллектуальной системы по управлению аудиторными ресурсами.

Для СГУГиТ было принято решение выделить следующие управляющие воздействия: управление проектированием учебных планов и календарных учебных графиков на уровне вуза, оптимизация учебных потоков, регулирование коэффициента сменности учебных занятий, оптимизация технологии составления расписания учебных занятий.

3.4. Реализация системы управления аудиторным фондом СГУГиТ

С 2003 года авторами велись исследования, касающиеся эффективного управления ресурсами образовательных учреждений, и были разработаны и внедрены в рамках систем автоматизации математические модели [17], решающие задачи по управлению аудиторными ресурсами. Это оптимизационные модели, базирующиеся на методах линейного программирования (оптимизация учебных планов и учебных потоков с учетом контингента обучающихся и топологии аудиторного фонда), нечеткие модели оценки эффективности использования аудиторий (комплексно оценивающие как экономическую эффективность, так и эффективность с точки зрения обеспечения качественного образовательного процесса), а также модели баз знаний для проектирования систем поддержки решений по управлению аудиторным фондом.

Однако опыт дальнейшей адаптации разработанных моделей в образовательных учреждениях [18, 22] показал, что на практике из всех математических моделей высокую эффективность показали модели оптимизации учебных потоков и оценки эффективности использования аудиторий.

Использование на практике математических моделей ежегодной корректировки учебных планов с целью их оптимизации при существующем аудиторном фонде оказалось малоэффективным, в то же время их внедрение в уже действующие системы автоматизации образовательных учреждений было затруднительным.

На протяжении более 15 лет в Сибирском государственном университете геосистем и технологий успешно функционирует электронная информационно-образовательная среда (далее — ЭИОС) — совокупность информационных, телекоммуникационных технологий и соответствующих технологических средств, предназначенных для накопления, систематизации, хранения и использования электронного образовательного ресурса с применением

технологий электронного и дистанционного обучения и позволяющих обеспечить качественную информационную и учебно-методическую поддержку учебного процесса, нацеленную на повышение качества подготовки квалифицированных кадров [19, 20]. Система управления аудиторным фондом внедрялась с учетом уже функционирующей в вузе политики автоматизации и имеющейся организационной структуры вуза.

Управление аудиторным фондом в СГУГиТ включает такие взаимосвязанные процессы, как управление на уровне вуза проектированием учебных планов, в том числе календарных учебных графиков, оптимизация учебных потоков и технологии составления расписания учебных занятий, регулирование коэффициента сменности учебных занятий, мониторинг загруженности аудиторного фонда, оценка эффективности использования аудиторного фонда, принятие решений по изменению / сохранению топологии аудиторного фонда.

Ежегодно на основании ФГОС ВО с учетом изменений в нормативных документах формируются общие для университета рекомендации по разработке учебных планов и календарных учебных графиков, в которых, в числе прочего, указываются: рекомендуемые параметры (объем, семестр, часы для проведения лекционных, практических, лабораторных занятий) для общих дисциплин, входящих в образовательные программы нескольких специальностей / направлений; периоды теоретического обучения в разрезе форм обучения.

Реализация рекомендаций в перспективе обеспечивает возможность формирования учебных потоков, оптимальных с точки зрения топологии аудиторного фонда.

Для формализации задачи оптимизации загруженности аудиторного фонда экспертным путем определяются кластеры аудиторий (по типу проводимых занятий, назначению и вместимости). Для каждого кластера используются алгоритм и математическая модель оптимизации потоков и определения коэффициента сменности, представленная в [17, 18]. Задача формулируется следующим образом: необходимо создавать потоки таким образом, чтобы размер и число потоков максимально соответствовали кластерам и количеству имеющихся аудиторий, не превышая его с учетом коэффициента сменности (задача целочисленного линейного программирования). Решение задачи позволяет определить минимально возможный коэффициент сменности для каждого кластера аудиторий. На основании полученных коэффициентов сменности для каждого кластера аудиторий по алгоритму и моделям, подробно описанным в [17, 18], определяются коэффициенты сменности учебных занятий для вуза в целом.

Типичными проблемами в процессе подготовительных работ и непосредственно составления расписания занятий, как правило, являются следующие:

- несогласованная работа кафедр и диспетчерской службы;

- зачастую — дублирование заявок на расписание или потеря актуальной информации;
- не всегда оценивается предварительная (прогнозная) загруженность аудиторий с учетом текущего контингента и имеющихся рабочих учебных планов, а также нагрузка ППС;
- отсутствие у кафедр полной информации об актуальной загруженности, топологии аудиторного фонда, о взаимозаменяемости аудиторий.

Наличие вышеперечисленных факторов может оказать негативное влияние на качество составления расписания учебных занятий.

Исходя из вышесказанного, к задачам совершенствования технологии составления расписания в СГУГиТ были отнесены:

- автоматизация паспортизации аудиторного фонда;
- автоматизация формирования заявок на расписание;
- автоматизация мониторинга прогнозной загруженности аудиторного фонда (в соответствии с информацией из заявок каждой кафедры на расписание);
- синхронизация информационных потоков системы 1С с функционирующими локальными системами;
- реализация соответствующих процессу элементов электронного документооборота, создание пользовательских интерфейсов для всех заинтересованных категорий пользователей;
- предоставление кафедрам и диспетчерской службе доступа к актуальной информации о загруженности аудиторного фонда, к электронным паспортам аудиторного фонда;
- обеспечение прозрачности основных этапов процесса (от составления заявок на расписание до размещения расписания учебных занятий на официальном сайте вуза) для всех заинтересованных категорий пользователей;
- автоматизация составления оперативных и статистических отчетов по загруженности и эффективности использования аудиторного фонда.

Общая схема системы управления аудиторным фондом СГУГиТ представлена на рисунке 1.

Для решения задачи управления аудиторным фондом, в том числе оптимизации технологии составления расписания учебных занятий, на базе используемой в СГУГиТ системы 1С были разработаны и внедрены следующие модули:

- «Анализатор учебных планов» (для сводного анализа по всем учебным планам вуза на учебный год параметров распределения дисциплин, календарных учебных графиков);
- «Формирование заявок на расписание учебных занятий» (кафедры вносят информацию о закреплении за дисциплинами преподавателей и аудиторий, интерфейс представлен на рисунках 2 и 3);
- «Индивидуальная нагрузка ППС»;

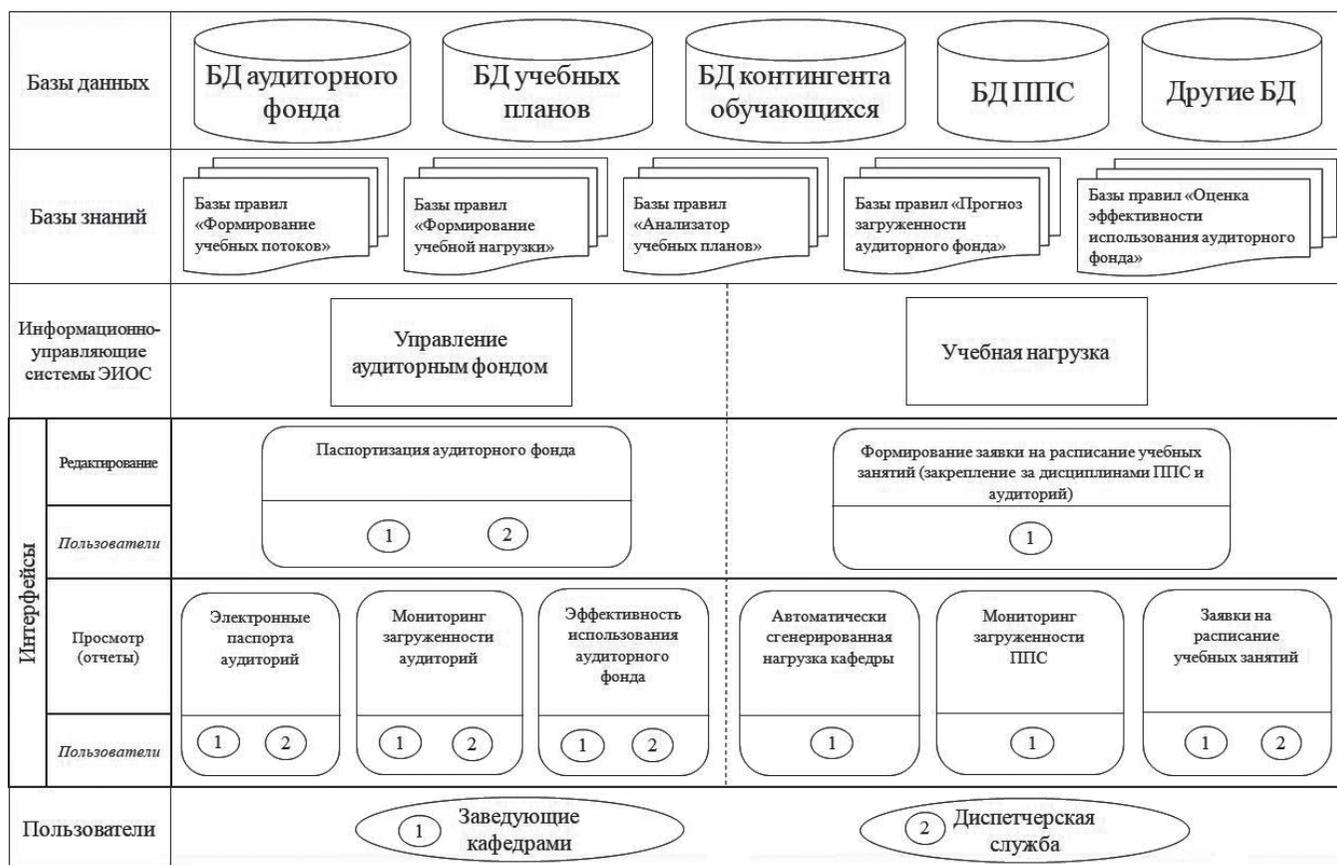


Рис. 1. Схема автоматизации управления аудиторным фондом СГУГиТ
 Fig. 1. Automation scheme for managing the SSUGT classroom fund

- «Мониторинг прогнозной загрузки аудиторного фонда» (интерфейс представлен на рисунке 4, дает возможность кафедрам и диспетчеру еще на этапе составления заявок на расписание учебных занятий автоматически контролировать допустимую степень загрузки конкретных аудиторий и преподавателей. На уровне одной кафедры это контролировать невозможно, так как аудиторный фонд является общим для всех кафедр и учебных подразделений, преподаватели также могут быть задействованы на нескольких кафедрах);
- «Паспортизация аудиторного фонда» (интерфейс представлен на рисунке 5, содержит основные характеристики аудиторий: тип, вместимость, наличие лабораторного оборудования и др.).

4. Выводы

Система управления аудиторными ресурсами внедрена и успешно используется в СГУГиТ с 2020 года, при этом она постоянно дорабатывается и совершенствуется.

Основные отличительные особенности автоматизации управления аудиторными ресурсами в СГУГиТ:

- полная интеграция с ЭИОС СГУГиТ, использование единых баз данных и баз знаний, что исключает возможность дублирования данных, введения ошибочных данных;
- наличие функции анализатора учебных планов, позволяющего управлять проектированием учебных планов на уровне вуза с целью систематизации и оптимизации элементов, влияющих в перспективе на возможность формирования учебных потоков;
- создание пользовательских интерфейсов с разграничением прав доступа для всех заинтересованных категорий пользователей, реализация соответствующих процессу элементов электронного документооборота, что исключает возможность потери и (или) дублирования информации, обеспечивает сохранность и защиту информации;
- автоматизированное формирование заявок на расписание по кафедрам путем импорта информации об учебной нагрузке кафедр, автоматизированный ввод в заявку данных на расписание аудиторий, соответствующих конкретной дисциплине и виду работ, что также исключает всевозможные искажения и (или) потери информации о преподавателях и аудиториях;

ТС:Предприятие - СГУГиТ

Файл Правка Операции Справочники Документы Отчеты Обработки УчебныйОтдел НИР Портфолио Сервис Окна Справка

Студенты Специальности Заявление студента ППР Справка Рассылка по университету Сотрудники Приказы прочие ЦПГ НИР Учетные записи электронной почты

Учебная нагрузка по кафедре: Проведен

Операция Действия

Номер: 0000000094 от: 22.09.2021 15:29:20 Институ...

Кафедра: Кафедра ин...

Форма обучения: Очная Доп ФО: Без объединен... Филиал для проч...

Передано на кафедру Отправлено кафедрой четн... Отправлено кафедрой нечетн...

Заполнить дисциплины Рассчитать Заполнить виды работ Очистить Обновить кол студ Рассчитать (все в договор)

N	Дисциплина	Кол пот.	Ча без	Курс Семестр	Специальность Филиал	ФО	Чис По...	Числ Из н...	Неде ЛекЧ
1	CREDO-технологии для решения геодезических задач			2	Прикладная геодезия		2	31	18,00
2	Автоматизация топографо-геодезических работ			3	Геодезия и дистанционное зондирование	Очная	2	37	13,00
3	Автоматизированные методы инженерно-геодезических работ			4	Прикладная геодезия	Очная	2	35	16,00
4	Автоматизированные методы инженерно-геодезических работ			5	Прикладная геодезия	Очная	2	24	16,00
5	Аэрология горных предприятий			5	Горное дело	Очная	2	28	15,00
6	Аэрология горных предприятий			5	Горное дело	Очная	2	5	30
7	Безопасность ведения горных работ и горно-спасательное дело			6	Горное дело	Очная	2	4	33
8	Безопасность ведения горных работ и горно-спасательное дело			5	Горное дело	Очная	2	5	30

Общее Поток лекции

Заполнить Очистить Раскопировать Заполнить все Заполнить сотр из док

N	Вид работы	Сотрудник	Гру...	Подг...	Часы	Час...	Час...	Кол...	Кол...	Коммент...	A...	Форма
142	Чтение лекций				18,0...	17,4...	0,581	30	1			Очная
143	Проведение лабо...		ПГ...	Подг...	36,0...	33,6...	2,400	14	1			Очная
144	Прием зачетов пе...		ПГ...	Подг...	2,250	2,100	0,150	14	1			Очная
145	Прием РГЗ		ПГ...	Подг...	4,500	4,200	0,300	14	1			Очная
146	Проведение лабо...		ПГ...	Подг...	36,0...	36,0...		16				Очная
147	Прием зачетов пе...		ПГ...	Подг...	2,400	2,400		16				Очная
148	Прием РГЗ		ПГ...	Подг...	4,800	4,800		16				Очная

Выбор аудиторий

N	Аудитория
1	Корпус Главный, этаж 3 № 304
2	Корпус Главный, этаж 3 № 306
3	Корпус Главный, этаж 3 № 316

Рис. 2. Интерфейс заполнения заявки на расписание с возможностью выбора аудиторий

Fig. 2. Interface for filling out a schedule request with the option of selecting classrooms

Заявка на Расписание по Семестрам

Заявка на расписание по кафедре "Кафедра космической и физической геодезии" № 0000000177 от 17.09.2020
 Форма обучения: Очная, Институт: , Дата изменения: 01.09.2020 18:12:44

№	Дисциплина	Семестр	Группа	подгруппа	Число студентов	Неделя	Форма отчетности	Лекции	Практики	Лабораторные	Курсовые работы	Экзамен	Сотрудник	Аудитория	Комментарий
1	Автоматизированный мониторинг уникальных объектов	1	МГ-21		12			15				Г	Корпус Лабораторный, этаж 5 № 539	исключить вторник (совет)	
2	Автоматизированный мониторинг уникальных объектов	3	МГ-21		12	15	Экзамен		30			Г	Корпус Лабораторный, этаж 5 № 538; Корпус Лабораторный, этаж 5 № 539		
3	Астрономия	1	БГД-11; БГД-12; БГ-11; БГ-12		83			34				Г	Корпус Лабораторный, этаж 3 № 344; Корпус Лабораторный, этаж 4 № 430		
4	Астрономия	1	БГД-12		20	17	Экзамен		34			Г	Корпус Лабораторный, этаж П № 41		

Рис. 3. Электронная заявка на расписание

Fig. 3. Electronic schedule request

отчеты по Учебной нагрузке по кафедре

ИП ППС Развернуто ИП ППС Нагрузка ППС Сводная по ППС

Период ... 01.09.2021 п... 31.08.2022 Институт... ИГИМ

Сотрудник

Сводная ППС

Учебный год 01.09.2021-31.08.2022
Институт ИГИМ
Кафедра Кафедра высшей математики

ФИО ППС	Кафедра	КОЛ-ВО	К-во часов	К-во часов
		часов	чет. сем.	всего
		нечет. сем.		
Га...	Кафедра высшей математики	810		24,5
	Кафедра высшей математики	70		7,5
	Кафедра высшей математики	9		5
	Кафедра высшей математики	5		8
По...	Кафедра высшей математики	279		12,95

Рис. 4. Мониторинг средней загруженности аудиторного фонда и преподавателей
Fig. 4. Monitoring the average occupancy of the classroom fund and teachers' workload

Наименов.	Этаж	Номер	Тип ко.	Общая пл.	Высота п.	Кол ра.	Площадь	Лекции	Прект.	Лабор.	Кол ко.	Мульт.	Поточ.	Экран	Прок.	Институт	Кафедра	Код	СРС	№	Др.	Дата	Посл.	Зан.	
Корпус Главн.	2	201	48	Главн.	52,5	3,30	19	2,1	✓	✓	14	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	202	49	Главн.	131,6	6,90	130	1,0	✓	✓	8	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	205	54	Главн.	43,1	3,30	16	2,7	✓	✓	8	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	206	55	Главн.	41,9	3,30	34	1,2	✓	✓	6	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	207	56	Главн.	41,1	3,30	25		✓	✓	8	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	208	58	Главн.	20,9	3,30	15	1,4	✓	✓		✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	212	66	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	12	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	213	67	Главн.	41,9	3,30	22	1,8	✓	✓	10	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	215	69	Главн.	43,0	3,30	23	1,9	✓	✓	9	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	217	71	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	218	72	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	219	73	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	220	74	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	221	75	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	222	76	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	223	77	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	224	78	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	225	79	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	226	80	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	227	81	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	228	82	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	229	83	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	230	84	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	231	85	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	232	86	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	233	87	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	234	88	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	235	89	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	236	90	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	237	91	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	238	92	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	239	93	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	240	94	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	241	95	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	242	96	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	243	97	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	244	98	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	245	99	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								
Корпус Главн.	2	246	100	Главн.	42,7	3,30	23	1,8	✓	✓	11	✓	✓	✓	✓	ИГИМ	Кафедра								

Аудиторный фонд. Корпус Главный, этаж 3 № 301

Родитель: Код: 000000021

Наименование: Корпус Главный, этаж 3 № 301

Этаж: 3 Номер аудитории вуза: 301 Номер аудитории по БТИ: 4

Полное наименование: Компьютерный лингвистический кабинет

Тип корпуса: Главный Общая площадь: 52,9 Высота помещения: 3,30

Кол рабочих мест: 25 Площадь на одного учащегося: 2,1 Кол компьютеров: 13

Институт: ИГИМ Кафедра: Кафедра языковой подготовки и межкультурных коммуникаций

Програмное обеспечение: OpenOffice 4 - в св доступе, беспрочно
Microsoft Windows 10

Дата составлени: 12.04.2022

Лекции Практики Лабораторные Мультимедийная Поточная Экран Проектор СРС

Раб место студента Раб место преподавателя Иная мебель Технические средства Подписи

N	Наименование	Количество	Описание
1	Стул ученический	1	
2	Стул ученический	25	
3	Стул компьютерный	12	

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
нашего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»

ПАСПОРТ аудитории № 301

адрес: ул. Плахотного, д. 10, Главный, этаж 3, № 301, № по ТП 4
(улица, дом, этаж, № пом., комн. по техн. паспорту)

институт, кафедра: ИГИМ, кафедра языковой подготовки и межкультурных коммуникаций

Общие сведения об аудитории

№	Оборудование	Количество
1.	Общая площадь (кв.м.)	52,9
2.	Высота помещения (м.)	3,3
3.	Количество рабочих мест	25
4.	Площадь на 1 обучающегося (кв.м.)	2,1
5.	Учебная аудитория предназначена для проведения учебных занятий	Л, ПЗ, ЛПЗ

Оборудование аудитории

№	Оборудование	Количество
1.	Рабочие места студентов	
1	Стул ученический	1
2	Стул ученический	25
3	Стул компьютерный	12
2.	Рабочее место преподавателя	
1	Стул преподавательский	1
2	Стул преподавательский	1
3.	Технические средства обучения	

Рис. 5. Паспортизация аудиторного фонда
Fig. 5. Classroom fund profiling

- на этапе формирования заявок на расписание предоставление кафедрам и диспетчерской службе доступа:
 - с целью информации об аудиторном фонде — к электронным паспортам аудиторий;
 - с целью контроля допустимой недельной загрузки — к актуальной информации

о планируемой загруженности аудиторного фонда по вузу, к информации о индивидуальной загруженности преподавателей, что повышает качество оформления заявок, исключает недельную перегруженность аудиторий или преподавателей перед этапом составления расписания учебных занятий.

Технологии и модели управления аудиторными ресурсами, описанные в статье, могут быть адаптированы и использованы при совершенствовании и (или) модернизации систем управления аудиторными ресурсами в других организациях образования.

Список источников / References

1. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726>

[Decree of the President of the Russian Federation dated July 21, 2020 No. 474 "On the national development goals of the Russian Federation for the period up to 2030" (In Russian.) Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726>]

2. Обухов А. С., Томила М. В. Развитие цифровых образовательных технологий в России до пандемии: история и особенности индустрии EdTech. *Информатика и образование*. 2021;36(8):52–61. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-8-52-61

[Obukhov A. S., Tomilina M. V. The development of digital educational technologies in Russia before the pandemic: History and peculiarities of the EdTech industry. *Informatika and Education*. 2021;36(8):52–61. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-8-52-61]

3. Гаврильева А. А., Кычкина А. Е. Создание современной информационно-образовательной среды на основе модели «1С». *Информатика в школе*. 2019;146(3):8–11. DOI: 10.32517/2221-1993-2019-18-3-8-11

[Gavrileva A. A., Kichkina A. E. Creating modern information educational environment based on the digital school model implemented with 1C solutions. *Informatika in School*. 2019;146(3):8–11. (In Russian.) DOI: 10.32517/2221-1993-2019-18-3-8-11]

4. Sabitov R., Smirnova G., Sabitov S., Elizarova N., Korobkova E. Planning, building and development distributed integrated blended education ecosystem at different levels. *Proceedings of the 4th International Conference on Informatization of Education and E-learning Methodology: Digital Technologies in Education (IEELM-DTE 2020)*. Krasnoyarsk; 2020;(2770):79–86. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45072043>

5. Karakozov S., Smotryaeva K., Litvinenko M., Ryzhova N., Koroleva N. Complex network models used to make decisions on optimizing regional education systems. *Proceedings of the 4th International Conference on Informatization of Education and E-learning Methodology: Digital Technologies in Education (IEELM-DTE 2020)*. Krasnoyarsk; 2020;(2770):28–33. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45071493>

6. Троян И. А., Кравченко Л. А. Современная парадигма и модернизационные компоненты высшего образования. *Образование и саморазвитие*. 2021;16(3):110–114. DOI: 10.26907/esd.16.3.10

[Trojan L. A., Kravchenko L. A. The modern paradigm and components for the modernization of higher education. *Education and SelfDevelopment*. 2021;16(3):110–114. (In Russian.) DOI: 10.26907/esd.16.3.10

7. Сеньковская А. А. Математическое моделирование и методы оптимизации учебного процесса вуза (на примере задач формирования рабочих учебных планов). Автореф. дис. ... канд. тех. наук. Омск; 2021. 154 с. Режим доступа: <https://www.dissertcat.com/content/matematicheskoe-modelirovanie-i-metody-optimizatsii-uchebnogo-protsessa-vuza-na-primere-zada>

[Senkovskaya A. A. Mathematical modeling and methods for optimizing the educational process of the university

(on the example of the tasks of forming working curricula). Candidate of Sciences (Technical). Omsk; 2021. 154 p. (In Russian.) Available at: <https://www.dissertcat.com/content/matematicheskoe-modelirovanie-i-metody-optimizatsii-uchebnogo-protsessa-vuza-na-primere-zada>]

8. Jinjakam C., Phothong P., Pearodwong P., Hongsuwan T. Classroom allocation system with user experience design. *2021 IEEE 7th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST)*. 2021:190–193, DOI: 10.1109/ICEAST52143.2021.9426279

9. Space and furniture planning guidelines. Developed by Department of Capital Planning and Space Management. *Stanford University*, 2009. 96 p. Available at: https://vpasp.berkeley.edu/sites/default/files/stanford_space_guidelines.pdf

10. Бухарин Н. А., Пупенцова С. В. Оценка эффективности использования недвижимости образовательного учреждения. *Университетское управление: практика и анализ*. 2016;104(4):103–110. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27338756>

[Bukharin N. A., Pupentsova S. V. Evaluating the effectiveness of using real estate assets of the educational institution. *University Management: Practice and Analysis*. 2016;104(4):103–110. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27338756>]

11. Mtonga K., Twahirwa E., Kumaran S., Jayavel K. Modelling classroom space allocation at University of Rwanda — A linear programming approach. *Applications and Applied Mathematics: An International Journal (AAM)*. 2021;16(1):724–738. Available at: <https://digitalcommons.pvamu.edu/aam/vol16/iss1/40>

12. Frimpong F. O., Owusu A. Allocation of classroom space using linear programming (A case study: Premier Nurses Training College, Kumasi). *Journal of Economics and Sustainable Development*. 2015;6(2):12–19. Available at: <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JEDS/article/view/19361>

13. Брызгалов А. В. Информационная система учета аудиторного фонда учебного заведения. *Успехи современного естествознания*. 2009;(9):157–157. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12928267>

[Brizgalov A.V. Information system for accounting for the classroom fund of an educational institution. *Advances in Current Natural Sciences*. 2009;(9):157–157. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12928267>]

14. Сорочинский М. А., Иванов И. П. Система бронирования аудиторий как часть электронной образовательной среды вуза. *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*. 2017;(10):17–27. DOI: 10.24422/MCITO.2017.10.7765

[Sorochinskiy M. A., Ivanov I. P. Classroom reserving system as part of electronic educational environment of the University. *Scientific and Methodological Electronic Journal Concept*. 2017;(10):17–27. (In Russian.) DOI: 10.24422/MCITO.2017.10.7765]

15. Гусева Н. Ю., Кашаев С. М. Использование Microsoft Excel и VBA для составления расписания занятий и управления аудиторным фондом в учебных заведениях. *Проблемы современной экономики (Новосибирск)*. 2010;(2-2):328–333. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20586479>

[Guseva N. Yu., Kashaev S. M. Using Microsoft Excel and VBA to schedule classes and manage the classroom fund in educational institutions. *Problems of Modern Economics (Novosibirsk)*. 2010;(2-2):328–333. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20586479>]

16. Пахаренко Н. В., Кулеш В. В. Автоматизация деятельности диспетчера учебного отдела. *Материалы VII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум»*. Саратов: Академия есте-

ствознания, 2015. Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015017848>

[Paharenko N. V., Kulesh V. V. Automation of the activity of the dispatcher of the training department. *Materials of the VII International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum"*. Saratov, Academy of Natural Science; 2015. (In Russian.) Available at: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015017848>]

17. Мутанов Г. М., Шевчук Е. В., Шпак А. В. Система поддержки принятия решений по распределению аудиторного фонда вуза. Астана: Фолиант; 2008. 200 с.

[Mutanov G. M., Shevchuk E. V., Shpak A. V. Decision support system for the distribution of the university's classroom fund. Astana, Foliant; 2008. 200 p. (In Russian.)]

18. Шевчук Е. В., Шпак А. В. Опыт автоматизации управления аудиторными ресурсами. *Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании. Материалы V Международной научной конференции*. В 2 ч.: под общ. ред. М. В. Носкова. Ч. 2. Красноярск, 2021:380–384. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46644774&pf=1>

[Shevchuk E. V., Shpak A. V. Experience of automation management of the classroom resources. *Informatization of Education and Methods of E-learning: Digital Technologies in Education. Materials of the V International Scientific Conference*. In 2 parts. P. 2. Under the general editorship of M. V. Noskov. Krasnoyarsk; 2021:380–384. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46644774&pf=1>]

19. Карпик А. П. Современные концептуальные подходы к качеству образования. *Актуальные вопросы образования. Современные тенденции повышения качества непрерывного образования. Междунар. науч.-метод. конф.: сб. материалов в 3 ч. Ч. 1*. Новосибирск: СГУГиТ; 2016:3–4. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30735213>

[Karpik A. P. Modern conceptual approaches to the quality of education. *Modern Trends in Improving the Quality of Continuing Education. International scientific method. conf.: Collection of materials at 3 parts*. P. 1. Novosibirsk: SGUGT; 2016:3–4. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30735213>]

20. Середович С. В., Горобцова О. В. Электронная информационно-образовательная среда — драйвер качества образования. *Актуальные вопросы образования. Современные тренды непрерывного образования в России. Междунар. науч.-метод. конф.: сб. материалов в 3 ч. Ч. 1*. Новосибирск: СГУГиТ; 2019:3–8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40819808>

[Seredovich S. V., Gorobtsova O. V. Electronic information and educational environment – driver of education quality. *Current issues of education. Modern trends of continuing education in Russia. International scientific method. conf.: collection of materials at 3 parts*. P. 1. Novosibirsk, SGUGIT; 2019:3–8. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40819808>]

21. Воронин Д. М., Киселева И. В., Воронина Е. Г. Основные тренды в системе образования. *Проблемы современного педагогического образования*. 2020;(69-1):126–129. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44626088>

[Voronin D. M., Kiseleva I. V., Voronina E. G. Main trends in the education system. *Problems of Modern Pedagogical*

Education. 2020;(69-1):126–129. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44626088>]

22. Шевчук Е. В., Шпак А. В. Опыт создания и внедрения информационно-управляющей образовательной среды в вузе и особенности ее адаптации в лицее. *Информатика и образование*. 2019;34(2):47–55. DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-2-47-55

[Shevchuk E. V., Shpak A. V. Experience of creating and implementing information-managing educational environment at university and features of its adaptation at Lyceum. *Informatics and Education*. 2019;34(2):47–55. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2019-34-2-47-55]

23. Постановление главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 30.06.2020 № 16 «Об утверждении санитарно-эпидемиологических правил СП 3.1/2.4.3598-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации работы образовательных организаций и других объектов социальной инфраструктуры для детей и молодежи в условиях распространения новой коронавирусной инфекции (COVID-19)». Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007030021?index=0&rangeSize=1>

[Decree of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation dated June 30, 2020 No. 16 “On approval of the sanitary and epidemiological rules SP 3.1/2.4.3598-20 “Sanitary and epidemiological requirements for the arrangement, maintenance and organization of the work of educational organizations and other social infrastructure facilities for children and youth in the context of the spread of a new coronavirus infection (COVID-19)”. (In Russian.) Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007030021?index=0&rangeSize=1>]

Информация об авторах

Шевчук Елена Владимировна, канд. тех. наук, доцент, директор департамента образования, Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-1206-3960>; *e-mail*: evshevch@mail.ru

Шпак Андрей Владимирович, канд. тех. наук, доцент, заведующий научно-технической библиотекой, Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-1744-3214>; *e-mail*: andrey.v.shpak@gmail.com

Information about the authors

Elena V. Shevchuk, Candidate of Sciences (Engineering), Docent, Director of the Education Department, Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-1206-3960>; *e-mail*: evshevch@mail.ru

Andrei V. Shpak, Candidate of Sciences (Engineering), Docent, Head of the Scientific and Technical Library, Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-1744-3214>; *e-mail*: andrey.v.shpak@gmail.com

Поступила в редакцию / Received: 23.08.2022.

Поступила после рецензирования / Revised: 12.09.2022.

Принята к печати / Accepted: 13.09.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-26-37

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ О ВАКАНСИЯХ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ АКТУАЛЬНЫХ ПОТРЕБНОСТЕЙ РЫНКА ТРУДА

Ю. А. Морозова¹ ✉¹ *Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия*✉ yumorozova@hse.ru

Аннотация

В результате процессов цифровизации производства и перехода на новые технологии на рынке труда изменяются требования к навыкам и умениям специалистов. Наличие рабочей силы требуемой квалификации критически важно для стимулирования экономического роста. В октябре 2021 года Правительством Российской Федерации был утвержден федеральный проект «Развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли» в составе национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», который реализуется в рамках перечня инициатив социально-экономического развития Российской Федерации до 2030 года. В условиях изменяющихся технологических трендов одной из основных становится задача своевременной адаптации образовательных программ высших учебных заведений к подготовке специалистов, соответствующих потребностям рынка труда. В статье предлагается инструментальный интеллектуальный анализ данных о вакансиях для выявления актуальных навыков и умений, требуемых на рынке труда. На примере рынка ИТ-труда на основе данных, собранных из сервиса hh.ru, были проанализированы ключевые навыки, указанные в размещенных на сайте вакансиях, а также выполнена кластеризация вакансий. Предложенный подход может использоваться на регулярной основе образовательными учреждениями для актуализации учебных планов образовательных программ.

Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных, рынок труда, вакансии, навыки ИТ-специалистов, образование.

Для цитирования:

Морозова Ю. А. Интеллектуальный анализ данных о вакансиях для выявления актуальных потребностей рынка труда. *Информатика и образование*. 2022;37(5):26–37. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-26-37

DATA MINING OF VACANCY DATA TO IDENTIFY THE CURRENT LABOR MARKET NEEDS

Yu. A. Morozova¹ ✉¹ *National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia*✉ yumorozova@hse.ru

Abstract

As a result of manufacturing digitization and the transition to new technologies, the labor market requirements for specialists' skills and abilities are changing. Employing an appropriately qualified workforce is critical to stimulating economic growth. In October 2021, the federal project "Development of the IT industry human resources" of the national program "Digital Economy of the Russian Federation" was approved by the Government of Russia. The project is being implemented as part of the list of initiatives for the socio-economic development of the Russian Federation until 2030. In the context of changing technological trends, it is crucial to adapt the educational programs of higher educational institutions in timely manner to ensure training of such specialists who meet the demands of the labor market. The article proposes a data mining toolkit to analyze vacancy data in order to identify relevant skills and abilities required in the labor market. Based on the IT labor market data collected from the hh.ru service, I analyzed the key skills indicated in the vacancies posted on the site. Additionally, vacancy clustering was performed. Educational institutions can regularly use the suggested approach to update educational program curricula.

Keywords: data mining, labor market, vacancies, IT skills, education.

For citation:

Morozova Yu. A. Data mining of vacancy data to identify the current labor market needs. *Informatics and Education*. 2022;37(5):26–37. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-26-37

1. Введение

Область информационных технологий в настоящее время является самой быстрорастущей. Каждый год в ней возникают новые направления, технологии и, соответственно, рабочие места. Но, несмотря на доступность множества различных онлайн-курсов, публикаций и образовательных программ, позволяющих повысить свою квалификацию, рынок ИТ-труда страдает от нехватки специалистов.

Новые должности требуют знания не только новых технологий, но и основ профессии. Проблема в том, что краткосрочные курсы направлены на предоставление дополнительного образования, в них практически не уделяется внимания основам и смежным дисциплинам. В то же время колледжи и университеты сталкиваются с другой проблемой: они не успевают вовремя меняться, чтобы соответствовать потребностям рынка [1]. Кризис, вызванный пандемией и сложной политической ситуацией, нанес ущерб российской экономике, но также он стимулировал развитие рынка ИТ-услуг [2]. Возникают новые деловые инициативы, реализуются организационные изменения и открываются новые возможности для роста. Все эти факторы обуславливают актуальность проблемы мониторинга ситуации на рынке труда и потребность в инструментах, позволяющих на основе анализа больших данных отслеживать изменения потребностей в специалистах.

Попытки исследовать изменения на рынке труда, выявить актуальные требования к квалификации работников, классифицировать появляющиеся профессии время от времени предпринимались исследователями в разных странах, но они носят нерегулярный характер [3–8].

В последние десятилетия интернет (веб-ресурсы) стал важной частью процессов найма и поиска работы [9]. Онлайн-порталы, которые собирают вакансии в интернете, стали для бизнеса и лиц, ищущих работу, важным источником информации о спросе и предложении, а также инструментом для подбора персонала инновационными способами. Кроме того, эти ресурсы открывают новые области исследований со значительным потенциалом для решения широкого круга задач, особенно тех, которые связаны с использованием новых источников данных и аналитических методов для изучения рынка труда. Огромное количество вакансий, доступных в настоящее время на онлайн-порталах, позволяет получить точную и подробную информацию о динамике и тенденциях рынка труда в интернете [10]. Это указывает на то, что веб-источники могут быть хорошей базой данных для анализа вакансий.

Ряд исследований был посвящен анализу объявлений о вакансиях. Более ранние работы главным образом основывались на печатных объявлениях о вакансиях [11–13], в недавних анализируются онлайн-вакансии. В работах [14, 15] авторы исследуют компетенции, требуемые от работников в Словакии, Чешской Республике, Дании и Ирландии для низ-

коквалифицированных и среднеквалифицированных профессий в различных секторах. Сравнивается спрос на формальную квалификацию, когнитивные и некогнитивные навыки. В работе [16] используется выборка вакансий для профессий средней квалификации, полученная из журнала *Burning Glass*, для изучения явления повышения требований к квалификации во время Великой рецессии в США. Авторы [17] на основе выборки из 2 млн объявлений о вакансиях, опубликованных в интернете, оценивают, какие образовательные, профессиональные и другие требования наиболее часто предъявляются американскими работодателями.

По сравнению с традиционными источниками веб-данные подробнее и предоставляют информацию, которая, возможно, ранее была недоступна. Онлайн-источники также позволяют исследователям собирать более крупные и разнообразные наборы данных. Другим преимуществом является гибкий, быстрый, простой и дешевый процесс сбора данных. Тем не менее существуют некоторые ограничения в отношении онлайн-данных о вакансиях, которые исследователи должны учитывать [15, 18]. Во-первых, не обо всех вакансиях информация публикуется открыто и не все вакансии соответствуют реальным должностям. Некоторые ведущие компании предпочитают подбирать кандидатов на ключевые должности посредством частных связей и рекомендаций. Более того, исследователи [18] пришли к выводу, что онлайн-объявления о вакансиях в основном ориентированы на высококвалифицированных кандидатов, ищущих должности «белых воротничков», а также на специалистов высокого уровня в области науки, технологии, инженерии и математики. Однако для нашего исследования, результаты которого ориентированы на высшие учебные заведения, это не является ограничением.

При анализе вакансий применяются как статистические методы, так и методы машинного обучения, обработки естественного языка (NLP – Natural Language Processing) [19–21]. В частности, методы интеллектуального анализа текстов были использованы для определения ландшафта знаний, необходимых организациям индустрии 4.0, в исследовании [22]. Авторам удалось выявить две группы профилей вакансий: ориентированные исключительно на индустрию 4.0 и ориентированные на менеджмент и информатику.

Алгоритм кластеризации вакансий на основе требований к навыкам применен в работе [23]. В результате обработки порядка 3 млн объявлений с сервиса *hh.ru* удалось выявить 15 кластеров вакансий, включая маркетинг, техническое обеспечение, большие данные, программное обеспечение, администрирование, безопасность, веб-дизайн, инженерия, аналитика, «мягкие» навыки (*soft skills*), менеджмент, тестирование, ERP (*enterprise resource planning*).

Целью данной статьи является выработка общего подхода к анализу данных о вакансиях для мониторинга и отслеживания изменений на рынке труда,

выявления актуальных профессий и квалификационных требований в целях обеспечения своевременной адаптации учебных планов образовательных программ высших учебных заведений.

2. Методы

2.1. Набор данных

В качестве источника данных для исследования был выбран популярный сервис для поиска работы в России HeadHunter (hh.ru). HeadHunter предоставляет API (Application Programming Interface) для получения вакансий и подробную документацию по API, что позволяет легко собирать необходимые данные в автоматическом режиме.

Для сбора данных были выбраны следующие параметры: идентификатор вакансии, имя работодателя, название вакансии, оклад или диапазон оклада, требуемый опыт, тип графика работы, теги навыков, описание вакансии, область вакансии, профессиональные роли вакансии, специализация вакансии, профессиональная область вакансии, время публикации вакансии.

Сбор и анализ данных осуществлялись с использованием языка программирования Python. Для работы с запросами API использовался пакет Python «Requests». Для анализа данных использовался пакет Python «Pandas». Пакет Python «Re» использовался для очистки данных из HTML-тегов.

В результате процедуры сбора данных с сайта hh.ru были загружены все вакансии в области информационных технологий в Москве и Санкт-Петербурге за период с 25.10.2021 года по 02.12.2021 года. В выборке содержится информация о 47 330 уникальных вакансиях. Все зарплаты в валютах, отличных от рубля, были пересчитаны в рубли по курсу Центрального банка России на 02.12.2021 г.

2.2. Методы анализа данных о вакансиях

Первым шагом исследования вакансий является разведочный анализ, цель которого — быстро определить основные характеристики вакансий, востребованных на рынке труда:

- список работодателей, вакансии которых наиболее часто встречаются в выборке;
- наименования вакансий, которые наиболее часто встречаются в выборке;
- распределение вакансий по заявленным графикам работы;
- распределение вакансий по требуемому опыту работы;
- средний разброс предлагаемого размера заработной платы для каждой должности;
- список наиболее востребованных работодателями навыков;
- наиболее востребованные навыки для каждой должности.

Наименования одной и той же должности в объявлениях о вакансиях могут иметь разные написа-

ния, поэтому результаты разведочного анализа имеют ограничения. Поскольку количество уникальных наименований довольно велико, при отборе самых популярных из них из результатов анализа исключаются редкие наименования должностей, а это большая часть выборки. Возникает задача кластеризации вакансий, т. е. определения типового набора должностей с характерным набором требуемых навыков.

В данной статье предлагается кластеризация вакансий на основе матрицы частоты терминов (term frequency matrix), составленной из слов наименования должности и требуемых навыков. Предобработка и подготовка набора данных для кластеризации включала следующие операции:

- удаление служебных знаков и знаков пунктуации (пакет Python «Re»);
- токенизация по отдельным словам (пакет Python «Razdel»);
- лемматизация (пакет Python «Pymorphy2»);
- удаление стоп-слов на английском и русских языках (пакет Python «Stop_words»);
- перевод всех терминов на английский язык, поскольку в объявлениях присутствуют наименования и на русском, и на английском языке (пакет Python «Googletrans»);
- преобразование вектора строк терминов в матрицу частот терминов (пакет Python «Scikit-learn»);
- фильтрация терминов, которые встречаются реже, чем в десяти вакансиях;
- фильтрация вакансий, в характеристиках которых после всех преобразований оказалось менее трех терминов.

Для определения количества кластеров использовались «метод локтя» (elbow method) и средний балл силуэта (silhouette method).

Для кластеризации были опробованы методы KMeans, Agglomerative Clustering, OPTICS, BisectingKMeans библиотеки Python «Scikit-learn». По критериям качества и скорости кластеризации был выбран KMeans.

3. Результаты

3.1. Разведочный анализ данных о вакансиях

В анализируемой выборке количество уникальных работодателей, предлагающих вакансии в сфере информационных технологий, составило 10 408, но среди них выделились лидеры по количеству вакансий — «Сбербанк», Ozon, «Яндекс», МТС, VK (табл. 1), из чего можно сделать вывод, что именно эти компании диктуют требования к специалистам на рынке и задают тренд. Доля вакансий, приходящаяся на 30 компаний-лидеров по количеству вакансий, составляет 16,7 % от общего числа вакансий в выборке.

Распределение вакансий по опыту работы (табл. 2) показывает, что около 60 % вакансий ориентировано на молодых специалистов, из них 10,8 % вакансий не требует опыта. Это можно объяснить быстро меняющимися требованиями и появлением

Таблица 1 / Table 1

Список работодателей, вакансии которых наиболее часто встречаются в выборке
List of employers whose vacancies are the most frequent in the sample

Работодатель	Количество объявлений о вакансиях
«Сбербанк»	1491
Ozon	718
«Яндекс»	469
МТС	446
VK	368
«Газпром нефть»	347
«Билайн»	299
JCat.ru	287
«Иннотех», группа компаний	282
Банк ВТБ (ПАО)	263
«Тинькофф»	247
«Лига Цифровой Экономики»	204
ЛАНИТ	187
«Лаборатория Касперского»	172
ANCOR	169
JetBrains	166
«Газпром-медиа. Развлекательное телевидение» (ГПМ РТВ)	159
«Альфа-Банк»	150
«Ростелеком»	142
Skyeng	137
Bell Integrator	137
Selecty	133
«ЭР-Телеком»	132
«Газпромбанк»	131
ИК СИБИНТЕК	124
РОСБАНК, Societe Generale Group (Russia)	118
«Первый Бит»	115
LLC FINTERNA	114
КРОК	112
DINS	108

Таблица 2 / Table 2

Распределение вакансий по опыту работы
Distribution of vacancies by work experience

Опыт работы	Процент объявлений о вакансиях
От одного года до трех лет	49,5
От трех до шести лет	36,4
Нет опыта	10,8
Более шести лет	3,3

новых технологий. Только в 3,3 % вакансий требуется опыт более шести лет.

По распределению вакансий по типам графиков работы (табл. 3) видно, что по-прежнему большая часть вакансий ориентирована на полный рабочий день (69,7 %), однако высокий процент вакансий предполагает и удаленную работу (22,9 %).

Список наиболее популярных вакансий (табл. 4) условный, так как в нем не учитывается разное написание одной и той же позиции. Но, как будет видно из последующего кластерного анализа, список дает адекватное представление о спектре востребованных на рынке позиций. Наиболее популярные позиции — системный администратор, программист 1С, системный аналитик, аналитик, бизнес-аналитик.

В пятерке наиболее часто встречающихся требований (табл. 5) — знание SQL, английского языка, Git, Python, Linux. При этом можно отметить, что среди требований можно встретить и знание определенных технологий (hard skills), и «мягкие» навыки (soft skills), такие как управление проектами, работа в команде, грамотная речь, аналитическое мышление.

Средний диапазон заработной платы для наиболее популярных наименований вакансий (табл. 6) рассчитан на основе данных тех вакансий, в которых он указан. Высокая заработная плата, предлагаемая в вакансии, может говорить о высоких требованиях к специалисту, а также о нехватке специалистов требуемой квалификации на рынке.

Таблица 3 / Table 3

Распределение вакансий по типам графиков работы
Distribution of vacancies by types of work schedules

График работы	Процент объявлений о вакансиях
Полный день	69,7
Удаленная работа	22,9
Гибкий график	5,4
Сменный график	1,8
Вахтовый метод	0,2

Таблица 4 / Table 4

**Список наименований вакансий,
наиболее часто встречающихся в выборке**
List of job titles most frequently found in the sample

Наименование должности	Количество объявлений о вакансиях
Системный администратор	593
Программист 1С	533
Системный аналитик	515
Аналитик	267
Бизнес-аналитик	240
Специалист технической поддержки	237
Frontend-разработчик	196
Модератор (удаленно)	194
Java-разработчик	179
Технический писатель	149
DevOps инженер	144
Инженер технической поддержки	142
Менеджер по продажам	137
Интернет-маркетолог	122
Руководитель проектов	117
Менеджер проектов	103
DevOps Engineer	100
Сервисный инженер	99
IOS-разработчик	99
QA Engineer	97
PHP-разработчик	93
Монтажник слаботочных систем	81
Системный администратор Linux	78
Графический дизайнер	76
Руководитель проекта	76
Продавец	76
Аналитик данных	75
Инженер-программист	72
Data Engineer	71
Android разработчик	71

Таблица 5 / Table 5

**Список навыков,
наиболее часто встречающихся в выборке**
List of skills most frequently found in the sample

Требуемые навыки	Процент объявлений о вакансиях
SQL	15,3
английский язык	11,5
Git	10,5
Python	8,9
Linux	8,8
управление проектами	7,0
работа в команде	6,7
JavaScript	6,4
Java	6,4
PostgreSQL	5,8
грамотная речь	4,7
Atlassian Jira	4,6
MS SQL	3,6
Docker	3,5
ООП	3,3
HTML	3,3
MS PowerPoint	3,2
MySQL	3,2
аналитическое мышление	3,2
PHP	3,1
C#	3,1
ведение переговоров	2,8
деловая коммуникация	2,8
CSS	2,7
Adobe Photoshop	2,6
бизнес-анализ	2,5
пользователь ПК	2,3
1С программирование	2,3
C++	2,2
деловая переписка	2,2

Окончание табл. 5 / End of the table 5

Требуемые навыки	Процент объявлений о вакансиях
разработка технических заданий	2,2
работа с большим объемом информации	2,2
BPMN	2,2
Spring Framework	2,2
грамотность	2,1
деловое общение	2,1
REST	2,1
1С:предприятие 8	2,1
тестирование	2,1
React	2,1
Scrum	2,0
организаторские навыки	2,0
UML	2,0
Agile project management	2,0
TypeScript	2,0
XML	1,8
Kubernetes	1,8
Atlassian Confluence	1,7
креативность	1,7
информационные технологии	1,7

Таблица 6 / Table 6

Средний диапазон заработной платы для наиболее популярных наименований вакансий
Average salary range for the most popular job titles

Наименование вакансии	Средний минимум заработной платы, руб.	Средний максимум заработной платы, руб.
Java-разработчик	150 000	239 000
Frontend-разработчик	129 000	193 000
Программист 1С	127 000	165 000
Системный аналитик	126 000	194 000
Бизнес-аналитик	104 000	136 000
Аналитик	97 000	128 000
Технический писатель	78 000	127 000
Системный администратор	69 000	83 000
Специалист технической поддержки	49 000	60 000
Модератор (удаленно)	26 000	32 000

Анализ требований к кандидатам позволил выявить наиболее востребованные навыки для наиболее популярных вакансий (табл. 7 и рис. 1).

В разведочном анализе фокус был сделан на наиболее популярных наименованиях вакансий. Более полное представление о спектре востребованных профессий и навыках дает кластерный анализ.

Таблица 7 / Table 7

Наиболее востребованные навыки для популярных вакансий

Most sought-after skills for popular job titles

Системный администратор		Системный аналитик		Аналитик	
Требуемые навыки	Процент вакансий	Требуемые навыки	Процент вакансий	Требуемые навыки	Процент вакансий
Active Directory	21,2	SQL	40,8	SQL	34,5
администрирование сетевого оборудования	20,7	UML	36,9	аналитическое мышление	22,1
администрирование серверов Windows	20,4	BPMN	31,5	MS PowerPoint	21,3
Linux	19,7	системный анализ	31,1	анализ данных	16,1
настройка ПК	16,0	Atlassian Jira	20,6	работа с большим объемом информации	16,1
настройка сетевых подключений	14,7	REST	19,6	BPMN	13,9

Окончание табл. 7 / End of the table 7

Системный администратор		Системный аналитик		Аналитик	
Требуемые навыки	Процент вакансий	Требуемые навыки	Процент вакансий	Требуемые навыки	Процент вакансий
Windows 7	14,0	разработка технических заданий	19,6	бизнес-анализ	12,7
TCP/IP	13,2	XML	18,6	английский язык	10,5
DHCP	12,6	бизнес-анализ	16,5	UML	10,5
настройка программного обеспечения	12,1	Atlassian Confluence	12,8	Python	10,1
администрирование	9,6	SOAP	12,8	разработка технических заданий	9,4
VMware	8,8	MS Visio	9,9	Atlassian Jira	9,0
настройка DNS	8,3	постановка задач разработчикам	8,3	Ms Visio	9,0
техническая поддержка	7,8	аналитическое мышление	8,2	MS SQL	9,0
администрирование серверов Linux	7,3	английский язык	7,6	работа в команде	7,9
Zabbix	6,6	API	7,4	Power BI	7,5
Windows Server 2003	6,6	управление проектами	6,8	управление проектами	7,5
сборка ПК	6,2	JSON API	6,2	аналитика	7,1
PowerShell	6,1	MS SQL	5,8	MS Excel	7,1
Hyper-V	6,1	моделирование бизнес-процессов	4,7	работа с базами данных	6,7

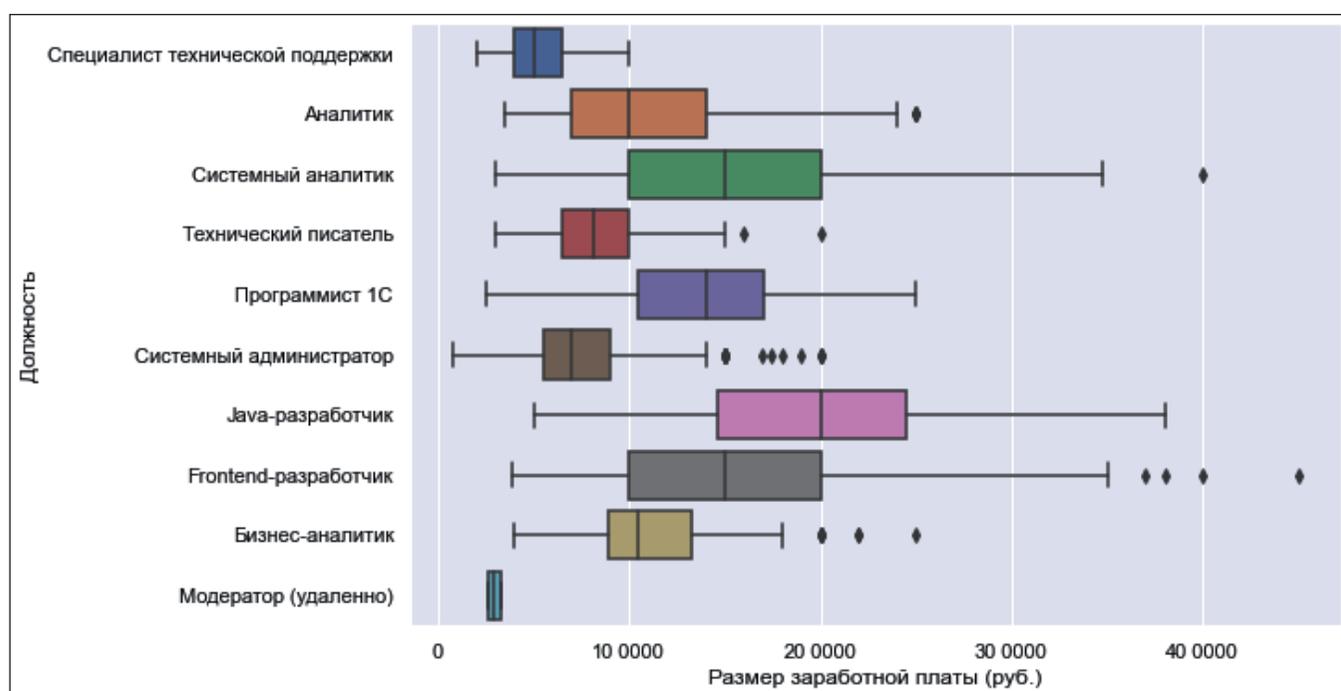


Рис. 1. Распределение заработной платы для наиболее популярных вакансий

Fig. 1. Salary distribution for the most popular job titles

3.2. Кластерный анализ данных о вакансиях

Для определения оптимального количества кластеров были рассчитаны метрики суммы квадратов расстояний наблюдений до их ближайшего центра кластера и средний балл силуэта (рис. 2). Однако графики этих метрик не позволили однозначно определить количество кластеров, при котором одновременно были бы представлены все направления специализаций, и кластеры существенно различались по содержанию, поэтому их количество было определено эмпирически.

В таблице 8 представлены 15 выявленных кластеров вакансий с наиболее типичными наименованиями позиций и требуемыми навыками.

В таблице 9 представлены средний разброс зарплат для каждого кластера вакансий, наиболее часто требуемый опыт работы и предлагаемый график работы. Наиболее высокий уровень заработных плат предлагается в вакансиях кластеров Java-разработки и разработки мобильных приложений. Для всех кластеров, кроме Java-разработки и управления проектами, наиболее часто требуемый опыт работы составляет от одного года до трех лет. Для Java-разработки и управления проектами наиболее востребован специалист с опытом работы от трех до шести лет. Для всех кластеров вакансий наиболее частый график работы — полный день, однако для специалистов, занимающихся разработкой, процент вакансий с полным рабочим днем наименьший, что говорит о наибольшем распространении удаленной работы и гибких графиков для разработчиков.

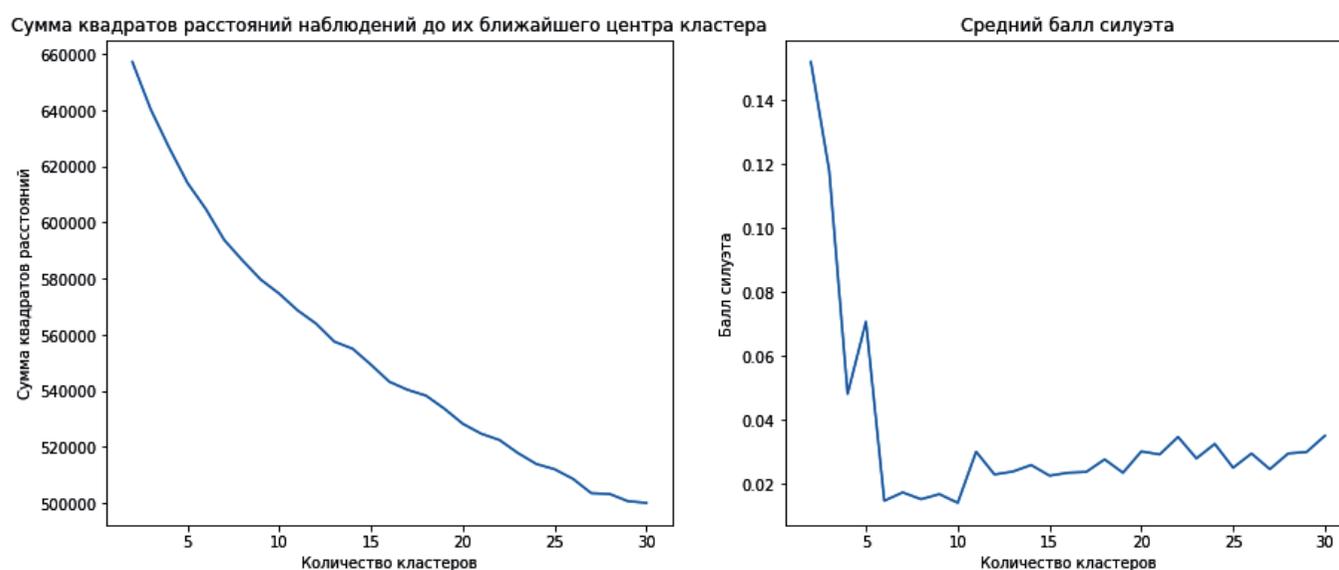


Рис. 2. Определение количества кластеров

Fig. 2. Determining the number of clusters

Таблица 8 / Table 8

Кластеры вакансий и требуемые навыки Vacancy clusters and required skills

Кластер	Название кластера	Наименования вакансий	Требуемые навыки
1	DevOps-инженерия	DevOps инженер, DevOps Engineer, системный администратор Linux, DevOps engineer, системный администратор	Linux, Python, Docker, Git, Bash, PostgreSQL, Kubernetes, Ansible, SQL, CI/CD, nginx, Jenkins, DevOps, Zabbix, MySQL, Java, администрирование серверов Linux, GitLab, Grafana, TCP/IP
2	Системное администрирование	Системный администратор, специалист технической поддержки, инженер технической поддержки, ведущий системный администратор, старший системный администратор	настройка ПК, настройка сетевых подключений, Linux, настройка ПО, Active Directory, администрирование сетевого оборудования, Windows 7, TCP/IP, техническая поддержка, администрирование серверов Windows, ремонт ПК, администрирование, информационные технологии, DHCP, сборка ПК, VMware, Help desk, администрирование серверов Linux, техническое обслуживание, Cisco
3	Администрирование и техническая поддержка	Технический писатель, системный администратор, бизнес-аналитик, специалист технической поддержки, аналитик	английский язык, SQL, Python, Linux, MS PowerPoint, Git, грамотная речь, Java, грамотность, работа в команде, C#, Adobe Photoshop, JavaScript, креативность, C++, Atlassian Jira, управление проектами, аналитическое мышление, C/C++, analytical skills

Продолжение табл. 8 / Continuation of the table 8

Кластер	Название кластера	Наименования вакансий	Требуемые навыки
4	Java-разработка	Java-разработчик, Java Developer, Java developer, Java разработчик, Senior Java Developer	Java, Spring Framework, Git, PostgreSQL, SQL, Hibernate ORM, Apache Maven, Apache Kafka, Spring Boot, rest, OOP, Docker, Kotlin, Linux, Java SE, Java EE, Spring, Junit, английский язык, MongoDB
5	Системный анализ и проектирование	Системный аналитик, аналитик, ведущий системный аналитик, бизнес-аналитик, аналитик бизнес-процессов	SQL, UML, BPMN, системный анализ, разработка технических заданий, бизнес-анализ, Atlassian Jira, XML, REST, Atlassian Confluence, MS Visio, постановка задач разработчикам, SOAP, моделирование бизнес-процессов, аналитическое мышление, управление проектами, MS SQL, английский язык, системное мышление, JSON API
6	Администрирование проектов	Менеджер проектов, специалист технической поддержки, администратор проектов, руководитель проектов, Project Manager	работа в команде, деловая коммуникация, деловое общение, грамотная речь, деловая переписка, английский язык, управление проектами, организаторские навыки, ведение переговоров, работа с большим объемом информации, пользователь ПК, MS PowerPoint, грамотность, ориентация на результат, телефонные переговоры, проведение презентаций, аналитическое мышление, MS Outlook, обучение и развитие, многозадачность
7	Техническая поддержка и сервис	Монтажник слаботочных систем, специалист технической поддержки, аналитик, технический писатель, системный администратор	грамотная речь, работа с большим объемом информации, пользователь ПК, грамотность, MS PowerPoint, удаленная работа, аналитическое мышление, английский язык, умение работать в команде, поиск информации в интернете, креативность, организаторские навыки, Adobe Photoshop, техническое обслуживание, умение работать в условиях многозадачности, работа с базами данных, обучение и развитие, ориентация на результат
8	Управление проектами	Руководитель проектов, руководитель проекта, менеджер проектов, Project Manager, руководитель IT-проектов	управление проектами, Agile Project Management, английский язык, Scrum, работа в команде, Atlassian Jira, MS Project, организаторские навыки, управление командой, Project Management, ведение переговоров, MS PowerPoint, бизнес-анализ, деловая коммуникация, SQL, разработка технических заданий, аналитическое мышление, product management, управление продуктом, MS Visio
9	Разработка на 1С	Программист 1С, ведущий программист 1С, разработчик 1С, консультант 1С, программист 1С (удаленно)	1С программирование, 1С:Предприятие 8, 1С:Зарплата и управление персоналом, 1С:Бухгалтерия, 1С:Управление торговлей, 1С:Документооборот, ERP-системы на базе 1С, 1С:Управление производственным предприятием, 1С:Комплексная автоматизация, 1С:Управление предприятием, обновление конфигурации 1С, разработка технических заданий, MS SQL, постановка задач разработчикам, бухгалтерский учет, 1С:Предприятие, SQL, ERP, XML
10	Анализ данных	Аналитик, аналитик данных, Data Scientist, Data Engineer, Data Analyst	SQL, Python, MS SQL, анализ данных, аналитическое мышление, базы данных, MS PowerPoint, MS SQL server, работа с базами данных, английский язык, PostgreSQL, Power BI, Tableau, Oracle, MS Excel, математическая статистика, ETL, Oracle PL/SQL, Hadoop, СУБД
11	Интернет-реклама и графический дизайн	Интернет-маркетолог, графический дизайнер, технический писатель, SEO-специалист, бизнес-аналитик	Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, Figma, креативность, UX, UI, Google Analytics, информационная безопасность, грамотная речь, грамотность, Яндекс.Метрика, AutoCAD, HTML, графический дизайн, интернет-реклама, контекстная реклама, MS PowerPoint, SQL, информационные технологии, пользователь ПК
12	Frontend-разработка	Frontend-разработчик, Frontend Developer, Frontend developer, Web-разработчик, Senior Frontend Developer	JavaScript, Git, CSS, HTML, React, HTML5, TypeScript, PHP, CSS3, Node.js, MySQL, jQuery, Redux, Vue.js, OOP, SQL, PostgreSQL, Linux, webpack, 1С-Битрикс
13	Тестирование	QA Engineer, QA Automation Engineer, тестировщик, QA engineer, тестировщик ПО	SQL, тестирование, Atlassian Jira, функциональное тестирование, Git, Java, QA, Python, Test Case, Linux, тестирование пользовательского интерфейса, API, Postman, Atlassian Confluence, регрессионное тестирование, английский язык, REST, XML, проведение тестирований, Android

Окончание табл. 8 / End of the table 8

Кластер	Название кластера	Наименования вакансий	Требуемые навыки
14	Продажи	Менеджер по продажам, менеджер по работе с клиентами, менеджер интернет-магазина, менеджер проектов, менеджер по продажам B2B	активные продажи, ведение переговоров, B2B продажи, поиск и привлечение клиентов, телефонные переговоры, грамотная речь, навыки продаж, работа в команде, проведение презентаций, развитие продаж, холодные продажи, CRM, деловое общение, прямые продажи, клиентоориентированность, навыки презентации, деловая коммуникация, деловая переписка, ориентация на результат, заключение договоров
15	Разработка мобильных приложений	IOS разработчик, Android разработчик, Python разработчик, Android Developer	Git, SQL, PostgreSQL, OOP, C#, Java, Python, Linux, PHP, MySQL, Kotlin, Docker, Android, iOS, .NET Framework, SWIFT, Redis, MS SQL, C++, golang

Таблица 9 / Table 9

Характеристики кластеров вакансий**Characteristics of vacancy clusters**

Кластер	Название кластера	Средний минимум зарплаты	Средний максимум зарплаты	Требуемый опыт работы (мода)	Процент вакансий с требуемым опытом работы	График работы (мода)	Процент вакансий с данным графиком работы
1	DevOps-инженерия	160 000	227 000	От одного года до трех лет	47,5	Полный день	65,7
2	Системное администрирование	68 000	84 000	От одного года до трех лет	54,8	Полный день	85,8
3	Администрирование и техническая поддержка	125 000	184 000	От одного года до трех лет	45,0	Полный день	67,2
4	Java-разработка	210 000	302 000	От трех до шести лет	48,9	Полный день	56,6
5	Системный анализ и проектирование	131 000	175 000	От одного года до трех лет	56,4	Полный день	70,8
6	Администрирование проектов	67 000	95 000	От одного года до трех лет	53,7	Полный день	76,1
7	Техническая поддержка и сервис	68 000	95 000	От одного года до трех лет	55,0	Полный день	73,6
8	Управление проектами	135 000	175 000	От трех до шести лет	47,0	Полный день	79,0
9	Разработка на 1С	123 000	155 000	От трех до шести лет	48,4	Полный день	77,7
10	Анализ данных	123 000	173 000	От одного года до трех лет	56,2	Полный день	76,6
11	Интернет-реклама и графический дизайн	83 000	117 000	От одного года до трех лет	48,9	Полный день	75,9
12	Frontend-разработка	142 000	213 000	От одного года до трех лет	48,7	Полный день	51,0
13	Тестирование	131 000	175 000	От одного года до трех лет	63,7	Полный день	60,5
14	Продажи	77 000	145 000	От одного года до трех лет	59,1	Полный день	74,8
15	Разработка мобильных приложений	169 000	254 000	От одного года до трех лет	45,9	Полный день	54,3

4. Выводы

Предлагаемый подход к интеллектуальному анализу данных о вакансиях продемонстрирован на примере отрасли ИТ и объявлений о вакансиях в городах Москва и Санкт-Петербург. Предлагаемый подход позволяет выявить актуальные группы профессий и соответствующие им, востребованные работодателями навыки, умения и знания технологий. Анализ может проводиться в разрезе отраслей, регионов. Описание кластеров может быть дополнено суммаризацией должностных обязанностей, характерных для каждого кластера, на основе обработки текстовых описаний вакансий.

Рекомендуется выполнять анализ данных о вакансиях на регулярной основе не реже одного раза в год для мониторинга изменений на рынке труда и выявления новых профессиональных трендов. Результаты анализа данных о вакансиях могут быть использованы академическими руководителями образовательных программ в высших учебных заведениях для обновления учебных планов. Предложенный подход к анализу данных о вакансиях может быть реализован в рамках информационно-аналитической системы, предназначенной для поддержки решений руководства высших учебных заведений, а также в качестве информационно-аналитического сервиса для абитуриентов, выбирающих будущую профессию, и их родителей.

Финансирование

Это исследование не получило какого-либо гранта от финансирующих агентств в государственном, коммерческом или некоммерческом секторах.

Funding

This study did not receive any grant from funding agencies in the public, commercial, or non-profit sectors.

Список источников / References

1. Дугарова Д. Ц., Старостина С. Е. Профессиональные стандарты как фактор гарантий качества подготовки выпускников образовательных организаций высшего и профессионального образования. *Педагогическое образование в России*. 2019;(3):5–14. DOI: 10.26170/po19-03-01 [Dugarova D. T., Starostina S. E. Professional standards as a quality guarantee factor training graduates of educational organizations higher and professional education. *Pedagogical Education in Russia*. 2019;(3):5–14. (In Russian.) DOI:10.26170/po19-03-01]
2. Omelchenko I., Antonova G., Danilina M., Popkov S., Botasheva L. Digitalization in the labor market in Russia. *SHS Web of Conferences*. 2021;(93):01021. DOI: 10.1051/shsconf/20219301021
3. Elias P., Purcell K. SOC (HE): A classification of occupations for studying the graduate labour market. Institute for Employment Research, University of Warwick, Coventry, UK: 2004. 46 p. Available at: <http://www2.warwick.ac.uk/fac/soc/ier/research/completed/7yrs2/rp6.pdf>
4. Litecky C. R., Arnett K. P., Prabhakar B. The paradox of soft skills versus technical skills in is hiring. *Journal of Computer Information Systems*. 2004;45(1):69–76. DOI: 10.1080/08874417.2004.11645818
5. Lee C. K., Han H. J. Analysis of skills requirement for entry-level programmer / analysts in Fortune 500 corporations. *Journal of Information Systems Education*. 2008;19(1):17–27. Available at: <https://www.thefreelibrary.com/Analysis+of+skills+requirement+for+entry-level+programmer%2Fanalysts+in...-a0233828125>
6. Stal J., Paliwoda-Pekosz G. Fostering development of soft skills in ICT curricula: A case of a transition economy. *Information Technology for Development*. 2019;25(2):250–274. DOI: 10.1080/02681102.2018.1454879
7. Stephany F. One size does not fit all: Constructing complementary digital reskilling strategies using online labour market data. *Big Data & Society*. 2021;8(1). DOI: 10.1177/20539517211003120
8. Zakaria N., Ismail N. N., Ana A. The relationship between employability skill and career choices among vocational skill students. *Innovation of Vocational Technology Education*. 2016;12(2):81–84. DOI: 10.17509/invotec.v12i2.6210
9. Jansen B. J., Jansen K. J., Spink A. Using the web to look for work: Implications for online job seeking and recruiting. *Internet Research*. 2005;15(1):49–66. DOI: 10.1108/10662240510577068
10. Boselli R., Cesarini M., Marrara S., Mercurio F., Mezzanzanica M., Pasi G., Viviani M. WoLMIS: A labor market intelligence system for classifying web job vacancies. *Journal of Intelligent Information Systems*. 2018;51(3):477–502. DOI: 10.1007/s10844-017-0488-x
11. Jackson M., Goldthorpe J. H., Mills C. Education, employers and class mobility. *Research in Social Stratification and Mobility*. 2005;(23):3–33. DOI: 10.1016/S0276-5624(05)23001-9
12. Jackson M. How far merit selection? Social stratification and the labour market. *British Journal of Sociology*. 2007;58(3):367–390. DOI: 10.1111/j.1468-4446.2007.00156.x
13. Dörfler L., van de Werfhorst H.G. Employers' Demand for Qualifications and Skills. *European Societies*. 2009;11(5):697–721. DOI: 10.1080/14616690802474374
14. Kureková L. M., Beblavý M., Haita C. Qualifications or Soft Skills? Studying Job Advertisements for Demand for Low-Skilled Staff in Slovakia. *NEUJOBS Working Paper D.4.3.3, 2012*. 36 p. DOI: 10.2139/ssrn.2402729
15. Kureková L. M., Beblavý M., Thum-Thyssen A. Using online vacancies and web surveys to analyse the labour market: A methodological inquiry. *IZA Journal of Labor Economics*. 2015;(4):1–20. DOI: 10.1186/s40172-015-0034-4
16. Sasser Modestino A., Shoag D., Balance J. Upskilling: Do employers demand greater skill when workers are plentiful? *The Review of Economics and Statistics*. 2020;102(4):793–805. DOI: 10.1162/rest_a_00835
17. Beblavý M., Fabo B., Lenaerts K. Skills requirements for the 30 most-frequently advertised occupations in the United States: An analysis based on online vacancy data. *Centre for European Policy Studies (CEPS). Special report*. 2016. 41 p. Available at: <http://ssrn.com/abstract=2749549>
18. Carnevale A. P., Jayasundera T., Repnikov D. Understanding online job ads data: A technical report. *Georgetown University, McCourt School on Public Policy, Center on Education and the Workforce*. 2014. 20 p. Available at: https://cew.georgetown.edu/wp-content/uploads/2014/11/OCLM_Tech_Web_.pdf
19. Föll P., Thiesse F. Aligning is curriculum with industry skill expectations: A text mining approach. *Proceedings of the 25th European Conference on Information Systems (ECIS)*. 2017(6):2949–2959. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/301372478.pdf>
20. Marrara S., Pasi G., Viviani M., Cesarini M., Mercurio F., Mezzanzanica M., Pappagallo M. A language modelling approach for discovering novel labour market occupations from the web. *Proceedings of the International conference on Web intelligence WI '17*, 2017:1026–1034. DOI: 10.1145/3106426.3109035
21. Poonnawat W., Pacharawongsakda E., Henchareonlert N. Jobs analysis for business intelligence skills requirements in the ASEAN region: A text mining study. *Advances in Intelligent Informatics, Smart Technology and Natural Language Processing. iSAI-NLP 2017. Advances in Intel-*

ligent Systems and Computing. 2019;(807):187–195. DOI: 10.1007/978-3-319-94703-7_17

22. *Pejic-Bach M., Bertoucel T., Meško M., Krstiić Ž.* Text mining of industry 4.0 job advertisements. *International Journal of Information Management*. 2020;(50):416–431. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2019.07.014

23. *Ternikov A. A.* Skill-based clustering algorithm for online job advertisements. *Izvestiya of Saratov University. Mathematics. Mechanics. Informatics*. 2022;22(2):250–265. DOI: 10.18500/1816-9791-2022-22-2-250-265

Информация об авторе

Морозова Юлия Александровна, канд. экон. наук, доцент департамента бизнес-информатики, Высшая школа бизнеса,

Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-2849-6218>; *e-mail*: yumorozova@hse.ru

Information about the author

Yulia A. Morozova, Candidate of Sciences (Economy), Associate Professor at the Department of Business Informatics, Graduate School of Business, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-2849-6218>; *e-mail*: yumorozova@hse.ru

Поступила в редакцию / Received: 22.08.2022.

Поступила после рецензирования / Revised: 25.09.2022.

Принята к печати / Accepted: 27.09.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-38-43

EDUCATIONAL CONTENT OF MODERN WEB-DEVELOPER TRAINING

Yu. V. Golchevskiy¹ ✉, A. V. Yermolenko¹¹ Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, The Komi Republic, Russia

✉ yurygol@gmail.com

Abstract

The article provides an answer to the frequently asked question about what to teach students so that they can easily enter the area of web development and become sought-after specialists in the modern IT industry upon graduation. We completed a review of publications and scientific discussions on this subject, performed an analysis of the relevant professional standards as well as the transformation dynamics of the requirements set out by employers for web developers. In addition, the paper examines the demand for designing educational programs. We interviewed representatives of professional communities and university graduates to understand the challenges which former students face while seeking employment in the field of web development and design. Six main skill groups of a modern successful specialist have been identified. They include basic web development skills, web programming skills, web design skills, development skills and development management skills, web resource promotion skills, universal skills. For each group, we identified the main skills and tools which are advisable to be studied as part of the educational program. It has been discovered that training should be based on using skill-oriented educational technologies since solving specific practical problems will enable each student to form their own future workspace. We also created a model of a graduate who aspires to work in the field of web development.

Keywords: web developer, web development tools, required skills, educational program, professional and educational standards.

For citation:

Golchevskiy Yu. V., Yermolenko A. V. Educational content of modern web-developer training. *Informatics and Education*. 2022;37(5):38–43. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-38-43

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОНТЕНТ ПОДГОТОВКИ СОВРЕМЕННОГО ВЕБ-РАЗРАБОТЧИКА

Ю. В. Гольчевский¹ ✉, А. В. Ермоленко¹¹ Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина, г. Сыктывкар, Республика Коми, Россия

✉ yurygol@gmail.com

Аннотация

В статье дается ответ на часто задаваемый вопрос: чему учить студентов, чтобы по окончании высшего учебного заведения они могли легко войти в сферу веб-разработки и были востребованными современной IT-индустрией специалистами? Выполнен обзор публикаций и научных дискуссий по данной тематике, анализ соответствующих профессиональных стандартов, динамики трансформации требований, предъявляемых работодателями к веб-разработчикам, и потребностей в формировании образовательных программ. Проведено интервьюирование представителей профессиональных сообществ и выпускников университета для понимания трудностей, с которыми сталкиваются выпускники при дальнейшем трудоустройстве в сфере веб-разработки и дизайна. Выделено шесть основных групп навыков современного успешного специалиста: базовые навыки веб-разработки, навыки веб-программирования, навыки веб-дизайна, навыки ведения разработки и управления разработкой, навыки продвижения веб-ресурсов, универсальные навыки. Для каждой группы выделены основные навыки и инструментарий, изучение которых целесообразно включить в образовательную программу. Установлено, что обучение нужно строить на основе применения навыко-ориентированных образовательных технологий, так как решение конкретных практических задач позволит каждому обучающемуся сформировать свое будущее рабочее пространство. Сформирована модель выпускника, стремящего трудиться в сфере веб-разработки.

Ключевые слова: веб-разработчик, средства веб-разработки, необходимые навыки, образовательная программа, профессиональные и образовательные стандарты.

Для цитирования:

Гольчевский Ю. В., Ермоленко А. В. Образовательный контент подготовки современного веб-разработчика. *Информатика и образование*. 2022;37(5):38–43. (На англ.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-38-43

1. Introduction

About 30 years have passed since the first web page appeared. While the first pages presented information in the simplest form, which was already a good thing, the modern web page is practically an art, the result of a mixture of creativity and technology, because the modern user can no longer get enough information. It requires everything to be beautiful, clear, accessible and work on a wide range of devices. This has led to a significant increase in the number of new technologies, appearing and changing so frequently that it is difficult to keep up with them, let alone learn or constantly retrain.

The authors of this article have been teaching web-related subjects for more than 20 years. We can note that year after year, learners ask the same typical questions:

Why do we study this particular technology stack?

Why are we learning this particular software product and not another?

What will we need when we get a job?

And so on.

Questions such as whether it is possible to teach students modern technology so that they do not have to learn anything new for a given amount of time are much debated. On the other hand, does a modern graduate really have to have a broad outlook or is it enough to review some basic concepts? We have already discussed these questions and some similar ones concerning trends in IT training in previous works, e. g. [1, 2].

The aim of this paper is to present and substantiate a desirable set of knowledge and skills required for a future web-developer in the preparation of IT-specialists in a modern university and, thus, try to answer the question - what to teach modern students so that upon graduation they could easily enter the field of web-development and be in demand in the modern IT-industry? Or, in other words, what the current and near future educational standards in this field might include.

The analysis of the strategy of educational programmes formation should be conducted taking into account the most significant factors that significantly influence the conclusions. In our opinion, the evolution of technologies and the following changes in economic and labour market demands, as well as the results of graduates' competence matching monitoring (feedback of the effectiveness of the "educational programme-employer" system interaction) should be paid the most attention to.

Due to the enormous popularity of the web and, consequently, the demand for specialists in web-development, the issues of web-technology study and developer training are given quite a lot of attention. Such studies do not lose relevance, although they have been carried out continuously for many years [3].

The article [4] presents an ontological generalized portrait of a software developer. Such a portrait can be complemented by data from [5], in which the au-

thors identify factors that significantly influence and contribute to programmer productivity. In particular, software knowledge, analytical skills, level of best practice management, knowledge of business processes, and others are taken into account.

In forming this material, professional and educational standards such as [6–10] and others were examined, and the links between educational and professional standards were analyzed and experiences of different approaches to training using such standards were examined such as [11], using web-based learning platforms [12], as well as case studies of web programming training described in [13–15] and others.

2. Methods

This study is based on the use of theoretical and empirical research methods. The application of theoretical method allowed for analysis of modern professional standards, analysis of the dynamics of transformation of the requirements of employers to the knowledge and skills of web developers and analysis of the needs in the formation of appropriate educational programmes. An analysis of publications and academic discussions on the subject was also carried out. The empirical method was applied in the process of observation and comparison of data obtained over the years of the authors' practice, interviewing representatives of professional communities and university graduates to better understand the problem described, in particular, the difficulties faced by graduates in further employment in the field of web development and design.

3. Results and Discussion

The analysis of literature sources and employers' requirements, professional standards, professional-oriented web-resources, interviewing representatives of professional communities, analysis of employment and career of university graduates, as well as personal experience have given grounds to highlight several main topical areas of training, which can form the basis for educational standards in the field:

- Basic web development skills;
- Web programming skills;
- Web design skills; Web design skills;
- Skills in leading development and managing development;
- Web promotion skills;
- Universal (General) skills.

Let us elaborate on them by identifying what we think the educational programme content and the model of a graduate wishing to work in web development should be.

3.1. Basic web development skills

The basic skills that prospective web developers should learn first include the basic 'building blocks' of layout and programming — HTML, CSS and JavaScript. They form the web user interface, defining style,

design, layout and how different elements should be displayed. HTML is responsible for the layout of the page, CSS stands for styles and looks, and JavaScript is responsible for how elements respond to the user.

We think it is useful to take a quick look at the history of versioning and show simple examples of how one technology has affected another. For example, the advent of XML led to the requirement for paired tags in HTML.

Students need to understand the anatomy of HTML page layout, learn basic tags, their attributes, and nested elements, understand the advantages and limitations of the technology, have a good command of CSS styles, be familiar with CSS frameworks, and have mastered at least one SASS/LESS preprocessor. For JavaScript, knowledge of the version of EcmaScript6, its libraries and frameworks is a minimum requirement. Particularly useful is the ability to work with React, Vue, Angular, jQuery, Foundation, Bootstrap, Material and Ajax technology.

In addition, basic skills, in our opinion, can include data handling skills based on the use of XML and JSON — simple text-based ways to store and transfer structured data, which allows linking arrays and objects, creating complex data structures. Many modern programming languages have functions and libraries for reading and creating XML and JSON structures, as they are extensively used in the integration of different information systems.

Basic skills can also include the ability to solve current development problems and skills related to the ability to test the resulting product.

However, we believe that basic skills include not only knowledge and ability to apply markup and programming languages, but also understanding and competent application of basic development principles and approaches.

In particular, understanding the principles of the Model-View-Controller (MVC) model, a design pattern that greatly saves time and simplifies development by separating the application into three different layers. Many high-level frameworks such as Laravel, Angular are based on MVC patterns, where the model is associated with the interaction with the database, the view is responsible for everything the user sees on the screen, and the controller provides the interface between the model and the view. Learning MVC makes it easy to understand the basics for any programming language. It may also be of interest to study other models — e. g. Model-View-Template (MVT), close to MVC (Django framework), Model-View-Presenter (MVP), Model-View-View (MVV), understanding the features and selection criteria.

It is important to give an understanding of current approaches being developed by IT industry giants such as Google (<https://material.io/design/>), “accelerated mobile pages” (<https://www.ampproject.org/>) and PWA technology or a similar technology called “turbo-pages” (<https://tech.yandex.ru/turbo/>) to improve user experience.

That is, in our opinion, it is crucial not only to teach how to use these or those tools, but also to give an understanding of industry trends and basic elements of the web developer’s philosophy.

3.2. Web programming skills

Web programming skills are probably the thing that largely determines the professionalism and future employability of a future developer. It should be noted that there are several types of developers.

A Front-End web-developer — a specialist in the development of user interface and layout templates, that is, the external representation of the project.

A Back-End web developer is a specialist in developing server-side logic, with an understanding of the context in which it will be executed. Such a developer must be proficient in at least one of the programming languages PHP, Java, Python, ASP.NET technology and be ready to actively learn and apply other technologies. He or she is also required to know APIs and understand the principles of servers.

A good knowledge of database theory, understanding of the relational data model, knowledge of SQL language, understanding of database scaling principles, a good command of at least one of the popular database management systems — MySQL, Microsoft SQL Server, PostgreSQL, SQLite, etc., as well as MongoDB as one of the classic examples of NoSQL-systems, which uses JSON-like documents and database schema and is actively used in web-development, in particular within the framework of JavaScript-oriented MEAN stack. In addition, a working knowledge of and ability to use in-memory database management (Redis, Memcached) and web storage for storing sessions, cookies and caches in the browser are not excessive.

In addition to this, he/she should be familiar with the principles of network information security.

Nowadays, there are also widespread vacancies for Full-stack developer — a specialist who is ready to cover the entire development stack of a web resource, which is due to many reasons, including the emergence and popularity of microservices development architecture application [16].

When teaching programming, it would be useful to pay attention to the application of technologies related to the implementation of integration of corporate information systems into the web space, development and use of widgets and web services (e. g. Google Maps or Yandex.Maps).

Application programming interface (API) is an application interface that serves to enable communication with other applications. An API provides a set of functions available to other applications through which they can interact with a service. Almost every major service has an API that is open to the user. Today REST API is widely used by websites, services, mobile applications, so it’s important to know how to work with it, because sooner or later there will be a need to create a client (e. g. mobile application for a website).

Also of interest would be experience in developing chat-bots, which are now being actively implemented in various Web-services.

In [17] it is pointed out that there are two paths among the current trends in web-development. The first is simplification and orientation towards mobile devices, whose Internet traffic has already exceeded that of desktop devices, and the second is the introduction of relatively new, but considered very promising in this area, virtual, augmented and mixed reality (VR and AR) and 3D technologies. Accordingly, in our opinion, it would be useful to pay attention to teaching modern tools and development of artifacts of these technologies in an educational programme designed to train competent specialists for the long term. Every year there are more and more tools that facilitate the creation of such products. Some related technologies and tools can be learned more about, for example, at resources [18].

This requires the inclusion of large modules such as “Web Programming Technologies” (or a set of individual disciplines specifying which language is studied, e. g. “Programming in PHP” etc.), “Databases” and individual disciplines such as “Secure Programming”, “Web Interoperability Architecture”, “Advanced Web Development Technologies” or similar in the educational standard.

3.3. Web design skills

Many web studios place serious demands on the knowledge and skills associated with web design and computer graphics for potential employees. This is especially true of front-end developers, although others are no exception.

Trends in recent years [17] suggest that this issue cannot be overlooked in a good educational standard aimed at training web developers. What is required?

Firstly, knowledge and understanding of current trends in the industry. Understanding of the basic principles of visual design, UI and UX.

Secondly, skills in working with computer graphics — creating, processing and converting bitmap and vector images, including various formats, such as SVG. This requires mastering the basic principles of computer graphics and popular software for working with it. For example, Adobe (Photoshop, Illustrator, XD) and/or Corel (Graphics Suite, PaintShop Pro), Figma or Scetch, InVision Studio, GIMP, Inkspace or others.

3.4. Skills in leading and managing development

The issues of development management and governance are multifaceted and wide-ranging. Within the scope of this article, we will focus on some of them, while emphasizing that this list may be supplemented further.

One of the mandatory requirements of employers in almost any field of information systems development is an understanding of modern principles of software product development, including teamwork, and the ability to work with Version Control System. This requires the obligatory inclusion of skills in working with such tools into the educational programs. For ex-

ample, one of the most popular systems used in many organisations is Git.

In the professional standard “Web and Multimedia Application Developer” [8], a part of the work activities is related to knowledge and skills in managing processes and projects to create and modify information resources, as well as integration of web resources with various external and internal corporate services, as we mentioned earlier. This implies the necessity of introducing such academic disciplines as Information Resource Design and Web-integration of Information Systems. The discipline “Project Management”, that, however, has now become a universal subject, studied by almost all students, regardless of their field of study, may also be of great use and importance in the context under consideration. However, it would be useful to focus on IT project management within this course, taking into account its specifics, studying currently popular concepts, methodologies and approaches to software product development projects, in particular, Agile, SCRUM, Continuous delivery, DevOps, etc.

The job functions related to identifying customer requirements imply a good command of business process analysis skills. For example, describing business processes using SADT, UML and other types of diagrams and finding opportunities to optimise business processes. However, it is not enough to just find them, you need to suggest and explain the need for them to the customer. Academic disciplines such as Typology and Analysis of Business Processes, Reengineering and Optimisation of Business Processes or similar can provide such skills. This also correlates with the above.

According to the data cited in [19], a significant number of web development is done remotely. Regional studios can actively attract clients from large cities, at the expense of cheaper, but no less qualitative services. This determines the need to master the skills of remote teamwork tools (including full-spectrum customer communication and team development tools).

To this point, we can also refer skills in working with content management systems (CMS). CMSs often greatly simplify development by providing an almost finished website, unless we are talking about creating a unique product. The ability to deploy a CMS, use or create design templates for it, organize interaction with users [17], conduct initial content filling or full site administration based on CMS is also necessary for a learning web developer. This requires learning at least one CMS, such as WordPress or Joomla.

To conclude this point, a future professional should have the knowledge and skills to maintain, scale, migrate and deploy code across different platforms competently.

3.5. Web promotion skills

In our opinion, these skills are not of primary importance and can be acquired later in the course of practical activity. However, their availability and quality may be an additional positive factor in the employer’s hiring decisions.

These include SEO optimisation skills and, preferably, an understanding of the basics of Digital Marketing and Social Media and the application of technologies that personalise content [20].

3.6. Universal skills

The professional standard [8] places quite a strong emphasis on the skills related to customer relations at different stages (identifying customer requirements, handling customer enquiries, negotiating, etc.), in other words, communication planning skills with the customer. Speaking, negotiation and presentation skills are also required.

The rest of the skills described above can be acquired and developed within the subjects or modules of Business Communication (“Business Ethics” or similar), “Speech Culture”, “Psychology of Business Communication”, “IT-Consulting”.

Among the important personal skills that need to be formed, one can emphasize the ability to adequately perceive criticism, acknowledge mistakes and correct them, as well as the ability to properly decompose tasks, plan time and meet deadlines (i. e. well-formed time management, self-organization) and some others [21].

In addition, a web-development specialist may need developed universal competences of modern digital economy, as we have already mentioned in [2].

4. Conclusions

To summarise, it can be noted that in this material we have highlighted a wide range of what we believe to be the most needed knowledge, skills and competencies that need to be included in existing and prospective educational programmes or standards in web-development.

Learning should be based on the application of skill-oriented educational technologies. The study of information system design and development technologies, web technologies, and programming languages should be based on real-world projects. The solution of practical tasks allows each learner to shape his or her future workspace.

References

1. Babenko Vik., Golchevskiy Yu., Babenko Vas. Skill modeling of professional competencies of the e-business. *Proceedings of the International Scientific-Practical Conference “Business Cooperation as a Resource of Sustainable Economic Development and Investment Attraction” (ISPCBC 2019). Advances in Economics, Business and Management Research.* 2019;(90):333–336. DOI: 10.2991/ispcbc-19.2019.80
2. Golchevskiy Yu., Novokshonova E., Yermolenko A. Digital economy competencies as a vital necessity of a modern successful specialist. *Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference on Digital Economy (ISCDE 2020). Advances in Economics, Business and Management Research.* 2020;(156):291–296. DOI: 10.2991/aebmr.k.201205.048
3. Rosson M. B., Ballin J., Rode J. Who, what, and how: A survey of informal and professional Web developers. *IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (VL/HCC’05)*. Dallas, TX, USA; 2005:199–206. DOI: 10.1109/VLHCC.2005.73

4. Faizrahkhanov R. A., Yarullin D. V. Web-data driven ontological approach to modelling IT specialists recruitment needs. *Proceedings of XXII International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM)*. St. Petersburg; 2019:252–255. DOI: 10.1109/SCM.2019.8903715

5. Saputra R. C., Napitupulu T. A. Factors affecting programmer’s performance on web-based programming. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology.* 2014;63(2):452–458. Available at: <https://jaitit.org/volumes/Vol63No2/24Vol63No2.pdf>

6. Order of the Ministry of Labour and Social Protection of Russian Federation No 420n dated 07/19/2022 On the approval of the Professional standard “Information Resources Specialist”. (In Russian.) Available at: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/profstandart/06.013.pdf>

7. Order of the Ministry of Labour and Social Protection of Russian Federation No 671n dated 09/29/2020 On the approval of the Professional standard “Graphic and User interface design Specialist”. (In Russian.) Available at: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/profstandart/06.025.pdf>

8. Order of the Ministry of Labour and Social Protection of Russian Federation No 44n dated 01/18/2017 On the approval of the Professional standard “Web and multimedia developer”. (In Russian.) Available at: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/profstandart/06.035.pdf>

9. Web design and development standards. Nevada CTE Standards. Office of Career Readiness, Adult Learning & Education Options Nevada Department of Education, Carson City. June , 04, 2020. Available at: <https://doe.nv.gov/uploaded-Files/ndedoenvgov/content/CTE/Programs/InfoMediaTech/Standards/Web-Design-and-Development-STDS-ADA.pdf>

10. Worldskills Russia. 2020. *Evaluation materials for the Worldskills Russia Demonstration Exam on the competence 17WSI “Web design and development”*. (In Russian.) March 06, 2021. Available at: <https://worldskills.ru/>

11. Nasyrov N., Gorlushkina N., Uzharinskiy A. Using the subtask methodology in student training for demonstration examination in “web design and development” skill. *Communications in Computer and Information Science.* 2022;(1038):565–573. DOI: 10.1007/978-3-030-37858-5_48

12. Petrikoglou A., Kaskalis T. H. Full stack web development teaching: Current status and a new proposal. *Proceedings of the 15th International Conference on Web Information Systems and Technologies.* Vienna, Austria; 2019:218–225. DOI: 10.5220/0008066202180225

13. Gomes L. M., Martins F., Guerra H. Teaching Web programming using the MEAN stack. *The Impact of the 4th Industrial Revolution on Engineering Education.* Bangkok, Thailand, 2020;(1135):256–262. DOI: 10.1007/978-3-030-40271-6_26

14. Maiorana F. Teaching web programming: An approach rooted in database principles. *Proceedings of the 6th International Conference on Computer Supported Education.* Barcelona, Spain; 2014:49–56. DOI: 10.5220/0004849300490056

15. Nguyen V. T., Hite R., Dang T. Learners’ technological acceptance of VR content development: A sequential 3-part use case study of diverse post-secondary students. *International Journal of Semantic Computing.* 2019;13(03):343–366. DOI: 10.1142/S1793351X19400154

16. Golchevskiy Yu. V., Yermolenko A. V. The relevance of using microservices in the development of information systems. *Bulletin of Syktyvkar University. Series 1: Mathematics. Mechanics. Informatics.* 2020;35(2):25–36. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44149979>

17. Golchevskiy Yu. V. Approaches to the modern corporate web resource design and development. *Economics. Information Technologies.* 2020;47(2):432–440. (In Russian.) DOI: 10.18413/2687-0932-2020-47-2-432-440

18. A-Frame — Make WebVR. 2021. Available at: <https://aframe.io>

19. Does customers ready to deal with out-of-region web studios? *Cossa*. March, 03, 2021. (In Russian.) Available at: <https://www.cossa.ru/149/124868>

20. Trends 18. The trends to know for 2018. GlobalWebIndex. March, 06, 2021. Available at: <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/304927/resources-page/Content/Trends-18.pdf>

21. *Tsalikova I. K., Pakhotina S. V.* Scientific research on the issue of soft skills development (Review of the data in international databases of Scopus, Web of Science). *Education and Science Journal*. 2019;21(8):187–207. (In Russian.) DOI: 10.17853/1994-5639-2019-7-187-207

Information about the authors

Yuriy V. Golchevskiy, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Docent, Head of the Department of Applied Informatics, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, The Komi Republic, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-2047-9138>; *e-mail*: yurygol@gmail.com

Andrei V. Yermolenko, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Docent, Head of the Department of Applied Math-

ematics and Computer Science, Pitirim Sorokin Syktyvkar State University, Syktyvkar, The Komi Republic, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-2904-1717>; *e-mail*: ea74@list.ru

Информация об авторах

Гольчевский Юрий Валентинович, канд. физ.-мат. наук, доцент, зав. кафедрой прикладной информатики, Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина, г. Сыктывкар, Республика Коми, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-2047-9138>; *e-mail*: yurygol@gmail.com

Ермоленко Андрей Васильевич, канд. физ.-мат. наук, доцент, зав. кафедрой прикладной математики и компьютерных наук, Сыктывкарский государственный университет имени Питирима Сорокина, г. Сыктывкар, Республика Коми, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-2904-1717>; *e-mail*: ea74@list.ru

Поступила в редакцию / Received: 08.07.2022.

Поступила после рецензирования / Revised: 20.09.2022.

Принята к печати / Accepted: 27.09.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-44-52

ИНТЕРАКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРАКТИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ В СТРУКТУРЕ ЦИФРОВОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО МЕЙНСТРИМА

А. И. Архипова¹, В. А. Иванов¹ ✉, А. Г. Пригодина²¹ Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия² Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия

✉ SuperNova779@yandex.ru

Аннотация

Статья выполнена в русле новой образовательной парадигмы, заменяющей установку на «готовое знание» установкой на самостоятельное «производство знаний», т. е. на то, чтобы «научиться учиться».

Цифровизация образования качественно изменила содержание обучения, сделав его информационным, а организацию учебно-познавательной деятельности — более эффективной. Этот процесс проявляется как творчество. Результаты труда педагогов, методистов и ученых выступают универсальным средством образования и предметом обучения. Непрерывное образование предполагает развитие и расширение предметного обучения и компонентов его методической системы через взаимодействие с другими компонентами информационно-образовательной среды. Это, в свою очередь, требует поиска новых организационных форм и средств реализации такой учебной деятельности в современной информационно-коммуникационной среде, что позволит в значительной мере использовать дидактические возможности данной среды.

Отмечается, что коммуникативный аспект и коммуникационные процессы, средства и технологии должны способствовать организации эффективного диалога (общению), восприятию и усвоению обучающимися коммуникативных компетенций, преодолению безграмотного употребления русского языка в киберпространстве. Как показывает практика, последнее стало настоящим филологическим бедствием. Язык виртуальной коммуникации не равен языку реальной коммуникации.

В статье отмечается, что одним из перспективных направлений в условиях цифровой трансформации образования выступает интерактивное обучение как специальная форма организации познавательной деятельности и способ познания, осуществляемый в процессе совместной учебно-познавательной деятельности обучающихся, в котором все участники взаимодействуют друг с другом и обмениваются информацией.

Цифровые технологии могут использоваться в обучении русскому языку на всех ступенях образования. При этом преподаватель может создавать учебные материалы с собственным цифровым интерактивным контентом на основе предложенных программ среды HTML. На сайте «Сила знаний» (ЭОР «Алфавит») и на портале КубГУ (раздел «Инновационная компьютерная дидактика») можно увидеть несколько примеров такого обучения. Авторы считают, что начавшийся процесс доминирования цифровых технологий во всех сферах общественной деятельности (цифровой мейнстрим) должен привести к повышению общего уровня практической грамотности по русскому языку среди всего населения страны.

Ключевые слова: электронные образовательные ресурсы, интерактивные технологии, практическая грамотность, цифровое образование, подготовка педагогов.

Для цитирования:

Архипова А. И., Иванов В. А., Пригодина А. Г. Интерактивные технологии практической грамотности в структуре цифрового образовательного мейнстрима. *Информатика и образование*. 2022;37(5):44–52. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-44-52

INTERACTIVE TECHNOLOGIES OF PRACTICAL LITERACY IN THE DIGITAL EDUCATIONAL MAINSTREAM STRUCTURE

A. I. Arkhipova¹, V. A. Ivanov¹ ✉, A. G. Prigodina²¹ Kuban State University, Krasnodar, Russia² Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

✉ SuperNova779@yandex.ru

Abstract

The article is made in line with the new educational paradigm, replacing the installation of “ready knowledge” with the installation of independent “production of knowledge”, i. e., to “learn to learn”.

Digitalization of education has qualitatively changed the content of education, making it informational, and the organization of educational and cognitive activities more effective. This process manifests itself as creativity. The results of the work of teachers,

methodologists and scientists are a universal means of education and the subject of training. Continuing education involves the development and expansion of subject learning and the components of its methodological system through interaction with other components of the information and educational environment. This, in turn, requires the search for new organizational forms and means of implementing such educational activities in a modern information and communication environment, which will make it possible to use the didactic capabilities of this environment to a much greater extent.

It is noted that the communicative aspect and communication processes, tools and technologies should contribute to the organization of effective dialogue (communication), the perception and assimilation of communicative competencies by students, overcoming illiterate use of the Russian language in cyberspace. As practice shows, the latter has become a real philological disaster. The language of virtual communication is not equal to the language of real communication.

The article notes that one of the promising directions in the conditions of digital transformation of education is interactive learning as a special form of organization of cognitive activity and a way of cognition carried out in the process of joint educational and cognitive activity of students, in which all participants interact with each other and exchange information.

Digital technologies can be used in teaching Russian at all levels of education. At the same time, the teacher can create educational materials with their own digital interactive content based on the proposed HTML environment programs. On the website “The Power of Knowledge” (EOR “Alphabet”) and on the portal of KubGU (section “Innovative computer didactics”), you can see several examples of such training. The authors believe that the process of digital technologies’ dominance in all spheres of public activity (digital mainstream) should lead to an increase in the general level of practical literacy in the Russian language among the entire population of the country.

Keywords: electronic educational resources, interactive technologies, practical literacy, digital education, teacher training.

For citation:

Arkhipova A. I., Ivanov V. A., Prigodina A. G. Interactive technologies of practical literacy in the digital educational mainstream structure. *Informatics and Education*. 2022;37(5):44–52. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-44-52

1. Введение

Цифровой мейнстрим отечественного образования как доминирующее направление его развития стал «головной болью» не только для школьников, студентов, преподавателей и родителей, но и для властей (в силу своей политической значимости) и обозначил перспективы зловещей трансформации того, что мы привыкли считать образованием.

Со времен Платона и эпохи Возрождения педагогика обучения не придумала ничего более полезного, чем живой диалог и книга. Дистанционная форма обучения взяла электронный диалог в арсенал своих методик, а вот книгу как источник знаний практически отвергла. *Дистанционное обучение* (ДО) — это форма реализации образования в конкретной системе обучения, в том числе в предметном обучении на расстоянии с использованием технологий IT-сферы. В силу известных причин и обстоятельств ДО становится все более востребованным, и ему уделяется все большее внимание. В определенной мере эта форма обучения внедрялась в практику предметного обучения в районах с удаленным контингентом обучающихся, в некоторых частных случаях и т. д. И сейчас, и ранее, и в будущем основной формой обучения является, являлся и будет являться *классный урок* (аудиторное занятие) с непосредственным учебно-образовательным взаимодействием всех его субъектов. По общему признанию, эта форма обучения является самой эффективной и предпочтительной [1, 2].

Непосредственное взаимодействие субъектов обучения, учителя и учеников, с одной стороны, развивает чувства общности, коллективизма, а с другой стороны, развивает состоятельность и вместе с тем *интерес, мотивацию* к обучению, что также является важнейшим результатом обучения.

IT-технологии дают новые возможности системе образования и предметного обучения, но *не заменяют* старые, традиционные, поскольку здесь реализация образовательного взаимодействия происходит путем выстраивания множества субъектно-

объектных отношений с системами *искусственного интеллекта*, которые лишены человеческих свойств, эмоций, эмпатии и возможности обращения к социокультурному контексту. Как реальный мир нельзя заменить виртуальным (такая подмена опасна и грозит *технологизацией* мышления), так и нельзя очное обучение с непосредственным образовательным (социокультурным и эмоциональным) взаимодействием заменить сугубо прагматичным электронным обучением.

Обучающая система со встроенными системами искусственного интеллекта (ИИ) плохо учитывает индивидуальные особенности ученика и не может реализовать все возникающие обратные связи обучаемого. В этом случае (особенно на младшем уровне общего образования) роль учителя приходится выполнять родителям. Но и родители не всегда могут полноценно заменить учителя. Следовательно, такие учебные среды следует использовать в школьном обучении преимущественно в качестве дополнительных средств, мультимедийных учебников, тренажеров во внеклассной работе в соответствии с заданием и инструкцией учителя, на базе знаний и умений, полученных учениками на школьном уроке. Умение работать в такой среде также становится важным компонентом предметного обучения, развивающим, кроме предметной компетентности, *самостоятельность и способность к саморазвитию*.

Однако широкого распространения форма дистанционного обучения не получила, что казалось вполне оправданным. Виртуальное взаимодействие в контексте, о котором идет речь, значительно беднее. Часто дистанционное обучение называют обучением *online*, имея в виду обучение посредством компьютерных и телекоммуникационных технологий, осуществляемое в режиме реального времени, *online*, с реализацией множества прямых и обратных связей между всеми субъектами этого обучения. Однако очное предметное обучение, осуществляемое в непосредственном взаимодействии учителя и учеников, тоже проходит в режиме *online* с реализацией и порождением но-

вых прямых и обратных связей. Эта форма обучения и ныне является, и будет являться в дальнейшем самой эффективной и предпочтительной.

В последнее время на проблему технологизации виртуального мира, киберпространства, образовательного киберпространства, а вместе с ней и на проблему технологизации мышления человека обращается все большее внимание. Выводы ученых и исследователей данной проблемы неутешительные:

1. Информационное поле интернета оказывает существенное влияние на ценностно-смысловую сферу личности. Виртуальное пространство не породило своего «виртуального» языка, а агрессивно заимствует национальные языки для своего существования, смешивая их с английским. Сам процесс коммуникации, который в первую очередь подразумевает устное общение, в виртуальном пространстве имеет большей частью письменную реализацию.

2. В условиях дистанционной формы обучения многократно увеличились недостатки классического обучения. Главный из них — это отсутствие стимулов думать и самостоятельно осваивать учебную информацию. Все подается в готовом виде, а затем предлагаются стандартные формы контроля, также не предполагающие работу ума, а требующие в основном запоминания с возможностью списать готовое и получить оценку.

Почему произошла такая метаморфоза в методиках обучения?

Ответ понятен. За всем стоит финансовый интерес. Специалисты в области IT-технологий очень активно включились в процесс создания цифровой продукции для системы образования, создав тысячи цифровых видеокурсов, по существу, представляющих собой оцифрованные, ранее созданные учебные издания, которые руководство оперативно внедрило в высшую школу. Самая актуальная проблема цифрового образования — это проблема учебника. Так как образование — колоссальная социальная сфера, отлично финансируемая, то лидирующие позиции в нем заняли «специалисты-технари», ни дня не работавшие в школе. Но в этой битве педагоги неизменно проигрывают им как самая незащищенная категория в социуме. А «специалисты-технари» диктуют свои «педагогические» подходы и принципы, реализовав их в тысячах лекционных онлайн-курсах, содержание которых уже давно изложено в миллионах учебных изданий. При этом не обращают внимания на выводы группы американских ученых о том, что самый неэффективный метод преподавания — это онлайн-лекции. С целью продвижения своей продукции инициаторы отечественного ДО создали сотни громоздких, дорогостоящих и специально усложненных программных платформ для дистанционного обучения с многоканальным взаимодействием. Их использованию стали обучать по инструкциям из десятков страниц и сотен рисунков, не понимая, что «красота в простоте».

Таким образом, интерактивные цифровые технологии, предлагающие оригинальную подсистему

обучения в рамках предметного обучения с эффективной системой реализации обратной связи с субъектом обучения, должны обеспечить активизацию абстрактных знаний, их восприятие и воспроизведение в условиях различных форм обучения. Примером такого унифицированного средства является проект «Алфавит». Он делает возможным практическое освоение правописания трудных слов русского языка посредством их многократного употребления в разнообразных цифровых средах, что соответствует приему циклической итерации в программировании. Цель данной статьи — показать необходимость реализации и использования интерактивных цифровых проектов, способствующих освоению языка, его когнитивных аспектов, грамматических форм и синтаксиса.

2. Методы исследования

К методам исследования, используемым нами в этой работе, относятся теоретический анализ и синтез подходов и концепций формирования практической грамотности, ретроспективный анализ проблемы формирования навыков практической грамотности на основе личного педагогического опыта, теоретическое моделирование цифровых технологий обучения. Эмпирические методы, примененные нами, включают в себя изучение литературы, документов и результатов применения созданных цифровых технологий; опросно-диагностические методы (беседа, наблюдение, интервьюирование пользователей сети Интернет); экспертное оценивание; опытно-экспериментальную работу; статистические методы — ранжирование, математическая обработка результатов.

В педагогической науке тема практической грамотности относится к категории вечных, как тема Родины в литературе. Ее обсуждение продолжается и в настоящее время. Известно, что для обучения грамотному письму следует прежде всего ответить на вопросы «Чему учить?» и «Как учить?». Выдающиеся педагоги давно нашли ответы на эти вопросы. Так, на первый вопрос ответ дает содержание учебного курса по практической грамотности. На второй вопрос ответ такой: учить надо так, чтобы было интересно и детям, и взрослым. Поэтому наше решение заключается в том, чтобы мотивировать учащегося интересными технологиями, используемыми в процессе обучения. Для этой цели мы разработали большое количество оригинальных сетевых технологий и интерактивных словарных игр [3, 4].

Компьютерные инновационные ресурсы были сгруппированы нами по буквам русского алфавита — так появился проект «Алфавит». Выборку слов, трудных для написания, осуществили из словаря С. И. Ожегова [5]. Особенность проекта в том, что он не имеет аналогов в практике электронного обучения, учителя охотно используют его на уроках русского языка в школе, а вузовские преподаватели — при обучении иностранных студентов в вузах.

Степень реализуемости проекта высокая, поскольку у авторов проекта был задел в форме словарных игр, электронных ресурсов, программ для ЭВМ, зарегистрированных в ФЦИС «Роспатент РФ». Социальный эффект проекта очевиден, а целью его является искоренение безграмотного употребления русского языка в медийном пространстве. Экономическим эффектом его использования станет выход инновационной образовательной продукции на отечественный и зарубежный рынки [6], поскольку в странах Западной Европы в настоящее время открывается много центров по изучению русского языка. Кстати, с инструкциями по модификации контента можно ознакомиться в сетевой программе «Матрица технологий инновационной компьютерной дидактики (ИКД)» (<http://icdau.ru/matrica/web1.html>). Там же можно найти рабочие версии цифровых технологий, которые использованы в проекте.

Следует отметить, что в практике обучения, где требуется запоминать большие объемы информации, явно недостаточно применяются приемы, обеспечивающие педагогическую поддержку этому процессу [7]. Чаще всего используются приемы «принудительной» педагогики — «заучи», «запомни», «перескажи».

Благодаря цифровым технологиям обеспечивается произвольное запоминание учебной информации, т. е. реализуется старинный принцип «повторение — мать учения», который можно охарактеризовать как дидактическую итерацию (термин заимствован из программирования). Следовательно, цифровое обучение создает условия для педагогической рекреации, т. е. предотвращает умственное переутомление учащихся, а кроме того, позволяет выполнить требование педагогической психологии о необходимости визуального представления учебной информации в разных формах.

Существует несколько трактовок процесса понимания научных текстов. По одной из них, в результате процесса понимания мысль движется по герменевтическому (расширяющемуся) кругу; при этом требуется детальный анализ части и целого, рациональное объяснение и интуитивное понимание значения и смысла. В то же время процесс понимания имеет аналитико-синтетический характер: он состоит из исследования семантически необходимых частей текста и их объединения в одно целое. В результате процесса понимания совершается мыслительная переработка текстовой информации, формируется модель текста.

При этом понимание текста, выступая в виде активной познавательной деятельности, выявляет смысловые связи между новой информацией и знаниями учащегося, которые сформировались у него ранее, для акцентуации основного смысла текста, его содержания; понимание обогащает ментальный опыт [8].

Герменевтический прием «Распределение» способствует вдумчивому изучению определений и правил. Определения из изучаемой темы развиты

на словосочетания, которые изменены или переставлены местами, что соответственно изменяет смысл определения. Задача обучающегося — рассортировать их по категориям: верные к верным, ошибочные к ошибочным, неполные к неполным и т. д. Благодаря такому приему учащийся, несмотря на схожесть текстов, уясняет различие в их смыслах, систематическое обращение к текстам способствует запоминанию верного определения и осознанному восприятию его смысла.

Следующий герменевтический прием — «Реконструкция» — заключается в том, чтобы восстановить определение за счет анализа его частей, вырванных из первоначального текста. Реконструкция полного определения происходит при полном понимании значений символов и терминов, из которых оно состоит. Такая работа позволяет выполнять требования метода малого герменевтического круга, при котором движение мысли происходит от частного к общему, затрагивая одно понятие изучаемой темы. Прием реализован в среде HTML с использованием технологии «Перетаскивание».

В герменевтическом приеме «Учебный лабиринт» акцент сделан на игровую деятельность, которую используют в своих исследованиях представители лингвистической герменевтики [8–10]. Суть данного приема игровой деятельности в том, чтобы с помощью мыслительных и игровых действий найти готовое знание. Так, в «Учебном лабиринте» обучающийся, совершая игровые действия (проходя через лабиринт), анализирует научное понятие, выделяет его структурные элементы, обнаруживает их в лабиринте в правильной последовательности, т. е. совершает мыслительные действия совместно с игровыми.

Поскольку все герменевтические приемы обучения русскому языку интегрированы в системы электронных образовательных ресурсов (ЭОР) на программной платформе HTML, то, естественно, они направляют обучающихся на овладение общей подготовкой в данной предметной области.

3. Результаты

Каждая из цифровых технологий представляет собой набор дидактических приемов, направленных на повышение когнитивных способностей обучающихся. Ниже приведены примеры подобных интерактивных обучающих технологий.

1. *Зрительный диктант*. Данная технология направлена на развитие двух когнитивных функций — быстрого чтения и запоминание (рис. 1) [11, 12]. На короткое время (его продолжительность можно регулировать) демонстрируется список слов, который обучающийся должен прочитать и запомнить. А затем в появившемся новом окне необходимо убрать слова, которых не было в тексте списка.

2. *Учебный лабиринт*. В этой технологии использована программа, позволяющая передвигать рисунок ученика по игровому полю (комнатам лаби-

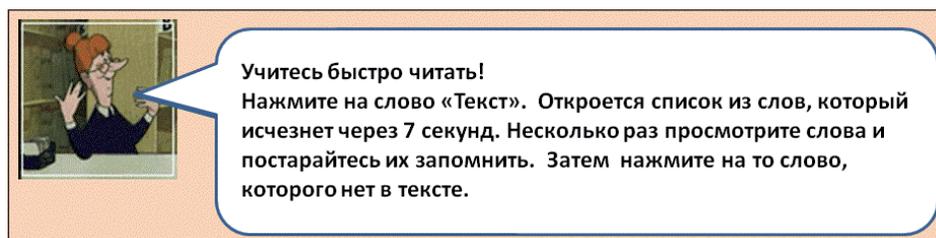


Рис. 1. Окно «Зрительный диктант», фрагмент

Fig. 1. Pop-up "Visual dictation", a fragment

ринта), в которых записаны слова с пропущенными («сомнительными») буквами. Игровое поле представляет собой лабиринт из 25 комнат. Имеются интерактивные кнопки (*вверх, вниз, влево, вправо*), с помощью которых можно провести ученика через те комнаты, в которых расположены слова, соответствующие заданию (например, слова с пропущенной буквой «а» или «о»). Ученик фиксирует номера соответствующих комнат, а программа проверяет ре-

зультат. Неоднократное использование технологии с заменой слов в лабиринте способствует запоминанию их правильного написания.

3. *Выпадающий список*. Технология развивает несколько когнитивных функций, таких как память, внимание, логическое мышление и т. д. Обучающемуся необходимо выбрать из выпадающего списка (рис. 2) соответствующее приведенному предложению слово.

Список

Из списка выберите слова, соответствующие предложениям в рамках. Сначала нажимайте на голубые кнопки. При этом появляется список. Нажимайте на слово. Программа сообщает результат.

Верно

1. Предельный внешний размер предмета.	габарит
2. Обеспечение газом домов.	выбрать
3. Площадка, засеянная травой.	выбрать
4. Наша звездная система.	выбрать
5. Мелкие принадлежности туалета - ленты, пуговицы и др.	выбрать
6. Помещение для выставки картин.	выбрать
7. В шахматной партии жертва фигурой для последующей атаки.	гаперя галантерея галифе газон габарит галлюцинация гамбит газификация Галактика гангстер выторать
8. Военные брюки особого покроя.	
9. Участник бандитской шайки.	
10. Болезненное состояние, при котором возникают несуществующие в действительности образы.	

Рис. 2. Рабочее поле технологии «выпадающий список»

Fig. 2. Working field of technology «drop-down list»

В каждой из цифровых частей проекта «Алфавит» используется набор разнообразных технологий [13, 14].

Продуктивно также использование цифровых интерактивных игр [15–17]. Так, каждый из ресурсов «Алфавита» завершается программой (инструментальной оболочкой) «Восхождение на пик Знаний», включающей 10 интерактивных заданий, которые не обязательно привязаны к определенной букве. Например, в цифровой игре «Восхождение на пик им. С. И. Ожегова» использованы интерактивные задания: правописание окончаний, приставок «пре-» и «при-», корней с чередованием гласных, технологии «Интерактивный словарь», «Пробелы в знаниях», «Поле знаний», «Фасетный тест», а также компьютерные учебные игры «Морской бой» и «Сокровища подземелья».

Для учителя при использовании технологий проекта важны следующие умения: работа с инструментами текстового редактора Word, приложения Power Point и графического редактора Paint. Первая программа требуется для создания текстов, вторая — для подготовки рисунков, третья — для их коррекции. Однако тратить время на освоение этих программ не нужно, поскольку они всем знакомы. Укажем только на те изменения, с помощью которых создаются персональные материалы. При этом формат всех изложенных выше технологий — «.html». Эти файлы удобно открывать с помощью русской версии программы «Notepad» (распространяется в сети бесплатно). В открывшихся кодах следует выполнить некоторые изменения.

4. Обсуждение

Проект «Алфавит» — это глобальная программно-методическая конструкция и результат коллективного творческого труда учителей, преподавателей вуза, аспирантов, студентов и школьников. Автор идеи и руководитель проекта — доктор педагогических наук, профессор А. И. Архипова.

На протяжении 30 лет на базе Кубанского государственного университета (КубГУ) издавался научно-методический журнал «Школьные годы» (с электронным приложением), адресованный педагогам и учащимся. В результате был создан огромный арсенал цифровых технологий для предметного обучения, который экстраполирован также на область практической грамотности по русскому языку. В журнале систематически публиковались материалы этого проекта, а их интерактивные цифровые версии размещались на сайтах журнала и портале КубГУ. Журнал распространялся по федеральной подписке, а также имел компьютерную и интернет-поддержку в виде CD-дисков и нескольких сайтов. Статьи, выходившие в журнале, размещались в информационной базе Научной электронной библиотеки (НЭБ) и РИНЦ. С редакцией журнала активно сотрудничали многие практикующие учителя со всей Российской Федерации, публикуя в нем свои персональные раз-

работки. Через Научную электронную библиотеку РФ осуществлялась подписка национальных библиотек стран ближнего зарубежья на архивы журнала. Таким образом, текстовые и электронные материалы проекта «Алфавит» получали широкое распространение в образовательных учреждениях России и других стран.

Приведем ряд конкретных примеров. Так, цифровые ресурсы проекта активно использовались в процессе обучения иностранных студентов в вузах города Краснодара, например, в Кубанском государственном технологическом университете. Учитель русского языка и литературы С. Б. Нужнова привлекла к работе над проектом старшеклассников МБОУ СОШ № 13 ст. Медведовской, которые не только осваивали авторские цифровые технологии по русскому языку, размещенные в глобальной сети, но и создавали новые. В результате коллектив учащихся школы стал победителем краевого конкурса творческих проектов и получил региональный грант.

Доцент КубГУ Е. А. Пичкурченко неоднократно проводила занятия с учителями Краснодарского края, используя в том числе цифровые ресурсы проекта. Изучение цифровых технологий проекта систематически проводилось на занятиях с преподавателями филологического факультета КубГУ в системе Института переподготовки педагогических кадров (ИППК) КубГУ. При этом осуществлялось сотрудничество преподавателей-филологов и студентов кафедры математики и компьютерных технологий.

Так, доктор филологических наук, профессор С. О. Малевинский [18, 19] разработал инновационный учебный курс «Филология в системе современного гуманитарного знания». Структура курса включает в себя следующие разделы: лингвистические мифы и основания реалистической лингвистики, миф о языке, формы существования языка и типы речи и др. (всего 10 разделов). Студенты математического факультета разместили учебный курс в глобальной сети и подготовили к каждому из разделов соответствующие цифровые тестовые системы, используя программы интернет-конструктора технологий «Сила знаний».

Таким образом, апробация проекта носит перманентный характер [20], поскольку «Алфавит» непрерывно развивается, прирастая новыми дидактическими средствами и цифровыми технологиями и вовлекая в число участников новых представителей из сферы образования.

5. Выводы

Цифровые технологии можно применять в обучении языку по-разному. Одной из форм такого использования являются интерактивные цифровые технологии, или электронные ресурсы, медиа-объекты в аудиторной работе. На практике могут быть продемонстрированы анимационные учебные материалы с выводом на проекционный экран или интерактивную доску, мультимедийные программы, аудио- и видеoinформация с цифровых носителей:

CD/DVD, съемных дисков на устройствах USB. Однако все это должно быть подчинено единой цели аудиторного занятия (предметному обучению) и органично вплестаться в его содержание.

Другой формой применения цифровых технологий является самостоятельная работа с электронной и медийной учебно-познавательной информацией с погружением в виртуальный мир компьютера и сети Интернет, с использованием различных служб и электронных порталов или веб-ресурсов. Это может быть также учебно-познавательная работа в рамках *индивидуальной учебной траектории* или самообучения языку, которая предоставляет следующие возможности:

- созданные с помощью проекта «Алфавит» цифровые технологии могут трансформировать учебный процесс: постепенно учителя откажутся от методик с «готовыми рецептами профессиональной педагогической деятельности» и подготовят персональное учебно-методическое обеспечение цифровизации предметного обучения [21];
- проект «Алфавит» может исполнять роль как сугубо методическую, поскольку демонстрирует учителям и обучающимся нетрадиционные технологии обучения языку, так и культурную, мотивируя пользователей сети Интернет к формированию навыков грамотного написания слов русского языка;
- создание «Алфавита» направлено на решение острейшей проблемы, которая состоит в том, что в глобальной сети и медиапространстве наш родной язык начинает вытесняться иностранными заимствованиями и техническими терминами. При этом родной язык засоряется чуждыми, ненужными словами, для которых всегда можно найти русские эквиваленты, поскольку именно русский язык исторически сформировался так, что стал **ВЕЛИКИМ И МОГУЧИМ**. Поэтому в педагогической и социальной среде необходимо актуализировать проблему экологии родного языка;
- работа в структуре проекта «Алфавит» априори сопровождается выполнением логических и когнитивных операций, используемых в процессе аналитико-синтетической мыслительной деятельности, в связи с чем его технологии могут быть эффективными педагогическими средствами развития интеллектуальных способностей учащихся.

Финансирование

Статья подготовлена при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № ППН-21.1/10 «Цифровая дидактика для предметного обучения, воспитательной работы учащихся и профессиональной подготовки учителей».

Funding

The article was prepared with the financial support of the Kuban Science Foundation within the framework of scientific project No. PPN-21.1/10 “Digital didactics for subject learning, students’ educational work and professional training of teachers”.

Список источников / References

1. Arkhipova A. I., Grushevsky S. P., Pichkurenko E. A., Shmalko S. P., Sevryugina N. I. Hermeneutical approach to the design process interactive learning environment technologies. *CEUR Workshop Proceedings. Ser. DLT 2020 — Selected Papers of the 5th International Scientific and Practical Conference “Distance Learning Technologies”*. 2021;(2914):25–37. Available at : <https://ceur-ws.org/Vol-2914/paper3.pdf>
2. Arkhipova A. I., Grushevsky S. P., Ivanov V. A., Sevryugina N. I., Shmalko S. P., Pichkurenko E. A. Interactive computer technologies to support and develop reading in primary school children. *CEUR Workshop Proceedings. Ser. DLT 2020 — Selected Papers of the 5th International Scientific and Practical Conference “Distance Learning Technologies”*. 2021;(2914):38–47. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-2914/paper4.pdf>
3. Засядко О. В., Косярский А. А., Шмалько С. П. Визуализация в изучении простейших уравнений математической физики. *Образовательные технологии*. 2019;(1):103–109. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=40380704>
- [Zasyadko O. V., Kosyarsky A. A., Shmalko S. P. Visualization in the study of the simplest equations of mathematical physics. *Educational Technologies*. 2019;(1):103–109. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=40380704>]
4. Емцева С. Б., Гавриленко Е. Н., Шмалько С. П. Разработка проектов персонализированной профессиональной траектории учащихся в условиях общеобразовательной школы — актуальное требование новой реальности. *Школьные технологии*. 2021;(1):19–28. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45735264>
- [Emtseva S. B., Gavrilenko E. N., Shmalko S. P. Development of projects for personalized professional trajectory of students in the conditions of a general educational school — a new demand of a new reality. *School Technologies*. 2021;(1):19–28. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=45735264>]
5. Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка: 72500 слов и 7500 фразеологических выражений. М.: Азъ; 1992. 955 с.
- [Ozhegov S. I., Shvedova N. Y. Explanatory dictionary of the Russian language: 72500 words and 7500 phraseological expressions. Moscow, Az; 1992. 955 p. (In Russian.)]
6. Добровольская Н. Ю., Гаркуша О. В. Исследование готовности учителей информатики к изучению визуального программирования в рамках дополнительного образования. *Научное обеспечение системы повышения квалификации кадров*. 2022;1(50):115–125. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48064215>
- [Dobrovolskaya N. Y., Garkusha O. V. Research of the readiness of computer science teachers to study visual programming in the framework of additional education. *Scientific Support of a System of Advanced Training*. 2022;1(50):115–125. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48064215>]
7. Колин К. К. Образование для будущего. *Методология и методика информатизации образования: концепции, программы, технологии. Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Смоленск: СГПУ; 2004:3–19. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35355454>
- [Kolin K. K. Education for the future. *Methodology and methods of informatization of education: Concepts, programs, technologies. Materials of the all-russian scientific and practical conference*. Smolensk, SSPU; 2004:3–19. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35355454>]
8. Бозин Г. И. Обретение способности понимать: Введение в филологическую герменевтику. Тверь; 2001. 731 с. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7439420/>

[Bogin G. I. Gaining the ability to understand: An introduction to philological hermeneutics. Tver; 2001. 731 p. (In Russian.) Available at: <https://studfile.net/preview/7439420/>]

9. *Закирова А. Ф.* Теоретические основы педагогической герменевтики. Тюмень: Тюменский государственный университет; 2011. 152 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20223841>

[Zakirova A. F. Theoretical fundamentals of pedagogical hermeneutics. Tyumen, University of Tyumen; 2001. 152 p. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20223841>]

10. *Гадамер Х.-Г.* Истина и метод: Основы философской герменевтики: пер. с нем. М.: Прогресс; 1988. 704 с. Режим доступа: <https://sci.house/filosofiya-fundamentalnaya-scibook/istina-metod-osnovyi-filos-germenevtiki-per.html>

[Gadamer H.-G. Truth and method: Fundamentals of philosophical hermeneutics: Trans. from german. Moscow, Progress; 1988. 704 p. (In Russian.) Available at: <https://sci.house/filosofiya-fundamentalnaya-scibook/istina-metod-osnovyi-filos-germenevtiki-per.html>]

11. *Bloom B. S.* Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals: Handbook I: Cognitive domain. New York, Longmans; 1956. 207 p. Available at: https://www.ifeet.org/files/-Benjamin_S._Bloom_-_Taxonomy_of_Educational_Object.pdf

12. *Бершадская Е. А., Бершадский М. Е.* Когнитивные технологии в образовании. *Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Педагогика. Психология. Философия.* 2016;3(03):5–11. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26696340>

[Bershadskaya E. A., Bershadskij M. E. Cognitive technologies in education. *Vestnik of North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov. Pedagogics. Psychology. Philosophy.* 2016;3(03):5–11. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26696340>]

13. *Арзамасцева Н. В.* Тенденции в развитии будущей системы образования и проблемы, вызванные ими. *Психолого-педагогические исследования в системе образования: I Всероссийская научно-практическая конференция.* Москва – Челябинск: Образование; 2003:231–237. Режим доступа: <https://rusist.info/book/472746>

[Arzamastseva N. V. Trends in the development of the future education system and the problems caused by it. *Psychological and pedagogical research in the education system: I All-Russian scientific and practical conference.* Moscow; Chelyabinsk, Education; 2003:231–237. (In Russian.) Available at: <https://rusist.info/book/472746>

14. *Бегларян М. Е., Ващекин А. Н., Квачко В. Ю., Пичкуненко Е. А.* Математика. Часть 1. Учебное пособие. М.: РГУП; 2015. 184 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27908413>

[Beglaryan M. E., Vashchekin A. N., Kvachko V. Yu., Pichkurenko E. A. Mathematics. Volume 1. Textbook. Moscow, RSUJ; 2015. 184 p. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27908413>]

15. *Грушевский С. П., Харченко А. В.* Способы формирования умения конструировать учебные материалы по информатике. *Актуальные проблемы обучения математике и информатике в школе и вузе. Материалы V международной заочной научной конференции. Под общей редакцией Л. И. Боженовой, М. В. Егуповой.* М.: Московский педагогический государственный университет; 2020:270–276. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43970983>

[Grushevskii S. P., Kharchenko A. V. Ways of forming the ability to design educational materials on computer science. *Current problems of teaching mathematics and informatics at school and university. Proceedings of the V International Correspondence Scientific Conference. Under the general edi-*

torship of L. I. Bozhenkova, M. V. Egupova. Moscow, Moscow Pedagogical State University; 2020:270–276. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43970983>]

16. *Назарова О. В., Назаров А. В.* О преимуществах свободно распространяемого программного обеспечения в дистанционном обучении. *Педагогическая информатика.* 2020;(3):34–47. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44091751>

[Nazarova O. V., Nazarov A. V. About the benefits of free software in e-learning. *Pedagogical Informatics.* 2020;(3):34–47. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44091751>]

17. *Лазарев В. А.* О некоторых выводах и проблемах в работе с одаренными школьниками. *Continuum. Математика. Информатика. Образование.* 2020;(1(17)):24–28. DOI: 10.24888/2500-1957-2020-17-1-24-28

[Lazarev V. A. About some conclusions and problems in working with gifted students. *Continuum. Maths. Informatics. Education.* 2020;(1(17)):24–28. (In Russian.) DOI: 10.24888/2500-1957-2020-17-1-24-28]

18. *Малевинский С. О.* Русские существительные, выражающие значение неопределенности референта. *Континуальность и дискретность в языке и речи. Материалы VIII Всероссийской научной конференции.* Краснодар: Кубанский государственный университет; 2021:27–30. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47308000>

[Malevinsky S. O. Russian nouns expressing the meaning of the uncertainty of the referent. *Continuity and discreteness in language and speech. Materials of the VIII All-Russian Scientific Conference.* Krasnodar, Kuban State University; 2021:27–30. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47308000>]

19. *Малевинский С. О.* Русские существительные, выражающие реляционные значения. *Значение как феномен актуального языкового сознания носителя языка: сборник научных статей.* Воронеж: Ритм; 2021:77–84. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47499851&pf=1>

[Malevinsky S. O. Russian nouns expressing the meaning of the uncertainty of the referent. *Meaning as a Phenomenon of the Current Linguistic Consciousness of Native Speaker: Collection of scientific articles.* Voronezh, Rhythm; 2021:77–84. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47499851&pf=1>

20. *Пичкуненко Е. А., Колесник Л. М., Колесник Л. М.* Научно-методические подходы к анализу педагогического опыта. *Современный специалист и профессиональные компетенции: Методический аспект подготовки: сборник трудов конференции.* Краснодар: Кубанский социально-экономический институт; 2016:84–90. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27645647>

[Pichkurenko E. A., Kolesnik L. M., Kolesnik L. M. Scientific and methodological approaches to the analysis of pedagogical experience. *Modern specialist and professional competencies: Methodological Aspect of Training: Proceedings of the conference.* Krasnodar, Kuban Socio-Economic Institute; 2016:84–90. (In Russian.) Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27645647>]

21. *Ситникова М. И.* Принципы построения концепции формирования культуры профессионально-педагогической самореализации преподавателя вуза. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки.* 2010;(6(77)):92–100. Режим доступа: www.bsuedu.ru/upload/iblock/c81/6_77_%205+.pdf

[Sitnikova M. I. Principles of constructing the concept of forming a culture of professional and pedagogical self-realization of a university teacher. *Belgorod State University Scientific bulletin. Humanities. Philology. Journalism. Pedagogy. Psychology.* 2010;(6(77)):92–100. (In Russian.) Available at: www.bsuedu.ru/upload/iblock/c81/6_77_%205+.pdf]

Информация об авторах

Архипова Алевтина Ивановна, доктор пед. наук, профессор, профессор кафедры информационных систем и технологий в образовании, Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-0363-348X>; *e-mail*: aiam@bk.ru

Иванов Виктор Александрович, канд. пед. наук, доцент кафедры оптоэлектроники, Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-0541-6457>; *e-mail*: SuperNova779@yandex.ru

Пригодина Анна Геннадьевна, канд. пед. наук, доцент кафедры прикладной математики, Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-2653-8998>; *e-mail*: zvezdochka_11.01@mail.ru

Information about the authors

Alevtina I. Arkhipova, Doctor of Sciences (Education), Professor, Professor at the Department of Information Educational Technologies, Kuban State University, Krasnodar, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-0363-348X>; *e-mail*: aiam@bk.ru

Viktor A. Ivanov, Candidate of Sciences (Education), Associate Professor at the Department of Optoelectronics, Kuban State University, Krasnodar, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-0541-6457>; *e-mail*: SuperNova779@yandex.ru

Anna G. Prigodina, Candidate of Sciences (Education), Associate Professor at the Department of Applied Mathematics, Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-2653-8998>; *e-mail*: zvezdochka_11.01@mail.ru

Поступила в редакцию / Received: 30.06.2022.

Поступила после рецензирования / Revised: 09.09.2022.

Принята к печати / Accepted: 13.09.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-53-61

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ ШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ЕГО КАЧЕСТВО В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ COVID-19

Н. В. Медведева¹✉, Е. В. Фролова², О. В. Рогач²¹ *Российский государственный социальный университет, г. Москва, Россия*² *Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, г. Москва, Россия*

✉ nmedvedeva1984@mail.ru

Аннотация

Пандемия COVID-19 ускорила процесс цифровизации школьного образования, перевод части занятий в виртуальное пространство. Однако неоднозначность восприятия происходящих перемен, высокий уровень дискуссионности в оценке преимуществ и рисков масштабной цифровизации актуализируют эмпирические исследования, анализ мнений родительской общественности. Цель статьи — изучение влияния процесса цифровизации школьного образования на качество образовательных услуг в условиях пандемии COVID-19. Ключевой метод исследования — анкетный опрос населения. Исследование носило пилотажный характер и было проведено в апреле 2020 года, когда пандемия спровоцировала ускоренную цифровизацию и, как следствие, трансформацию образовательного процесса. По результатам исследования выделены зоны риска для школьников при освоении образовательных программ в режиме онлайн: усложнение деятельности, развитие стресса, дополнительные нагрузки, снижение учебной дисциплины, в том числе фрагментарное присутствие или полное отсутствие школьников на дистанционных занятиях. Данные риски приводят к ухудшению подготовки к ЕГЭ и ОГЭ, снижают качество образования. Сделан вывод о необходимости внедрения игровых технологий, форм психологической поддержки для снижения уровня стресса школьников, формирования доступных образовательных ресурсов, обеспечивающих комфортное пространство обучения в условиях дистанционного режима. Результаты исследования свидетельствуют о важности усиления системы контроля образовательной активности учеников, что снизит риски развития социального и образовательного неблагополучия в школьной среде. В заключение отмечается, что, несмотря на высокий уровень недоверия родительской общественности к обучению в дистанционном формате, цифровые технологии образования необходимы для перехода к персонализированному или личностно-ориентированному обучению, но внедрение данных мер требует комплексного подхода к информатизации образования и трансформации учебного процесса.

Ключевые слова: школьное образование, качество образования, цифровизация, пандемия.

Для цитирования:

Медведева Н. В., Фролова Е. В., Рогач О. В. Влияние цифровизации школьного образования на его качество в условиях пандемии COVID-19. *Информатика и образование*. 2022;37(5):53–61. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-53-61

THE IMPACT OF SCHOOL EDUCATION DIGITALIZATION ON ITS QUALITY IN THE CONDITIONS OF THE COVID-19 PANDEMIC

N. V. Medvedeva¹✉, E. V. Frolova², O. V. Rogach²¹ *Russian State Social University, Moscow, Russia*² *Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia*

✉ nmedvedeva1984@mail.ru

Abstract

The COVID-19 pandemic has accelerated the process of digitalization of school education, the transfer of some classes to the virtual space. However, the ambiguity of the perception of the changes taking place, the high level of discussion in assessing the advantages and risks of large-scale digitalization actualizes empirical research, analysis of the opinions of the parent community. The purpose of the article is to analyze the impact of the digitalization of school education on the quality of educational services in the context of the COVID-19 pandemic. The authors used methods of generalization, classification, analysis of documents, comparative analysis. The key research method is a questionnaire survey of the population. The study was of a pilot nature and was conducted in April 2020 — the period when the pandemic provoked accelerated digitalization and, as a result, the transformation of the educational process. The risk zones for schoolchildren during the development of educational programs online are highlighted: the complication of activities, the development of stress, additional loads, a decrease in academic discipline, including the fragmentary presence or complete absence of schoolchildren in distance classes. These risks lead to a deterioration of preparation for the Unified State Exam and OGE, reduce the quality of education. The conclusion is made about the need to introduce gaming technologies, forms of psychological support to reduce the stress level of schoolchildren, the formation of accessible educational resources that provide a comfortable learning space in a distance mode. The results of the study indicate the need to strengthen the system of monitoring the educational activity

of schoolchildren, which will reduce the risks of developing social and educational problems in the school environment. In conclusion, it is noted that, despite the high level of distrust of the parent community towards distance learning, digital education technologies are necessary for the transition to personalized or personality-oriented learning, but the implementation of these measures requires an integrated approach to informatization of education and transformation of the educational process.

Keywords: school education, quality of education, digitalization, pandemic.

For citation:

Medvedeva N. V., Frolova E. V., Rogach O. V. The impact of school education digitalization on its quality in the conditions of the COVID-19 pandemic. *Informatics and Education*. 2022;37(5):53–61. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-53-61

1. Введение

Цифровизация школьного образования является современным трендом развития образовательных систем во многих странах мира. Проект ОЭСР «Будущее образования и навыков: Образование 2030» (Future of Education and Skills: Education 2030) направлен на модернизацию школьного образования с учетом предстоящих изменений. Трансформация образования в рамках устойчивого развития является одной из целей ЮНЕСКО, а ее глобальная инициатива — «Будущее образование» (до 2050 года) — ориентирована на переосмысление роли знания в формировании будущего человечества [1]. Данные проекты предполагают разработку новых подходов к обучению, в том числе в условиях цифровизации.

В настоящее время одной из стратегических задач России в сфере образования является «внедрение на уровнях основного общего и среднего общего образования новых методов обучения и воспитания, образовательных технологий, обеспечивающих освоение обучающимися базовых навыков и умений, повышение их мотивации к обучению и вовлеченности в образовательный процесс» [2]. Данные задачи находят свое отражение в национальном проекте «Образование» [3].

При этом электронное обучение по многим направлениям не уступает традиционному и представляет собой относительно развивающуюся систему образования. Исследования готовности педагогов, обучающихся и их родителей (законных представителей) к внедрению технологий электронного обучения вызывают повышенный интерес во многих странах. По мнению Ф. Симуи и др., формат открытого дистанционного образования будет процветать и послужит катализатором роста высшего образования в Замбии [4]. Результаты исследований, проведенных в школах Кипра, показали проблемы онлайн-обучения: отчуждение, маргинализация, управление временем, бюрократия, обеспечение доступности технического оборудования и качества программ дистанционного обучения. Решение этих проблем видится в реализации таких мер, как командная работа, децентрализация образовательной системы, психологическая помощь [5]. В дополнение к данным предложениям можно отнести идеи о необходимости сочетания принципов традиционной и цифровой педагогики, учета ситуационных факторов и ресурсных возможностей образовательных организаций [6].

В исследовании американских ученых подчеркивается роль местных и региональных органов власти при организации дистанционного обучения в период

эпидемиологических ограничений. Основное внимание должно уделяться ресурсным возможностям образовательных организаций, различных групп учащихся. Дисфункции и проблемы поддержания качества «удаленного» обучения определяются нарастанием процессов социального и цифрового неравенства в обществе. Пандемия и связанные с ней социальные потрясения, такие как безработица, неадекватный или ограниченный доступ к здравоохранению, вынужденная изоляция, формируют дополнительные риски общественного развития. Соответственно, муниципальная политика должна обеспечивать мониторинг готовности разных типов школ (например, сельские, городские и пригородные) к дистанционному обучению, учитывать их ограничения в доступе к цифровым ресурсам учащихся.

Аналогичные исследования оценки готовности студентов к электронному обучению в Бангладеш являются предметом научного анализа Г. Кабира и др. Для исследования применялась модель многомерной линейной регрессии связи готовности к электронному обучению с воспринимаемым стрессом от электронного обучения и другими независимыми предикторами. В результате учеными выявлено, что с увеличением воспринимаемого учащимися уровня стресса при электронном обучении средний балл готовности значительно снижается [7].

Факторы стресса в условиях онлайн-обучения становятся предметом многих международных исследований. Рост беспокойства среди родительской общественности отмечается в работах немецких ученых. Значительно усилились семейные конфликты, опасения социальной изоляции, родители отмечали нарастание бессилия и беспомощности [8]. По мнению М. В. Виниченко и Дж. С. Нарайнена, в условиях онлайн-обучения ухудшается здоровье, психологическое состояние всех участников процесса обучения [9].

С. Таннерт и А. Гроснер считают, что перемещение обучения из школы в домашнюю среду формирует риски эмоциональных и мотивационных проблем [10]. В этом контексте А. Ханреди отмечает необходимость реализации вспомогательных мер по психологической поддержке обучаемых. Свою перспективность показывают такие направления деятельности, как тесное сотрудничество с семьями, увязка целей индивидуальной образовательной программы с повседневными делами учащихся, поддержка доступа к информационным ресурсам, конструктивное взаимодействие со сверстниками, адаптация мониторинга успеваемости для формата дистанционного обучения [11].

Аналогично в уязвимой позиции оказались учителя, особенно старшей возрастной группы с низким уровнем цифровой компетенции. Чрезмерная интенсификация работы учителя инициирует такие негативные последствия, как имитация деятельности, профессиональное выгорание [12].

Важным аспектом дистанционного обучения является мотивация самих обучающихся. Изучению взаимосвязи между уровнем когнитивной гибкости студентов и их мотивацией к дистанционному обучению в Турции посвящена статья У. Бертиза и А. Косамана Кароглу. Исследователями отмечается, что время, проведенное в среде дистанционного обучения, и частота посещения синхронных классов считаются ключевыми факторами, влияющими на мотивацию студентов к дистанционному обучению [13].

Качество коммуникации между учеником и учителем становится неперенным атрибутом поддержания мотивации к обучению в условиях дистанционного образования. Однако международные исследования показывают наличие ряда существенных проблем. Так, в Education Week Research Center указывается, что учителя сообщили о ежедневных или еженедельных контактах только с 50 % своих учеников, при этом с рядом учащихся связь была потеряна полностью [14]. Следствием указанных дисфункций становится недостаточный уровень подготовки учащихся, в первую очередь в наибольшей зоне риска оказываются творческие, коммуникативные компетенции молодежи [15].

Не менее значимым фактором обеспечения качества дистанционного обучения выступает цифровая грамотность как учащихся, так и педагогов. На материалах исследования Индонезии У. У. Празетайани и И. Крисмайани сделан вывод о необходимости разработки мер по формированию цифровых компетенций, ценностей и культуры учащихся при переходе к дистанционному обучению. Тематический анализ результатов полуструктурированного интервью позволил выделить ключевые контексты развития «цифровой осознанности» в рамках дистанционного обучения: понимание целей и норм дистанционного обучения, развитие навыков работы на соответствующих цифровых платформах, формирование стратегии обучения, освоение образовательных информационных ресурсов [16]. Таким образом, проведенные исследования актуализируют проблему оценки влияния цифровизации на качество школьного образования, изучения специфики организации учебного процесса в условиях онлайн-формата.

2. Материалы и методы

Цель исследования — анализ влияния процесса цифровизации школьного образования на качество образовательных услуг в условиях пандемии COVID-19. В современном научном пространстве данные вопросы находятся в фокусе внимания многих ученых и ввиду длительности периода пандемии

сформирован задел для интерпретации изменений, происходящих в системе школьного образования сегодня.

Основу исследования составил вторичный анализ данных опроса Фонда общественного мнения (ФОМ) «Дистанционное обучение школьников. Нравится ли школьникам “удалёнка”? Скучают ли дети по своим товарищам?» (17–19 апреля 2020 года). Данный опрос является всероссийским телефонным. Выборка общероссийская — 1000 респондентов, статистическая погрешность не превышает 3,8 %. Предметом изучения для анализа были ответы респондентов, проживающих в средних городах России с численностью от 50 до 250 тыс. человек (что составило 19 % от общего количества опрошенных в первом опросе и 18 % — во втором опросе).

Для уточнения отдельных позиций, посвященных особенностям дистанционного обучения, было проведено разведывательное исследование. Его отличительной чертой выступает фокусировка внимания на отдельной территориальной единице (г. Лобня), которая с точки зрения своих характерных черт не является лидером цифровой трансформации образования, а также не демонстрирует высокие показатели качества образования в предпандемийный период. Такой выбор эмпирической базы позволяет интерпретировать показатели оценки респондентов г. Лобни как оценочные суждения, свойственные средним городам РФ (численность от 50 тыс. до 250 тыс. человек), которых в настоящий момент насчитывается более 150.

В исследовании авторский коллектив опирался на комплекс аналитических методов и процедур, что позволило решить следующие исследовательские задачи: определить оценки населения образовательных реформ в системе школьного образования, восприятие качества школьного образования на фоне масштабной цифровизации, проблемы развития муниципальной системы образования в условиях пандемии. Для решения поставленных в исследовании задач авторами использовались методы обобщения, классификации, анализа документов, сравнительного анализа. Ключевым методом исследования определен анкетный опрос населения.

Проведенный анкетный опрос обладал следующей спецификой. Прежде всего, следует отметить, что исследование носило пилотажный характер и было проведено в апреле 2020 года (как и опрос ФОМ) — период, когда пандемия спровоцировала ускоренную цифровизацию и, как следствие, трансформацию образовательного процесса. Другой характерной чертой выступает принцип поиска и отбора респондентов: опрос был проведен в группе «Лобня» в социальной сети «ВКонтакте». Выбор сетевого сообщества определен как карантинными мерами и вызванными ими ограничениями, так и активным развитием цифровых сетевых сообществ (рост пользователей, концентрация активных представителей местного населения и пр.). Выборка респондентов стихийная (N = 110 человек). Респондентами вы-

ступили родители школьников г. Лобни. Размер выборки обусловлен типом исследования (пилотажное) и «размерами» группы «Лобня» в социальной сети «ВКонтакте». Распределение респондентов по полу соответствует следующим пропорциям: 75,5 % женщин и 24,5 % мужчин. Можно заметить, что существенное доминирование женской аудитории в выборке респондентов не соответствует статическому распределению россиян по полу. Однако в данном исследовании авторы сознательно допускают возможность искажения долевого распределения респондентов по полу ввиду более активной роли женщин в выборе и обсуждении проблем школьного образования.

Инструментарий исследования представлен анкетой, состоящей из нескольких блоков, вопросы которых позволяют решить обозначенные выше исследовательские задачи. Анкета была составлена с использованием платформы «Google формы», ссылка на которую была размещена в группе «Лобня»*. Обработка материалов исследования осуществлялась без использования специализированного программного обеспечения, что дает возможность воспроизводства методологии исследования другими авторскими коллективами.

3. Результаты исследования

Масштабное исследование, проведенное экспертами ФОМ в апреле 2020 года, позволило выявить мнение родителей учащихся о ситуации со школьным образованием в период пандемии [17]. Результаты опроса «Дистанционное обучение школьников. Нравится ли школьникам “удалёнка”? Скучают ли дети по своим товарищам?» свидетельствуют, что около половины опрошенных родителей отмечают увеличение учебной нагрузки в связи с переходом на дистанционное обучение. При этом наибольшие сложности переход вызвал у жителей средних городов. Об этом заявили 63 % опрошенных (для сравнения: 55 % по РФ). Большинство родителей из данной категории респондентов (71 %) также отмечают, что детям нравится гораздо меньше учиться дистанционно, чем в обычном режиме (для сравнения: 64 % по РФ).

Для того чтобы уточнить мнения родителей школьников о дистанционном обучении, проживающих в типичном среднем городе, было проведено разведывательное исследование в г. Лобне. Как считают респонденты, качество современного школьного образования является средним. Об этом заявили более половины опрошенных (54,5 %). В последнее время во многом это обусловлено распространением дистанционного обучения. Большая часть респондентов наблюдала снижение качества образования в связи с активным использованием дистанционных технологий (57,5 %). При этом лишь каждый пя-

тый опрошенный отмечает улучшение ситуации по данному вопросу (23,3 %), а для 8,7 % респондентов в целом ничего не изменилось.

Наибольшие трудности в координации деятельности образовательных организаций в 2020 году опрошенные связывали с завышенным уровнем требований и чрезмерными нагрузками на учеников, плохой организацией дистанционного обучения, а также невысоким уровнем преподавания (рис. 1).

Выделение подобных проблем во многом обусловлено тем, что исследование проводилось во время распространения COVID-19, а обучение преимущественно было организовано в удаленном формате.

В связи с данными обстоятельствами особое внимание в опросе уделялось проблемам организации дистанционного обучения. Большинство родителей были не довольны форматом онлайн-обучения. В качестве основных причин подобного недовольства были названы следующие: «ребенок не должен проводить за монитором компьютера более 30 минут», «ухудшение состояния здоровья ребенка», «виснет сайт, плохо объяснили, как пользоваться системой» и др. При этом офлайн-обучение предпочитают более трети опрошенных (рис. 2).

Уровень дистанционного обучения большинство опрошенных оценили как средний. Однако такие критерии, как уровень подготовки учеников к ОГЭ и ЕГЭ, переход из офлайн-обучения в онлайн, получили наиболее негативные оценки (плохо — 60 и 57 % соответственно).

Определенное беспокойство у родителей вызывает необходимость самостоятельного изучения ребенком онлайн-курсов. При этом качество объяснения предметов по видеуроку, а также организационно-технического сопровождения подготовки контента видеуроков, выполнения домашнего задания в онлайн-ресурсах большинство опрошенных оценили как среднее и отличное (рис. 3).

Полученные результаты коррелируют с данными опроса «Дистанционное обучение школьников. Нравится ли школьникам “удалёнка”? Скучают ли дети по своим товарищам?», проведенного ФОМ в 2020 году, согласно которому переход от офлайн-к онлайн-обучению родителями был оценен в негативном ключе. Основные трудности опрошенные связывают с тем, что «сложно самостоятельно разбирать темы и не хватает объяснений учителя, много заданий», а также наблюдаются «проблемы с интернетом, связью, плохой работой сайтов». По мнению родителей, это было обусловлено фактом, что «недостаточно объяснялся материал, школьникам приходилось самостоятельно обучаться», «учителя были не готовы к новому формату обучения», «отсутствовало непосредственное общение с учениками» и др.

4. Обсуждение результатов

Результаты исследования показали, что жители средних городов оказались в наиболее уязвимой позиции в условиях перехода к дистанционному

* «Google формы». URL: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSc2vATnWpcLMQYFiYG1IXs_izPONrU3NxbJAcHXK5XRmrOmrg/closedform

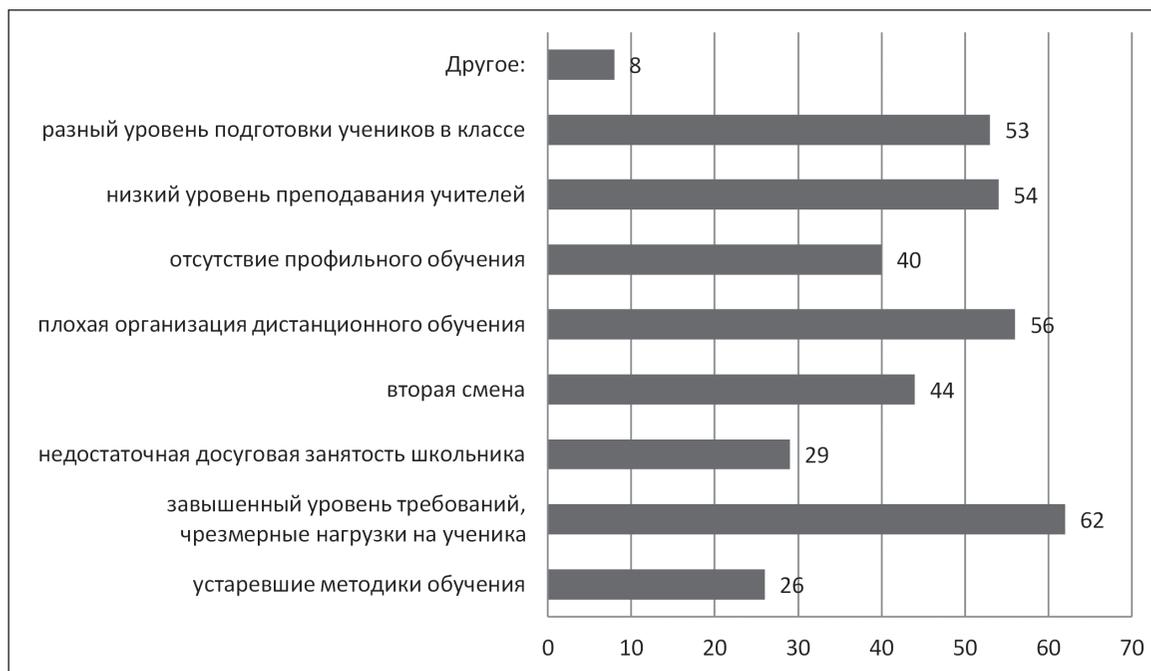


Рис. 1. Распределение ответов на вопрос: «Каковы проблемы в организации деятельности школы?», %

Fig. 1. Distribution of answers to the question: “What problems in the organization of school activities”, %

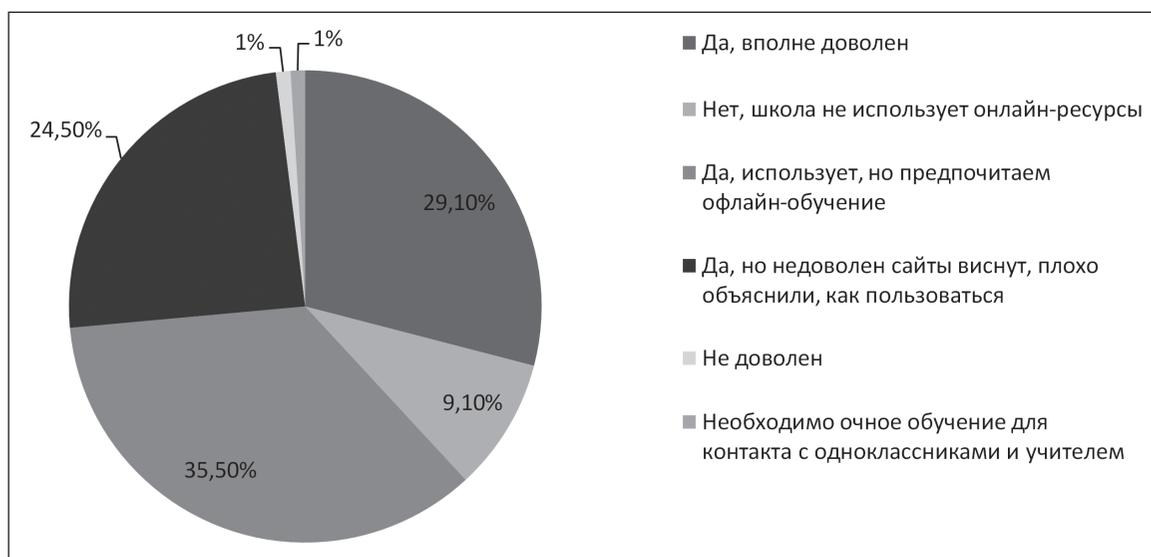


Рис. 2. Распределение ответов на вопрос: «Использует ли ваша школа образовательные онлайн-ресурсы? Если да, то довольны ли вы ими?», %

Fig. 2. Distribution of answers to the question: “Does your school use educational online resources. If yes, are you satisfied with them?”, %

обучению. В частности, проблемы связаны с низким уровнем удовлетворенности школьников онлайн-занятиями, недостаточно эффективным преподаванием в дистанционном формате. Результаты позволяют сделать вывод о необходимости анализа педагогических практик, их адаптации к новым условиям цифровизации. В данном контексте интерес представляют исследования, проведенные в высших учебных заведениях, которые, однако, могут быть

использованы в практике школьного образования. Например, делается вывод, что в новых условиях роль педагога должна меняться с «транслятора знаний» на «модератора творческого пространства» [18]. Но, как отмечается в ряде исследований, не все учителя готовы к внедрению новых методик и инновационных технологий в образовательный процесс [19]. Мы согласны с мнением С. Д. Каракозова и А. Ю. Уварова, что растущее отставание от

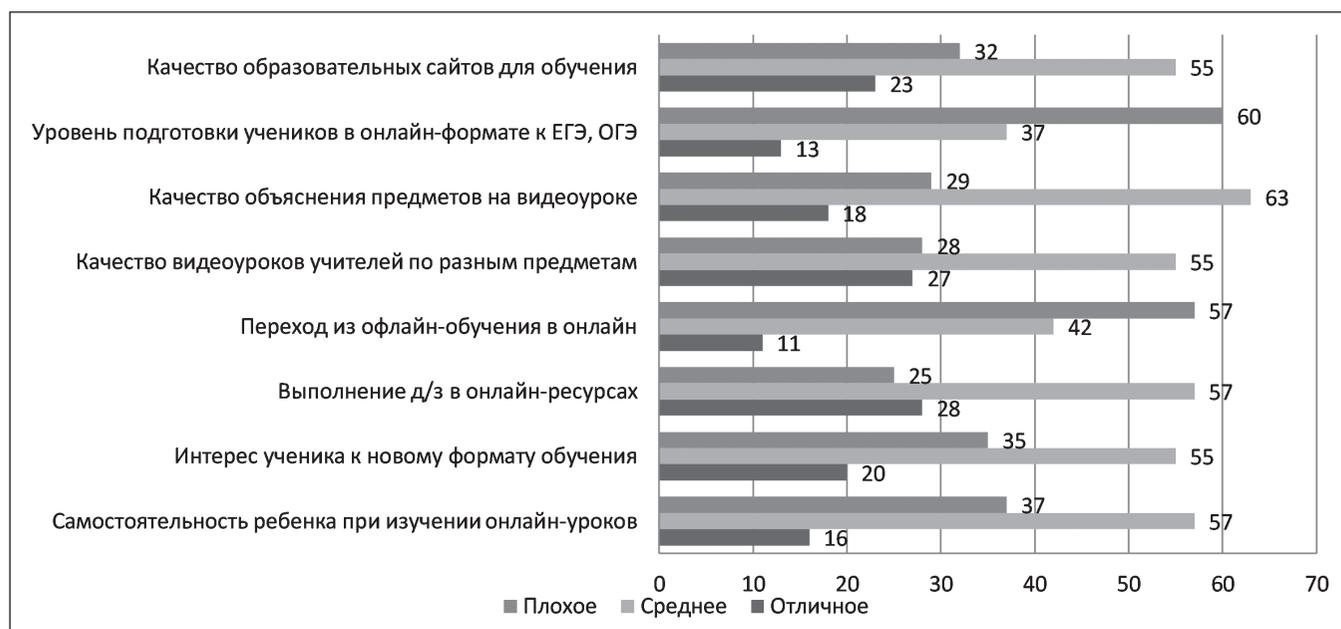


Рис. 3. Распределение ответов на вопрос: «Какова оценка качества дистанционного обучения?», %

Fig. 3. Distribution of answers to the question: “What assessment of the quality of distance learning?”, %

требований цифровизации является в настоящее время значимой проблемой для системы образования. В школах не в полной мере уделяется внимание внедрению образовательных цифровых платформ в систему обучения, а многие педагоги не обладают цифровыми навыками и методами эффективного использования новых возможностей для повышения качества образовательного процесса [20].

Результаты исследования актуализируют необходимость совершенствования традиционных педагогических методик работы с классом в условиях онлайн-обучения. Развитие этой идеи отражено в статье И. Я. Мурзиной. Новые требования к ускоренному овладению цифровыми инструментами обучения сегодня могут формироваться, опираясь на методическую помощь в рамках школы, а также всего педагогического сообщества. Иллюстрацией к выводу служит увеличение числа подписчиков на профили в социальных сетях, фокусирующихся на рассмотрении специфики дистанционного обучения, внедрении новых технологий [21]. Использование электронных образовательных ресурсов с элементами геймификации, интерактивности и мультимедийности позволит активизировать участие школьников в образовательном процессе.

Кроме того, результаты исследования показали, что завышенный уровень требований к обучающимся в рамках онлайн-обучения оказывает негативное влияние на его качество. Так, стрессовые нагрузки у школьников, вызванные дополнительными требованиями в условиях онлайн-обучения, приводят к ухудшению восприятия ими учебного материала. Аналогичные выводы сделаны в работе П. Л. Фагелла в ходе анализа бесед со школьными учителями, где был показан высокий уровень стресса, нагрузки,

роста социальной напряженности среди всех участников образовательного процесса [22].

Анализ дисфункций, связанных с усложнением образовательной деятельности в условиях онлайн-обучения, представлен в работе И. С. Батраковой, Е. Н. Глубоковой, С. А. Писаревой и А. П. Тряпицыной. Авторы отмечают значимость педагогических навыков при организации самостоятельной работы учащихся. Методический инструментальный должен опираться на оценку уровня сложности заданий, временных ресурсов, нужных для их выполнения. Обосновывается необходимость последовательного усложнения действий обучаемого, вариативность заданий [23].

Повышение стресса в условиях онлайн-обучения ввиду усложнения учебной деятельности является предметом многих научных исследований, посвященных теме цифровизации образования. Для родителей учащихся источниками стресса становится необходимость принятия на себя дополнительной нагрузки, связанной с вынужденным освоением новой роли — «доверенных преподавателей» [24]. М. В. Виниченко и др., дополняя данные выводы, указывают, что эпидемиологические ограничения, введение карантинных мер, высокий уровень тревожности в обществе не могли не сказаться на системе школьного образования [25]. Мы согласны с мнением ученых об отрицательном воздействии стрессовой учебной среды на академическую успеваемость, что актуализирует необходимость обеспечения эмоциональной и психологической поддержки учителей, учеников и их родителей [26].

Тем не менее многие исследователи отмечают, что цифровая образовательная среда способствует повышению уровня персонализации обучения и кон-

троля за учебными достижениями и вовлеченностью учащихся в обучение. Работа в цифровой среде дает возможность ученикам и учителям оперативно выявлять возникающие затруднения, принимать решения и корректировать свою работу. Использование цифровых инструментов и образовательных ресурсов в образовательных организациях позволяет обеспечивать многообразие форм и методов учебной работы [20, 27].

Полярность мнений о влиянии цифровизации на качество школьного образования также прослеживается в полученных нами эмпирических данных. В частности, по таким параметрам, как видеоуроки, выполнение домашнего задания в онлайн-ресурсах, при большинстве оценок в среднем диапазоне, присутствуют и негативные отзывы.

Мы согласны с мнением В. Л. Назарова, Д. В. Жердева и Н. В. Авербуха, которые в качестве ограничений онлайн-обучения и причин «цифрового пессимизма» в образовательной сфере выделяют следующие проблемы: недостаточная скорость и качество связи в сети Интернет в регионах, отсутствие научно обоснованных и апробированных педагогических методик работы в условиях онлайн-обучения, нехватка полноценных интегрированных образовательных ресурсов, низкое качество электронного контента, используемого в школах [29].

Таким образом, возникает некое противоречие. С одной стороны, большинство ученых отмечают необходимость цифровизации общего образования и интеграции цифровых технологий в образовательный процесс, а с другой, — наблюдается устойчивое недоверие у представителей родительской общности к онлайн-обучению, что может являться социальным риском при реализации задачи образовательной политики по цифровой трансформации системы среднего образования.

5. Выводы

Результаты анализа литературы по проблеме исследования, эмпирические данные и педагогические наблюдения позволяют выделить полярные зоны риска при освоении образовательных программ в режиме онлайн: с одной стороны, усложнение деятельности, возникновение стресса, повышение нагрузок; с другой стороны, риски самоустранения учащихся от занятий, их фрагментарное присутствие или полное отсутствие на дистанционных занятиях. Оба полюса рисков связаны с ухудшением подготовки к ЕГЭ и ОГЭ, снижением качества образования в условиях дистанционного обучения. Поскольку основные критичные оценки связаны с переходом из офлайн- в онлайн-обучение, то представляется целесообразной разработка новых педагогических методик с учетом специфики удаленного образования. Во-первых, требуется внедрение игровых технологий, форм психологической поддержки для снижения уровня стресса школьников, формирование доступных образовательных ресурсов, обеспечиваю-

щих комфортное пространство обучения в условиях дистанционного режима. В качестве приоритетных игровых технологий предлагается использовать как традиционные ролевые игры, так и игровые технологии моделирования проблемных ситуаций. Кроме того, применение техник геймификации должно сопровождаться обращением к целостному игровому дизайну, а не разрозненным практикам внедрения элементов развлечения. Во-вторых, требуется усиление системы контроля образовательной активности школьников, мониторинг успеваемости, что снизит риски развития социального и образовательного неблагополучия в школьной среде. Стоит иметь в виду, что традиционная форма контроля посещаемости и успеваемости школьников теряет свою эффективность в условиях удаленного обучения. Непрерывное вовлечение учащихся в обсуждение и иные формы активности на уроке должно нивелировать такие деструктивные тенденции онлайн-обучения, как снижение уровня внимания к материалам урока, отвлечение на посторонние занятия (гаджеты, социальные сети и др.). Вместе с тем данное направление требует дополнительных исследований с целью идентификации наиболее результативных форм активности школьников в условиях онлайн-обучения.

В настоящее время цифровые технологии образования необходимы для перехода к персонализированному или личностно-ориентированному обучению. Образовательные организации должны это активно использовать в образовательном процессе. Особую роль играют инструменты вовлечения группы в работу, которые позволяют поддерживать интерес школьников к учебе при удаленном формате (например, «Kahoot!»). Поскольку более трети респондентов, согласно результатам исследования, негативно оценивают педагогические практики поддержания интереса школьников к учебе в новых условиях, особое значение имеет использование в работе учителя площадок для организации и проведения онлайн-обучения: Webinar.ru, Discord. Данные цифровые технологии позволяют преодолевать рутинность и монотонность обучения, которые зачастую становятся следствием отсутствия прямых контактов с учителем и одноклассниками.

В целом, использование цифровых технологий не только позволит проводить оценку результатов образовательной деятельности, но и расширит возможности и методы преподавания. Кроме того, при применении технологий геймификации и интерактивности станет возможным повышение мотивации учащихся к образованию, их интереса к новому формату обучения. При этом внедрение данных мер требует комплексного подхода к информатизации образования и трансформации образовательного процесса. Использование цифровых технологий возможно только в условиях сформированной цифровой образовательной среды. Лишь в этом случае будет наблюдаться высокая степень удовлетворенности всех участников образовательного процесса.

Благодарности

Коллектив авторов выражает благодарность К. А. Тарасенко за помощь в сборе материалов и проведении опроса.

Acknowledgments

The team of authors is grateful to K. A. Tarasenko for the assistance in collecting materials and conducting the survey.

Список источников / References

1. Переосмысление обучения. ЮНЕСКО. Режим доступа: <https://ru.unesco.org/themes/pereosmyslenie-obucheniya>

[Rethinking learning. UNESCO. (in Russian). Available at: <https://ru.unesco.org/themes/pereosmyslenie-obucheniya>]

2. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027>

[Decree of the President of the Russian Federation of 07.05.2018 No. 204 “On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period up to 2024”. (In Russian.). Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43027>]

3. Фролова Е. В., Рябова Т. М., Рогач О. В., Медведева Н. В. Государственный образовательный заказ как фактор социально-экономического развития регионов. *Образование и наука*. 2020;22(1):9–30. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-1-9-30

[Frolova E. V., Ryabova T. M., Rogach O. V., Medvedeva N. V. State educational order as a factor of socioeconomic development of regions. *Education and Science*. 2020;22(1):9–30. (In Russian.) DOI: 10.17853 / 1994-5639-2020-1-9-30]

4. Simui F., Nsokolo D., Chiyala M., Mfuno O., Chifwepa V., Simukanga S., Namangala B., Siaciwena R. Re-engineering the trajectory of open distance education policy in Zambia through the lenses of distance education stakeholders. *Zambia Journal of Distance Education*. 2021;1(1):98–111. Available at: <https://zjde.unza.zm/index.php?journal=zjde>

5. Charalambous C., Papademetriou C., Glykeria R., Athanasoula-Reppa A., Voulgari A. The impact of COVID-19 on the educational process: The role of the school principal. *Journal of Education*. 2021;(1-8). DOI: 10.1177/00220574211032588

6. Frolova E. V., Rogach O. V., Ryabova T. M. Digitalization of education in modern scientific discourse: New trends and risks analysis. *European Journal of Contemporary Education*. 2020;9(2):313–336. DOI: 10.13187/ejced.2020.2.331

7. DeMattheus D., Reyes P., Solis Rodriguez J., Knight D. Principal perceptions of the distance learning transition during the pandemic. *Educational Policy*. 2021. DOI: 10.1177/089590482111049421

8. Kabir H., Nasrullah S., Hasan Md, Shakil A., Hawlader M., Mitra D. Perceived e-learning stress as an independent predictor of e-learning readiness: Results from a nationwide survey in Bangladesh. *PLoS ONE*. 2021;16(10):e0259281. DOI: 10.1371/journal.pone.0259281

9. May I., Awad S., May M.S., Ziegler A. Parental stress provoked by short-term school closures during the second COVID-19 lockdown. *Journal of Family Issues*. 2021;0(0):1–21. DOI: 10.1177/0192513X2111041987

10. Vinichenko M. V., Narrainen G. S., Melnichuk A. V., Pheni Chalid. The influence of artificial intelligence on human activities. *Frontier Information Technology and Systems Research in Cooperative Economics. Studies in Systems, Decision and Control*. Springer Nature Switzerland AG. 2020:561–570. DOI: 10.1007/978-3-030-57831-2_60

11. Tannert S., Gröschner A. Joy of distance learning? How student self-efficacy and emotions relate to

social support and school environment. *European Educational Research Journal*. 2021;20(4):498–519. DOI: 10.1177/14749041211024784

12. Hanreddy A. Distance learning and students with extensive support needs: (Re)Defining access to education from a distance. *Inclusive Practices*. 2022;1(1):33–38. DOI: 10.1177/27324745211014154

13. Frolova E. V., Ryabova T. M., Rogach O. V. Digital technologies in education: Problems and prospects for “Moscow Electronic School” project implementation. *European Journal of Contemporary Education*. 2019;8(4):779–789. DOI: 10.13187/ejced.2019.4.779

14. Bertiz Y., Kocaman Karoglu A. Distance education students’ cognitive flexibility levels and distance education motivations. *International Journal of Research in Education and Science*. 2020;6(4):638–648. DOI: 10.46328/ijres.v6i4.1022

15. Education Week Research Center. Survey tracker: Monitoring how K-12 educators are responding to coronavirus. *Education Week*. April 28, 2020. Available at: <https://www.edweek.org/ew/articles/2020/04/27/survey-tracker-k-12-coronavirus-response.html>

16. Matraeva A. D., Rybakova M. V., Vinichenko M. V., Oseev A. A., Ljapunova N. V. Development of creativity of students in higher educational institutions: Assessment of students and experts. *Universal Journal of Educational Research*. 2020;8(1):8–16. DOI: 10.13189/ujer.2020.080102

17. Heriyanto Prasetyawan Y. Y., Krismayani I. Distance learning information literacy: Undergraduate students experience distance learning during the COVID-19 setting. *Information Development*. 2021;37(3):458–466. DOI: 10.1177/02666669211018248

18. Дистанционное обучение школьников. Нравится ли школьникам «удалёнка»? Скучают ли дети по своим товарищам? *ФОМ*. 06.05.2020. Режим доступа: <https://fom.ru/Nauka-i-obrazovanie/14385>

[Distance learning for schoolchildren. Do schoolchildren like “remote”? Do children miss their mates? *FOM*. 06.05.2020. (In Russian). Available at: <https://fom.ru/Nauka-i-obrazovanie/14385>]

19. Frolova E. V., Rogach O. V. Digitalization of higher education: Advantages and disadvantages in student assessments. *European Journal of Contemporary Education*. 2021;10(3):616–625. DOI: 10.13187/ejced.2021.3.616

20. Medvedeva N. V., Vetrova E. A., Kabanova E. E., Havanova N. V. Social capital of territorial educational complexes: Development features and problems (using the example of Moscow). *European Journal of Contemporary Education*. 2019;8(4):819–827. DOI: 10.13187/ejced.2019.4.819

21. Каракозов С. Д., Уваров А. Ю. Успешная информатизация — трансформация учебного процесса в цифровой образовательной среде. *Проблемы современного образования*. 2016;(2):7–19.

[Karakozov S. D., Uvarov A. Yu. Successful informatization — transformation of the educational process in the digital educational environment. *Problems of Modern Education*. 2016;(2):7–19. (In Russian.)]

22. Мурзина И. Я. Гуманитарное сопротивление в условиях цифровизации образования. *Образование и наука*. 2020;22(10):90–115. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-10-90-115

[Murzina I. Ya. Humanitarian resistance in the context of digitalization of education. *Education and Science*. 2020;22(10):90–115. (In Russian.) DOI: 10.17853/1994-5639-2020-10-90-115]

23. Fagell P. L. Career confidential: Distance learning frustrations. *Phi Delta Kappa*. 2020;102(3):66–67. DOI: 10.1177 / 0031721720970708

24. Батракова И. С., Глубокова Е. Н., Писарева С. А., Тряпицына А. П. Изменения педагогической деятельности преподавателя вуза в условиях цифровизации образова-

ния. *Высшее образование в России*. 2021;(8-9):9–19. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-8-9-9-19

[Batrakova I. S., Glubokova E. N., Pisareva S. A., Tryapitsyna A. P. Changes in the pedagogical activity of a university teacher in the context of digitalization of education. *Higher Education in Russia*. 2021;(8-9):9–19. (In Russian.) DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-8-9-9-19]

25. Davis C. R., Grooms J., Ortega A., Rubalcaba J. A.-A., Vargas E. Distance learning and parental mental health during COVID-19. *Educational Researcher*. 2021;50(1):61–64. DOI: 10.3102/0013189X20978806

26. Виниченко М. В., Никопорец-Такигава Г. Ю., Ляпунова Н. В., Чуланова О. Л., Караксони П. Характер влияния цифровизации и искусственного интеллекта на социокультурную среду и образование в условиях пандемии: взгляды студентов поколения Z России и Словакии. *Перспективы науки и образования*. 2021;51(3):26–42. DOI: 10.32744/pse.2021.3.2

[Vinichenko M. V., Nikoporets-Takigawa G. Yu., Ljapunova N. V., Chulanova O. L., Karacsony P. The nature of the influence of digitalization and artificial intelligence on the socio-cultural environment and education in the conditions of the pandemic: Views of students of generation Z Russia and Slovakia. *Perspectives of Science and Education*. 2021;51(3):26–42. (In Russian.) DOI: 10.32744/pse.2021.3.2]

27. Zhang Q., Sapp D. A. A burning issue in teaching: The impact of perceived teacher burnout and nonverbal immediacy on student motivation and affective learning. *Journal of Communication Studies*. 2008;(1(2)):152–168. Available at: <https://digitalcommons.fairfield.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1023&context=english-facultypubs>

28. Куркина Н. Р., Стародубцева Л. В. Цифровые технологии как фактор повышения эффективности образовательного процесса. *Вестник Самарского университета. Экономика и управление*. 2018;9(1):14–17.

[Kurkina N. R., Starodubtseva L. V. Digital technologies as a factor in increasing the efficiency of the educational process. *Bulletin of the Samara University. Economics and Management*. 2018;9(1):14–17. (In Russian.)]

29. Назаров В. Л., Жердев Д. В., Авербух Н. В. Школьная цифровизация образования: восприятие участников образовательного процесса. *Образование и наука*.

2021;23(1):156–201. DOI: 10.17853/1994-5639-2021-1-156-201

[Nazarov V. L., Zherdev D. V., Averbukh N. V. Shock digitalisation of education: Perception of participants of the educational process. *Education and Science*. 2021;23(1):156–201. (In Russian.) DOI: 10.17853/1994-5639-2021-1-156-201]

Информация об авторах

Медведева Наталия Владимировна, канд. социол. наук, доцент, доцент факультета экономики и управления, Российский государственный социальный университет, г. Москва, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-4617-4703>; *e-mail*: nmedvedeva1984@mail.ru

Фролова Елена Викторовна, доктор социологических наук, профессор Департамента социологии, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации; г. Москва, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-8958-4561>; *e-mail*: efrolova06@mail.ru

Рогач Ольга Владимировна, канд. социол. наук, доцент, доцент Департамента социологии, Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации; Москва, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-3031-4575>; *e-mail*: rogach16@mail.ru

Information about the authors

Natalia V. Medvedeva, Candidate of Sciences (Sociology), Docent, Associate Professor at Faculty of Economics and Management, Russian State Social University, Moscow, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-4617-4703>; *e-mail*: nmedvedeva1984@mail.ru

Elena V. Frolova, Doctor of Sciences (Sociology), Professor, Professor at the Department of Sociology, Financial University under the Government of the Russian Federation; Moscow, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-8958-4561>; *e-mail*: efrolova06@mail.ru

Olga V. Rogach, Candidate of Sciences (Sociology), Docent, Associate Professor at the Department of Sociology, Financial University under the Government of the Russian Federation; Moscow, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-3031-4575>; *e-mail*: rogach16@mail.ru

Поступила в редакцию / Received: 29.08.2022.

Поступила после рецензирования / Revised: 25.09.2022.

Принята к печати / Accepted: 27.09.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-62-75

ЗАПУСК МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ РАКЕТЫ КАК ПОУЧИТЕЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ

А. Г. Кушниренко¹ ✉, А. А. Малый¹¹ *Федеральный научный центр «Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», г. Москва, Россия*✉ agk@mail.ru

Аннотация

Начиная с первого отечественного школьного учебника по информатике, выпущенного под редакцией А. П. Ершова и В. М. Монахова в 1985 г., во многих пособиях по этому предмету тема «Компьютерное моделирование и компьютерный эксперимент» раскрывается на примерах моделирования физических процессов, разворачивающихся во времени и доступных непосредственному наблюдению. Для таких процессов идея дискретизации во времени может быть введена наглядно с помощью метафоры видеосъемки. В качестве физических процессов, моделируемых компьютерными программами, в российских учебниках информатики рассматривались такие процессы, как малое колебание груза на пружине, вытекание воды из кубического бака, падение человека без парашюта («затяжной прыжок») в атмосфере с учетом сопротивления воздуха, полет брошенного человеком небольшого предмета без учета сопротивления воздуха. Эти примеры содержательны, но в них нет никаких неочевидных выводов, которые без компьютерного моделирования получить нельзя. В статье в качестве более привлекательного объекта моделирования в школьном курсе информатики предлагается выбрать процесс вертикального взлета одноступенчатой ракеты с целью доставки научной аппаратуры в верхние слои атмосферы Земли и прилегающее к ним околоземное космическое пространство. Такие ракеты называются метеорологическими. Предложенный выбор объекта компьютерного моделирования интересен тем, что компьютерные эксперименты с построенной моделью позволяют получить новые результаты: спроектировать ракету, максимальная высота подъема которой парадоксально растет с увеличением полезной нагрузки, а также показать, что высоту подъема одноступенчатых метеорологических ракет можно было бы существенно увеличить, научись мы просто останавливать при разгоне ракетный двигатель на несколько секунд.

Ключевые слова: информатика, математическое моделирование, компьютерный эксперимент, дискретизация, взлет метеорологической ракеты, двухрежимный твердотопливный двигатель, учет сопротивления воздуха, школьный алгоритмический язык.

Для цитирования:

Кушниренко А. Г., Малый А. А. Запуск метеорологической ракеты как поучительный объект компьютерного моделирования в школьном курсе информатики. *Информатика и образование*. 2022;37(5):62–75. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-62-75

LAUNCHING A METEOROLOGICAL ROCKET AS AN INSTRUCTIVE OBJECT OF COMPUTER SIMULATION IN THE SCHOOL INFORMATICS COURSE

А. G. Kushnirenko¹ ✉, A. A. Maly¹¹ *Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*✉ agk@mail.ru

Abstract

Since the first Russian school textbook on computer science edited by A. P. Ershov and V. M. Monakhov came out in 1985, the subject of “Computer simulation and computer experiment” has been explored through the simulation of physical processes unfolding in time and accessible to direct observation in many textbooks on Informatics. For such processes, the idea of temporal discretization can be introduced visually with the help of the videotaping metaphor. Russian Informatics textbooks examined a small oscillation of a load on a spring, water flowing out of a cubic tank, a fall of a person without a parachute (“delayed jump”) in the atmosphere considering air resistance as well as the flight of a small object thrown by a person disregarding air resistance as physical processes simulated by computer programs. These examples are informative, but they do not contain any unobvious conclusions that cannot be reached without computer simulation. The article suggests a more attractive simulation object for the school Informatics course, namely the process of vertical takeoff of a one-stage rocket delivering scientific equipment to the upper air of the Earth and the adjacent near-Earth

space. Such rockets are called meteorological. The proposed computer simulation object is good because computer experiments with a developed model make it possible to obtain new results. These include designing a rocket whose maximum lift height paradoxically grows with an increase in the payload as well as showing that the lift height of one-stage meteorological rockets could be significantly increased if we only learned to stop the rocket engine for a few seconds during acceleration.

Keywords: informatics, mathematical modeling, computer experiment, discretization, meteorological rocket takeoff, dual mode solid propellant engine, air resistance consideration, school algorithmic language.

For citation:

Kushnirenko A. G., Maly A. A. Launching a meteorological rocket as an instructive object of computer simulation in the school informatics course. *Informatics and Education*. 2022;37(5):62–75. (in Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-62-75

1. Введение

Термин «вычислительный эксперимент» был введен в 1960 году видным российским ученым академиком А. А. Самарским [1]. Сегодня мы чаще используем синоним этого термина и говорим «компьютерный эксперимент». Вычислительные эксперименты за истекшие годы стали важным инструментом в повседневной работе ученых и инженеров. Федеральный государственный стандарт основного общего образования среди результатов освоения предмета «Информатика» называет (на базовом уровне) владение понятием «модель», а на углубленном уровне — свободное применение понятий «алгоритм», «модель», «моделирование» [2]. Примерная программа курса информатики основной школы предусматривает знакомство с методикой моделирования, включающей термин «компьютерный эксперимент».

Ввиду ограниченности числа учебных часов (не более 2–3 уроков), отводимых на освоение понятия «моделирование», и широты этого понятия авторы школьных учебников информатики, не исключая и одного из авторов данной статьи, вынуждены делить драгоценное учебное время и страницы учебника между обсуждением общих понятий и методов моделирования, с одной стороны, и детальным разбором ключевого примера, демонстрирующего возможности именно компьютерного моделирования, с другой [3, § 8; 4, раздел 11.5; 5, § 26; 6, глава 2; 7, § 9]. Успех в освоении темы «Компьютерное моделирование и компьютерный эксперимент» во многом зависит от того, сколь содержательными будут моделируемые процессы и сколь необходимыми будут компьютерные эксперименты в процессе изучения этих процессов. Таким образом, мы приходим к задаче оптимального выбора ключевого содержательного примера, в котором компьютерные эксперименты позволили бы получить неожиданные результаты, продемонстрировав школьникам разного уровня мотивации и подготовки практичность и эффективность методики компьютерного моделирования. Ниже разбирается содержательный пример, который, по мнению авторов, является привлекательным во многих отношениях.

Во-первых, он основан на одном из проверенных временем достижений российской науки и техники — разработке отечественной одноступенчатой твердотопливной метеорологической ракеты МР-12 [8]. Результаты запусков этой ракеты и ее модификаций внесли большой вклад в отечественную и миро-

вую науку, например, позволили создать уточненную модель атмосферы Земли [9, 10].

Во-вторых, этот пример связан с темами ряда школьных предметов, изучаемыми в 9-м классе: законом всемирного тяготения и вторым законом Ньютона, принципами реактивного движения [11, 12], барометрической формулой [13, с. 128].

В-третьих, и математическая, и компьютерная модели этого процесса просты и могут быть полностью поняты девятиклассниками.

В истории нашей цивилизации важную роль сыграло изучение процесса механического движения тел в атмосфере с учетом и без учета сопротивления воздуха путем математического моделирования, а в последние десятилетия — и путем моделирования компьютерного.

1.1. Пример модели физического процесса, которую можно использовать без компьютера

Примером физического процесса, разворачивающегося во времени, может служить полет тела, брошенного в некоторой точке земной поверхности вертикально вверх с некоторой скоростью. Если предположить, что ветра нет и скорость броска мала, то можно пренебречь влиянием атмосферы и описать процесс с помощью следующей математической модели равноускоренного движения*:

$$h(t) = vt - \frac{gt^2}{2}, \quad (1)$$

где t — время, прошедшее от момента бросания, измеренное в секундах (с);

$h(t)$ — высота тела над землей через t секунд после момента бросания, измеренная в метрах (м);

v — скорость тела в момент бросания, измеренная в метрах в секунду (м/с);

g — ускорение свободного падения в точке бросания, измеренное в м/с².

* Несмотря на внешнюю простоту этой модели, ее открытие было величайшим прорывом в науке, за которым последовали открытия Ньютоном законов механики и закона всемирного тяготения. Об этом можно прочесть в замечательной книге С. Г. Гиндикина «Рассказы о физиках и математиках» [14], которая доступна для скачивания в интернете.



С помощью этой модели мы можем получить ответы на многие вопросы относительно изучаемого процесса, например, вывести формулу для максимальной высоты H , на которую поднимется тело в процессе подъема, и формулу для времени T , через которое тело поднимется на эту максимальную высоту. Получение таких ответов в математической форме требует несложных математических (алгебраических) манипуляций, которые человек может без труда проделать на бумаге. Например, формулы для H и T могут быть получены путем несложного преобразования выражения (1):

$$h(t) = vt - \frac{gt^2}{2} = -\frac{g}{2} \left(t^2 - \frac{2}{g}vt + \left(\frac{v}{g}\right)^2 - \left(\frac{v}{g}\right)^2 \right) = \frac{v^2}{2g} - \frac{g}{2} \left(t - \frac{v}{g} \right)^2. \quad (2)$$

После проделанного выше выделения полного квадрата становится ясно, что максимальная высота $H = \frac{v^2}{2g}$ достигается в момент $T = \frac{v}{g}$, поскольку именно при $t = \frac{v}{g}$ выражение $\left(t - \frac{v}{g} \right)^2$ обращается в 0. Из (2) мы, в свою очередь, можем получить формулу для скорости v , с которой нужно бросить тело, чтобы забросить его на высоту H :

$$v = \sqrt{2gH}. \quad (3)$$

Описанные выше манипуляции с математической моделью были чисто алгебраическими и приводили к алгебраическим, а не к числовым результатам.

Если с помощью построенной математической модели мы захотим предсказать конкретные числовые результаты для конкретного эксперимента в конкретной точке на земной поверхности, мы столкнемся с тем, что нам не хватает экспериментальных сведений о планете Земля, нам нужно будет откуда-то взять значение ускорения свободного падения в той точке Земли, в которой будет проводиться эксперимент. Известно, что ускорение свободного падения g не является фундаментальной физической константой, а зависит как от широты точки измерения (из-за суточного вращения Земли и вызванной этим вращением центробежной силы), так и от высоты этой точки над уровнем Мирового океана (в силу закона всемирного тяготения Ньютона). Поскольку в нашу модель изначально заложено игнорирование сопротивления воздуха, модель будет приближенной и высокой точности задания ускорения свободного падения в этой модели добиваться бессмысленно. Поэтому мы можем пренебречь изменчивостью g и взять из учебника физики или справочника стандартное приближенное среднее значение константы g , равное $9,8 \text{ м/с}^2$. После подстановки в формулы числового значения константы g наша математическая модель обретает способность предсказывать результаты численно.

Задача. Британский метатель копья Р. Брэдсток сумел забросить вертикально вверх мячик для гольфа на высоту 155 м. Найти скорость мячика в момент отрыва от руки метателя.

Решение. Будем считать, что в момент броска мячик находился на высоте 2 м над землей, тогда высота подъема мячика над точкой отрыва составила 153 м. Подставив это значение H в формулу (3) и проделав под корнем две арифметические операции умножения, получим ответ в виде квадратного корня из конкретного десятичного числа:

$$v = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 153} = \sqrt{2998,8}.$$

Найдя корень вручную или с помощью калькулятора, мы можем получить поражающий воображение числовой ответ $v = 55 \text{ м/с}$, или 200 км/ч .

Вывод. Для получения из математической модели (1) новых формул (2) и (3) и для вычислений по этим формулам компьютер не нужен. Математическую модель (1) можно использовать без компьютера, выполнив требуемые вычисления за пару минут на бумаге или за пару секунд на калькуляторе.

1.2. Пример модели физического процесса, для использования которой компьютер нужен

Чтобы проиллюстрировать потребность в построении компьютерных моделей, рассмотрим процесс вертикального запуска одноступенчатой ракеты с учетом сопротивления воздуха. Для описания этого процесса, как и в предыдущем разделе, используются и время t , и высота h , зависящая от t , а вот никакой математической формулы, связывающей эти две величины и аналогичной формуле (1), не существует. Но это не означает, что моделирование невозможно, так как можно создать вычислительно-компьютерную модель процесса: мы задаем компьютерной программе параметры ракеты и места ее старта*, и в ходе выполнения на компьютере программа вычисляет нам требуемые характеристики процесса, например, максимальную высоту H , на которую поднимется ракета в процессе взлета, и время T подъема ракеты на эту максимальную высоту.

Принцип создания подобных моделирующих программ с помощью *дискретизации во времени* разбирается в школьных учебниках информатики [4, 5] и во многих других учебниках и состоит в следующем. Если выполнить мысленно видеосъемку процесса и на каждый кадр добавить временную отметку и числовые значения параметров процесса в текущий момент времени, то математическая и вычислительная модели процесса сведутся к приближенным (рекуррентным) соотношениям между числовыми значениями параметров на соседних кадрах. Для вертикально взлетающей ракеты с ракетным двигателем постоянной тяги этими параметрами будут

* Из параметров точки старта ракеты на максимальную высоту, достигаемую метеорологической ракетой, более всего влияет возвышение точки старта над уровнем Мирового океана (см. *Вопрос 1* в разделе 5).

время, высота, скорость, ускорение и масса ракеты. Стартував с известных значений этих пяти параметров на начальном (нулевом) кадре, с помощью рекуррентных соотношений можно последовательно вычислить значения параметров на первом кадре, затем на втором и так далее шаг за шагом до последнего кадра. Для специалистов заметим, что этот прием избавляет от необходимости формулировать математическую модель в терминах дифференциальных уравнений и позволяет ограничиться привычными для школьников числовыми последовательностями и соотношениями между их членами (в математике это называется методом Эйлера — сведение обыкновенных дифференциальных уравнений к разностным уравнениям). Поскольку число параметров процесса даже в простейших случаях может измеряться десятками, а число кадров вычислительной модели — тысячами, проведение по такой модели вычислений без компьютера практически невозможно.

1.3. Интересный объект моделирования: вертикальный взлет метеорологической ракеты

Метеорологические ракеты предназначены для сбора информации об атмосфере Земли на высотах до 200 км. Метеорологическая ракета запускается вертикально вверх и через 3–4 мин полета достигает предельной высоты. На этой высоте от корпуса ракеты отделяется приборная часть, которая спускается на землю на парашюте. (Сам корпус спускается отдельно на другом парашюте.) Научные измерения производятся как при подъеме ракеты, так и при спуске приборной части. Конструкторы метеорологических ракет решают задачу, как запустить на возможно большую высоту возможно большую массу научной аппаратуры, а не обеспечить возможно более точное попадание ракеты в заданную точку пространства в заданный момент времени. Поэтому при моделировании запусков метеорологических ракет требуется всего лишь предсказать с точностью порядка нескольких процентов максимальную высоту подъема ракеты. Мы смоделируем процесс взлета одной реально существовавшей твердотопливной ракеты МР-12 [8] и нескольких воображаемых, мысленно сконструированных нами твердотопливных метеорологических ракет, чтобы определить максимальную высоту их подъема. Промоделировав взлет реальной ракеты, мы сравним результаты моделирования с результатами реальных запусков и убедимся в их совпадении. После этого мы проведем несколько вычислительных экспериментов для предсказания результатов запуска воображаемых ракет и получим ряд неожиданных результатов.

Разумеется, моделирование вертикального взлета одноступенчатой ракеты рассматривается во многих университетских учебниках, посвященных теоретическим курсам механики и вычислительной математики, или в практикумах по компьютерному моделированию физических процессов, см. например, [15, раздел «4.12. Полет одноступенчатой ракеты», 16].

Цель университетских курсов — научить студентов методам компьютерного моделирования. Цель же рассмотрения примеров компьютерного моделирования в школьном курсе другая. В статье [17] высказана парадоксальная точка зрения на истинную цель массового изучения методики компьютерного моделирования в школе: *воспитать у тех детей, которые в будущем будут определять развитие человечества, убеждение в том, что компьютерное моделирование является эффективным инструментом в анализе последствий любых принимаемых инженерных и социальных решений.* Разделяя частично эту точку зрения, авторы предлагают делать акцент в школьном курсе не на методах компьютерного моделирования как таковых, а на демонстрации впечатляющих результатов, которые такими методами могут быть получены. И получены не многомудрыми учеными, а школьниками самостоятельно с опорой на знания и умения, не выходящие за пределы курсов математики, физики и информатики основной школы.

1.4. Твердотопливные ракетные двигатели и их свойства

Твердотопливный реактивный двигатель очень прост по конструкции (рис. 1). Он представляет собой набитый специальным порохом металлический цилиндр, одно днище которого сплошное, а во втором сделано отверстие и приварено сопло. В центре порохового заряда устроен полый цилиндрический канал, идущий от сплошного днища до сопла двигателя.

После поджигания пороха в канале близко к днищу (рис. 1) порох по всей поверхности канала воспламеняется, и начинают образовываться пороховые газы, которые под большим давлением и с большой скоростью вырываются через сопло наружу. При этом внутри корпуса двигателя возникает давление пороховых газов. Это давление на любой участок боковой поверхности канала уравновешивается давлением на диаметрально противоположный участок стенки канала. А вот давление газов внутри канала на сплошное днище ничем не уравновешивается — с противоположной стороны канала газы через сопло выходят наружу и давления не создают. Так возникает реактивная тяга — сила, которая толкает двигатель в направлении, противоположном направлению выхода газов через сопло. Эта сила действует, пока весь порох не сгорит. Обычно эту силу называют *тягой* двигателя [11].

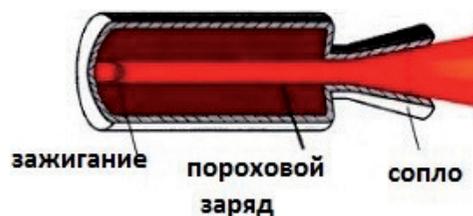


Рис. 1. Твердотопливный реактивный двигатель
Fig. 1. Solid propellant jet engine



Рис. 2. Государственный музей истории космонавтики имени К. Э. Циолковского в Калуге. Площадка метеорологических ракет. Ракета МР-12 — крайняя слева

Fig. 2. State Museum of the History of Cosmonautics named after K. E. Tsiolkovsky in Kaluga. Meteorological rocket site. MR-12 rocket, far left

Цилиндрическую форму канала можно усложнить так, чтобы тяга была постоянной в течение всего времени горения пороха. Позже мы будем использовать следующие два свойства твердотопливных двигателей с постоянной тягой:

- время сгорания всего порохового заряда зависит от диаметра двигателя, но не от его длины;
- тяга, при прочих равных, пропорциональна длине двигателя.

1.5. Реальная ракета, которую мы будем моделировать

Знаменитая твердотопливная метеорологическая ракета МР-12 (рис. 2) была разработана в СССР в 60-х годах прошлого века [8]. Число 12 в названии ракеты указывает на требуемую высоту подъема ракеты — 120 км. Ракета могла поднять на эту высоту 200 кг научных приборов, а меньший вес могла доставить на высоты до 180 км. С 1967 года в СССР и России было проведено более тысячи запусков ракеты МР-12 и ее модификаций.

1.6. Результаты описанного ниже компьютерного моделирования ракеты МР-12 совпадают с результатами реальных запусков

Теоретические и практические детали компьютерного моделирования запуска ракеты МР-12 мы

разберем позже, а пока на рисунке 3 представим графические результаты этого моделирования. Моделирующая программа написана на школьном алгоритмическом языке в свободно распространяемой

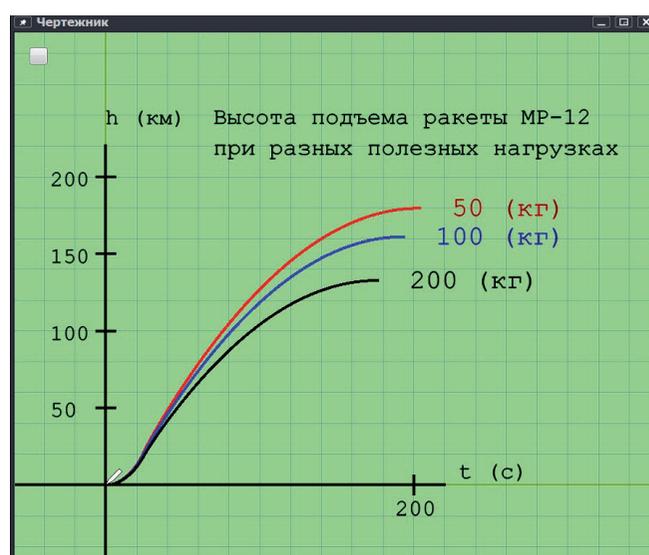


Рис. 3. Высота подъема ракеты МР-12 при разных полезных нагрузках

Fig. 3. MR-12 rocket lift height with various payloads

учебной среде программирования КуМир, разработанной в Российской Академии наук и доступной к загрузке с сайта [18]. Для удобства тех читателей, которые решат поэкспериментировать с обсуждаемыми в статье компьютерными моделями, авторы разместили коды всех моделирующих алгоритмов на школьном алгоритмическом языке и на языке Python 3 в открытом доступе на сайте ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН [19]. Эти коды могут быть исполнены в среде КуМир и в любой среде программирования, поддерживающей язык Python 3, например в учебной онлайн-среде Trinket, доступной без оплаты и регистрации на сайте разработчика среды: <https://trinket.io/python3>.

Из графиков на рисунке 3 видно, что:

- при полезной нагрузке 50 кг ракета поднимается на высоту 180 км (за 200 с);
- при полезной нагрузке 100 кг ракета поднимается на высоту 160 км (за 190 с);
- при полезной нагрузке 200 кг ракета поднимается на высоту 130 км (за 175 с).

Эти три результата моделирования хорошо согласуются с опубликованными данными по реальным запускам ракеты МР-12, что доказывает применимость построенной нами модели*.

2. Методы

2.1. Процесс взлета ракеты с точки зрения физика и с точки зрения программиста

Пока порох горит, ракета быстро набирает скорость. Это называется *активным участком* взлета. На активном участке полета масса ракеты равномерно уменьшается. По прекращении работы двигателя ракета по инерции продолжает движение вверх, пока ее скорость не упадет до нуля под действием силы земного притяжения и силы сопротивления воздуха. Это называется *пассивным участком* взлета. На пассивном участке масса ракеты постоянна. По завершении пассивного участка взлета ракета начинает падать на землю, и этот этап полета мы не рассматриваем.

Моделирующую программу (алгоритм) мы запишем на школьном алгоритмическом языке. Все величины в алгоритме, как и в математической модели, которую мы разобрали в разделе 1.1, будут измеряться в единицах международной системы СИ:

- *время* (t) — в секундах (с);
- *высота* (h) — в метрах (м);
- *масса* (m) — в килограммах (кг);
- *тяга* (F) — в ньютонах (Н);
- *скорость* (v) — в (м/с);
- *ускорение* (a) — в (м/с²).

В алгоритм моделирования заложим следующие числовые данные о ракете МР-12:

вещ $M_{топл}=1200, M_{корп}=250$ | масса топлива и корпуса (кг)

вещ тяга= 103600 | (Н)

вещ время работы = 24 | (с) продолжительность работы двигателя

При выполнении нашего алгоритма в вычислениях будут использоваться числовые значения ускорения свободного падения в различных точках траектории ракеты, в том числе и в точке запуске ракеты. Это ускорение в точке запуска ракеты зависит от широты точки запуска и высоты этой точки над уровнем Мирового океана. Вдоль траектории ракеты ускорение свободного падения падает с набором высоты в соответствии с законом всемирного тяготения Ньютона. В упрощенной версии моделирующего алгоритма мы пренебрежем всеми этими зависимостями и предположим, что ускорение свободного падения во всех точках траектории ракеты постоянно и равно общепринятому приближенному значению:

вещ $g = 9.8$ | (м/с**2), ускорение свободного падения

В том, что ошибки, вызванные этим упрощением, невелики, нас убеждают следующие два довода. Во-первых, если мы уточним алгоритм, учитывая зависимость ускорения свободного падения от широты и удаленности от центра Земли, и сравним результаты выполнения упрощенного и уточненного алгоритмов, то увидим, что ошибка, вызванная предположением о постоянстве ускорения свободного падения, не превышает нескольких процентов. Во-вторых, и это более важный довод, используя в упрощенном алгоритме конкретные числовые данные ракеты МР-12, мы убеждаемся в том, что приведенные на рисунке 3 предсказания нашего алгоритма о высотах подъема ракеты при различных полезных нагрузках согласуются с опубликованными опытными данными о реальных запусках ракеты МР-12.

Взлетная (стартовая) масса ракеты вычисляется в программе командой присваивания

$M_{взлет} := M_{топл} + M_{корп} + \text{полезная нагрузка}$

При общем весе топлива 1200 кг и времени его сгорания 24 с за каждую секунду полета сгорает 50 кг топлива, поэтому на активном участке через время t масса ракеты m становится равной $M_{взлет} - 50 * t$.

На активном участке полета на ракету действуют три силы: сила тяги, направленная вверх (за счет нее и происходит взлет), а также мешающие взлету сила сопротивления воздуха и сила земного притяжения mg . Для упрощения мы предполагаем, что сила тяги и сила земного притяжения от высоты h подъема ракеты не зависят (см. *Вопрос 2* в разделе 5), а вот сила сопротивления воздуха зависит от формы ракеты, пропорциональна квадрату скорости ракеты v и плотности воздуха на высоте h . Мы используем в готовом виде простейшую приближенную формулу для силы сопротивления, которую оформим как алгоритм-функцию

* Продолжительность подъема ракеты на максимальную высоту для метеорологов, как правило, не имеет никакого значения. Мы приводим эту продолжительность для полноты картины.

алг вещь r (вещ v, h) | сила сопротивления
воздуха (Н)
нач знач := $0.10 * v^{**2} * 10^{**}(-0.0000555 * h)$
кон

Эта несложная с виду формула основана на сведениях из аэродинамики, физики газа и метеорологии, а также на аэродинамических характеристиках корпуса ракеты МР-12. Эти сведения человечество добывало сотни лет. Согласно аэродинамике, при больших скоростях движения ракеты сопротивление в каждый момент будет пропорционально квадрату скорости ракеты и плотности атмосферы в первой степени. Коэффициент пропорциональности зависит от геометрической формы ракеты (цилиндр, соединенный с конусом) и пропорционален плотности воздуха на уровне Мирового океана. Физика газа говорит, что для плотности атмосферы постоянной температуры справедлива так называемая *барометрическая формула*: $\rho(h) = \rho_0 10^{-\beta h}$, где ρ_0 — плотность атмосферы на нулевом уровне отсчета и β — некоторая положительная константа [13, с. 128]. Для Земли $\rho_0 \sim 1,28$ кг/м³ и $\beta \sim 0,0000555$ м⁻¹. Барометрическую формулу можно переформулировать так: *при возрастании высоты в арифметической прогрессии плотность атмосферы постоянной температуры падает в геометрической прогрессии*. На вершине Эльбруса ($h = 5642$ м) плотность атмосферы примерно в два раза меньше, чем на пляжах Сочи. Метеорология говорит, что хотя температура земной атмосферы константой не является и меняется с высотой*, для $\beta = 0,0000555$ барометрическая формула с хорошим приближением позволяет определить зависимость плотности атмосферы от высоты**.

При моделировании механических явлений не обойтись без законов Ньютона. Нам понадобится формула *второго закона Ньютона*: $F = ma$, где m — масса тела, a — ускорение тела, F — сумма сил, действующих на тело.

По этой формуле ускорение ракеты может быть вычислено следующим образом:

- на активном участке командой
 $a := (\text{тяга} - r(v, h) - m * g) / m$
- на пассивном участке командой
 $a := (-r(v, h) - m * g) / m$

* Тот, кто хотя бы раз летал на самолете, слышал объявление командира корабля о температуре за бортом, при взлете опускающейся до нескольких десятков градусов мороза.

** Уточняя барометрическую формулу, ученые свели известные данные об атмосфере Земли в огромную таблицу, которой и рекомендуется пользоваться при проведении моделирования полетов самолетов и ракет. Эта таблица имеет название *Международная стандартная атмосфера* [9]. Созданы библиотечные программы, которые вычисляют параметры атмосферы, интерполируя данные из этой таблицы. Такие библиотечные программы, вобравшие в себя опыт многолетней работы тысяч ученых со всего мира, очень компактны. На школьном алгоритмическом языке подобную программу можно было бы уложить в десяток строк, и ее использование в моделирующем алгоритме ничем не отличалось бы от использования трехстрочной программы вещь r (вещ v, h), основанной на барометрической формуле.

Мы берем тягу со знаком плюс, а силу сопротивления и силу тяжести — со знаком минус, поскольку тяга помогает увеличению высоты, а сила сопротивления воздуха и сила тяжести — мешают. Напомним, что сила тяжести равна $m * g$, где g — ускорение свободного падения, измеренное в той точке, где находится ракета. На самом деле сила тяжести зависит от высоты. Она ослабевает при удалении ракеты от Земли в соответствии с законом всемирного тяготения. Однако компьютерные эксперименты показывают, что учет ослабления силы притяжения при удалении ракеты от Земли практически не меняет результатов компьютерного моделирования процесса взлета метеорологической ракеты, поэтому в нашей компьютерной модели мы считаем g константой.

2.2. Метод дискретизации непрерывных процессов

Итак, мы выписали всю информацию, которую собираемся учитывать при моделировании процесса взлета ракеты. Процесс этот сложный: на активном участке меняется масса ракеты, сопротивление воздуха зависит не только от скорости, но и от высоты подъема. Циолковскому в конце XIX века удалось описать формулами более простой процесс взлета ракеты с учетом изменения массы, но без учета сопротивления воздуха [13, с. 91]. Формул, которые учитывали бы и сопротивление воздуха, и изменение массы на активном участке, не существует. Ничего страшного: высоту подъема ракеты при данной нагрузке можно определить как результат работы моделирующего алгоритма, выполняемого на компьютере. Для моделирования процесса взлета ракеты мы применим *метод дискретизации непрерывных процессов*.

Представьте, что мы сделали видеозапись активного участка взлета ракеты и приписали каждому кадру пять чисел, выраженных в системе единиц СИ:

- t — время, прошедшее с момента старта ракеты;
- m, h, v, a — масса, высота подъема, скорость и ускорение ракеты в момент съемки кадра.

Дополненная числовыми данными видеозапись — это модель реального процесса взлета. По ней можно точно определить массу, высоту, скорость и ускорение ракеты в те моменты, когда происходила съемка кадра, и приближенно, путем интерполяции, — в остальные моменты.

Подобного рода замена непрерывного процесса прерывным (принято говорить *дискретным*) называется *дискретизацией*. Если реальный процесс доступен наблюдению, то дискретизацию можно провести, измерив все параметры процесса в момент съемки каждого кадра. Именно так кодируется звук в памяти компьютера. Если же процесс не доступен наблюдению или его невозможно провести, можно попытаться *не измерить, а вычислить* приписанные каждому кадру числа на основе известных нам законов природы и экспериментальных данных. В этом и состоит суть вычислительных экспериментов, проводимых на компьютере.

При дискретизации временная ось обычно разбивается на небольшие интервалы, скажем, с шагом по времени $dt = 0.1$ (с). Продолжительность активного участка у нас в модели равна 24 с, значит, в видеозаписи активного участка будет начальный кадр и еще n кадров, где $n = 24/dt = 240$.

Начальному кадру присвоим номер ноль, а остальным кадрам — номера от 1 до 240. К каждому кадру у нас приписаны пять чисел:

t_0, m_0, h_0, v_0, a_0 к кадру номер 0;
 t_1, m_1, h_1, v_1, a_1 к кадру номер 1;
 t_2, m_2, h_2, v_2, a_2 к кадру номер 2;
 t_3, m_3, h_3, v_3, a_3 к кадру номер 3;

 $t_{240}, m_{240}, h_{240}, v_{240}, a_{240}$ к кадру номер 240.

Числа на соседних кадрах связаны между собой точными или приближенными соотношениями (в первых двух строках ниже соотношения точные, в остальных — приближенные):

$t_1 = t_0 + dt,$
 $m_1 = m_0 - M_{\text{топл}}/n,$
 $h_1 \approx h_0 + v_0 dt,$
 $v_1 \approx v_0 + a_0 dt,$
 $a_1 \approx (\text{тяга} - r(v_1, h_1)) - m_1 g / m_1,$
 $t_2 = t_1 + dt,$
 $m_2 = m_1 - M_{\text{топл}}/n,$
 $h_2 \approx h_1 + v_1 dt,$
 $v_2 \approx v_1 + a_1 dt,$
 $a_2 \approx (\text{тяга} - r(v_2, h_2) - m_2 g) / m_2, \dots$
 $t_3 = t_2 + dt, \dots$
 $m_3 = m_2 - M_{\text{топл}}/n, \dots$
 $h_3 \approx h_2 + v_2 dt, \dots$
 $v_3 \approx v_2 + a_2 dt, \dots$

Откуда берутся приближенные соотношения, например, соотношение $h_2 \approx h_1 + v_1 dt$? Это очень просто. В начале интервала времени $[t_1, t_2]$ скорость ракеты приблизительно равна v_1 . Если бы ракета двигалась с этой скоростью в течение всего интервала времени dt , то пройденный путь составил бы $v_1 dt$. Конечно, в течение интервала времени dt скорость ракеты менялась. Но если выбрать длину интервала dt достаточно малой, то на всем интервале скорость «отклонится» от начального значения незначительно, скажем, не более чем на 0,01 %, и высота $h_2 - h_1$, набранная за время dt , будет отличаться от $v_1 dt$ не более, чем на 0,01 %.

Выписанные выше пять соотношений называются **рекуррентными**, они позволяют выразить (приблизительно) пять чисел на следующем кадре через пять чисел на предыдущем кадре. Поскольку на кадре 0 числа нам известны*:

* Выбор начального значения высоты $h = 0$ означает, что программа будет моделировать запуск ракеты в точке, расположенной на уровне Мирового океана.

$t_0 = 0,$
 $m_0 = M_{\text{взлет}},$
 $h_0 = 0,$
 $v_0 = 0,$
 $a_0 = (\text{тяга} - m_0 g) / m_0,$

то рекуррентные соотношения позволяют шаг за шагом приближенно вычислить по известным числам на кадре 0 неизвестные числа на кадре 1, затем по известным числам на кадре 1 вычислить неизвестные числа на кадре 2 и так далее вплоть до последнего кадра номер 240. При вычислении чисел на новом кадре, скажем, на кадре 3, используются только числа предыдущего кадра 2 и не применяются числа никаких других кадров. Это означает, что для моделирования можно обойтись пятью величинами алгоритмического языка **вещ** t, m, h, v, a , присваивая им на каждом шагу новые значения и стирая при этом уже не нужные старые значения.

Таким образом, цикл моделирования активного участка взлета ракеты записывается так:

```
нц n раз | моделирование активного участка
. t := t + dt
. m := m - Mтопл/n
. h := h + v*dt
. v := v + a*dt
. a := (тяга - r(v, h) - m*g) / m
кц
```

За активным участком взлета следует пассивный. На этом участке масса ракеты не меняется, а тяга равна нулю. В качестве начального кадра пассивного участка выступает последний кадр активного участка, сделанный в момент прекращения тяги ракетного двигателя. Пассивный участок заканчивается, когда ракета достигает наивысшей точки и начинает падать на Землю. В этот момент скорость подъема v перестает быть положительной. Таким образом, цикл моделирования пассивного участка взлета ракеты продолжается до тех пор, пока скорость ракеты v положительна, и число кадров пассивного участка нам заранее не известно. Это записывается так:

```
нц пока v>0 | моделирование пассивного участка
. t := t + dt
. h := h + v*dt
. v := v + a*dt
. a := (-r(v, h) - m*g) / m
кц
```

Значение величины h по завершении этого цикла и дает искомую высоту подъема ракеты. Если бы мы хотели получить данные об изменении высоты со временем, нужно было бы сделать результатом работы алгоритма не одно число — значение величины h , а массив значений высот на всех кадрах и запоминать значение высоты ракеты на каждом кадре в элементе массива с индексом, равным номеру кадра.

3. Результаты

Алгоритм моделирования взлета ракеты МР-12, из которого исключены команды построения графиков, приведен на рисунке 4.

С помощью алгоритма «Апогей» можно провести компьютерный эксперимент — предсказать высоту подъема ракеты при полезных нагрузках 50, 100 и 200 кг. Для проведения эксперимента составим небольшую программу «эксперимент», которая будет задавать условия (параметры) эксперимента и получать от алгоритма «Апогей» и выдавать человеку-экспериментатору результаты эксперимента (рис. 5).

Замечание. Не будем забывать, что рекуррентные соотношения, которые мы использовали, — не точные, а приближенные. Поэтому значения величин t и h по завершении последнего цикла будут вычислены с ошибкой. Эта ошибка, как мы уже говорили, будет тем меньше, чем меньше шаг дискретизации по времени dt . Результаты эксперимента на рисунке 5

получены при $dt = 0.10$. Проверка показывает, что при уменьшении шага дискретизации до $dt = 0.05$ результаты моделирования практически не меняются, т. е. шаг дискретизации выбран правильно.

Итак, мы разработали для ракеты МР-12 вычислительную модель в виде компьютерной программы «Апогей». Эта модель является игрушечной в том смысле, что имеет единственный параметр «полезная нагрузка» и позволяет путем компьютерных экспериментов прогнозировать зависимость апогея только от этого параметра. Но эту модель легко модернизировать так, чтобы она стала отвечать на более широкий круг вопросов.

4. Обсуждение

4.1. Может ли увеличение полезной нагрузки увеличить высоту подъема ракеты

Отметим, что высота подъема ракеты МР-12 падает с ростом полезной нагрузки. Это не удивляет, ведь

```

| Моделирование ракеты МР-12 в КуМире
алг вещь Апогей(вещ полезная нагрузка) | моделирование ракеты МР-12
дано 50<=полезная нагрузка<=200
надо | подсчитана высота апогея в метрах
нач
| Используем единицы системы СИ: секунда (с), метр (м), килограмм (кг)
. вещь Мтопл = 1200, Мкорп = 250 | масса топлива и корпуса (кг)
. вещь тяга = 103600 | (Н)
. вещь время работы = 24 | (с)
. вещь g = 9.8 | (м/с**2)
. вещь Мвзлет; Мвзлет := Мтопл + Мкорп + полезная нагрузка
. вещь t = 0, h = 0, v = 0, m; m := Мвзлет | начальные время, высота, скорость, масса
. вещь a; a := (тяга - m*g) / m | начальное ускорение
. вещь dt = 0.1 | шаг дискретизации по времени
. цел n; n := int(время работы/dt + 0.5) | число шагов
. нц n раз | моделирование активного участка
. . t := t + dt
. . m := m - Мтопл/n
. . h := h + v*dt
. . v := v + a*dt
. . a := (тяга - r(v, h) - m*g) / m
. кц
. нц пока v>0 | моделирование пассивного участка
. . t := t + dt
. . h := h + v*dt
. . v := v + a*dt
. . a := (-r(v, h) - m*g) / m
. кц
. знач := h
кон
алг вещь r(вещ v, h) | сопротивление воздуха (Н)
нач знач := 0.10*v**2*10**(-0.0000555*h)
кон

```

Рис. 4. Алгоритм «Апогей»* моделирования взлета ракеты МР-12

Fig. 4. Apogee algorithm for MR-12 takeoff simulation

* Астрономический термин *апогей* означает точку траектории Луны, искусственного спутника или ракеты, наиболее удаленную от центра Земли. В переводе с греческого «апо» значит «далеко», а «гео» — это наша планета Земля.

```

1  алг эксперимент
2  нач вещь полезная нагрузка = 50
3  . нц 3 раза
4  . . вывод "При полезной нагрузке ", полезная нагрузка, " кг "
5  . . вывод "апогей МР-12 = ", int(Апогей(полезная нагрузка)/1000), " км", нс
6  . полезная нагрузка := (полезная нагрузка)*2
7  . кц
8  кон
9  алг вещь Апогей(вещ полезная нагрузка) | моделирование ракеты МР-12
10 дано 50<=полезная нагрузка<=200
11 надо | подсчитан апогей
12 нач
13 . вещь Мтопл=1200, Мкорп=250 | масса топлива и корпуса (кг)
14 . вещь тяга=103600 | (Н)
15 . вещь время работы = 24 | (с)

```

При полезной нагрузке 50.0 кг апогей МР-12 = 178 км
При полезной нагрузке 100.0 кг апогей МР-12 = 160 км
При полезной нагрузке 200.0 кг апогей МР-12 = 131 км

Рис. 5. Компьютерный эксперимент с алгоритмом «Апогей»

Fig. 5. Computer experiment with the Apogee algorithm

на первый взгляд кажется очевидным следующее утверждение:

для любой ракеты увеличение нагрузки должно уменьшать максимальную высоту подъема.

Но это утверждение неверно. Изменим конструкцию ракеты и опровергнем утверждение компьютерным экспериментом. Высота ракеты МР-12 равна примерно 10 м. Сделаем ракету пониже. Укоротим вчетверо пороховой двигатель, не меняя его диаметра. Из-за этого масса топлива уменьшится вчетверо, сила тяги также сократится вчетверо, но время работы, зависящее не от длины, а от диаметра порохового заряда, останется неизменным. Сохраним форму носовой части ракеты и будем считать, что за счет этого сопротивление воздуха для модернизированной ракеты останется таким же, как у исходной. Будем считать, что за счет укорочения двигателя масса корпуса ракеты уменьшится с 250 до 90 кг. Начнем моделировать в программе «Апогей» новую укороченную ракету с параметрами

Мтопл=300(кг), Мкорп=90(кг), тяга=25900(Н), время работы=24(с)

Проведя вычислительные эксперименты с новой укороченной ракетой для уменьшенных полезных нагрузок 15, 30 и 60 кг, получим, что новая ракета достигает высот 20 892, 21 015 и 20 986 м соответственно. Мы получили парадоксальный прогноз: при увеличении полезной нагрузки от 15 до 30 кг высота подъема будет увеличиваться, а вовсе не уменьшаться. Исключим вероятность того, что ошибки вызваны приближенным характером наших вычислений. Для этого уменьшим шаг по времени до значения $dt = 0.0001$, дальнейшее уменьшение которого уже не приводит к изменению результатов моделирования. Уточненные результаты компьютерного моделирова-

ния для полезных нагрузок 15, 30 и 60 кг становятся равными 20 851, 20 968 и 20 930 м и по-прежнему предсказывают, что нагрузка 30 кг даст большую высоту подъема, чем нагрузка 15 кг.

Детальные компьютерные эксперименты предсказывают, что рекордная высота подъема укороченной ракеты, равная 20 991, будет достигнута при нагрузке 41 кг. Найденные в этих компьютерных экспериментах числа 20 991 и 41 практикам не очень интересны. Потеря сотни метров высоты подъема ракеты совершенно не важна, а вот возможность увеличения нагрузки на десяток-другой килограммов очень существенна. Поэтому на практике важно знать не точное оптимальное значение нагрузки, равное 41 кг, а интервал нагрузок, при которых значение набранной ракетой высоты не слишком проигрывает рекордному значению 20 991. Наш моделирующий алгоритм предсказывает, что при изменении нагрузки в интервале от 20 до 65 кг высота подъема не падает ниже 20 897 м, т. е. проигрывает рекордному результату менее 100 м. Проведя для контроля эксперимент с нулевой полезной нагрузкой, получим высоту подъема, равную 20 615 кг. Этот результат можно переформулировать так: *увеличение полезной нагрузки от нуля до 41 кг увеличивает максимальную высоту, набранную ракетой, на 376 м.*

Авторы не могут предложить убедительного качественного объяснения обнаруженного парадоксального явления. Возможно, дело в том, что при увеличении полезной нагрузки ракеты большая доля тяги на активном участке тратится на полезный разгон ракеты и приобретение ею кинетической энергии и меньшая доля — на бесполезное преодоление сопротивления воздуха. А накопленная кинетическая энергия на пассивном участке конвертируется в по-

тенциальную энергию, т. е. в набор высоты ракеты, с избытком перекрывая потери, вызванным более медленным разгоном.

4.2. Может ли кратковременное выключение двигателя в процессе взлета увеличить высоту подъема ракеты

Сегодня в мире разрабатываются твердотопливные двигатели двукратного и даже многократного включения. Предположим, что на ракету МР-12 установлен двигатель двукратного включения, который имеет те же размеры, массу топлива, тягу и продолжительность работы, что и двигатель МР-12, но обладает той особенностью, что он может быть включен на некоторое время, потом однократно выключен

и повторно включен после некоторой задержки. Назовем эту ракету МР-12-бис. При выборе расходуемой при первом включении доли топлива, равной 100 %, взлет ракеты МР-12-бис не будет отличаться от взлета МР-12, что позволяет проводить вычислительные эксперименты для сравнения МР-12-бис и МР-12 с помощью одной и той же моделирующей программы. Мы проведем вычислительный эксперимент с МР-12-бис при одном-единственном сценарии запуска: мы планируем выключить двигатель, когда он израсходует долю пороха, равную 50 %, и включить двигатель повторно, когда скорость упадет до выбранного нами наугад значения $v_{\min} = 337$ м/с. Полезную нагрузку в этом сценарии установим равной 200 кг. Описанный ниже компьютерный экс-

```

... ..
цел АКТИВ = 1
цел ПАССИВ = 0
вещ vmin = 337
алг Эксперимент | Сравнение МР-12 и двукратно включаемой МР-12бис
нач
. вывод "МР-12бис ==> Апогей = ", int(Апогей_бис(50, vmin)/1000), нс
. вывод "МР-12 ==> Апогей = ", int(Апогей_бис(100, vmin)/1000), нс
кон

алг вещь Апогей_бис(цел доля_в_процентах, вещь vmin) | (м)
дано 10 <= доля_в_процентах <= 100 | доля расхода пороха на 1-м акт. участке
нач
. t := 0; h := 0; v := 0; m := Мвзлет | начальные время, высота, скорость, масса
. a := (тяга - m*g)/m | начальное ускорение
. n := int(время работы/dt+0.5) | число шагов всех активных участков
. n1 := int(n*доля_в_процентах/100+0.5) | число шагов 1-го активного участка
. нц n1 раз | моделирование 1-го активного участка
. . Шаг(АКТИВ)
. кц
. утв v > vmin
. нц пока v > vmin | моделирование 1-го пассивного участка
. . Шаг(ПАССИВ)
. кц
. нц n-n1 раз | моделирование 2-го активного участка
. . Шаг(АКТИВ)
. кц
. нц пока v > 0 | моделирование 2-го пассивного участка
. . Шаг(ПАССИВ)
. кц
. знач := h | (м)
кон

алг Шаг(цел актив) | однократный пересчет параметров процесса
дано актив=1 или актив=0
нач
. t := t+dt
. m := m - актив*dm
. h := h+v*dt
. v := v+a*dt
. a := (актив*тяга - r(v, h) - m*g)/m
кон

```

Рис. 6. Ключевой фрагмент кода программы, моделирующей запуск ракет МР-12-бис и МР-12
Fig. 6. Key fragment of the program code simulating the launch of the MR-12bis and MR-12 rockets

перимент предсказывает, что за счет паузы в работе двигателя ракета МР-12-бис поднимется существенно выше, чем МР-12.

Моделирующую программу с заголовком

```
алг вещь Апогей_бис (цел доля_в_процентах,  
вещ vmin) | (м)
```

можно скачать с сайта НИИСИ РАН [19]. Имена и назначение переменных в новой программе «Апогей_бис» почти такие же, как в программе «Апогей» из рисунка 4, однако в новой программе все величины сделаны глобальными, фиксировано значение величины полезная нагрузка = 200 (кг) и введены новые величины v_{min} , $n1$ и вспомогательный алгоритм «Шаг», который служит для пересчета значений пяти параметров процесса t , m , h , v , a и на активных, и на пассивных участках. Ключевой фрагмент этой программы приведен на рисунке 6.

С помощью этой модели авторы провели вычислительный эксперимент, который дал следующий результат:

```
>> 14:21:00 - 5_Моделирование ракеты  
МР12-бис в КуМире.kum - Начало выполнения  
МР-12бис ==> Апогей = 175  
МР-12 ==> Апогей = 131
```

Эксперимент показывает, что за счет временного выключения двигателя можно было бы поднять высоту подъема ракеты со 131 до 175 км, т. е. увеличить высоту подъема на 34 %.

Чтобы разобраться в том, почему это происходит, полезно вывести результаты эксперимента в графической форме. Для вывода графиков авторы перекодировали моделирующий алгоритм на язык Python3 и воспользовались графической библиотекой `matplotlib.pyplot`. Моделирующую программу авторы разместили в свободном доступе на сайте ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН [19]. С этой программой можно поэкспериментировать в онлайн-среде Trinket, допу-

скающей работу без оплаты и даже без регистрации. Просто зайдите на сайт <https://trinket.io/python3>, перенесите текст программы копируйтем в окно программы среды Trinket и запустите выполнение программы. Результаты вычислительного эксперимента в среде Trinket приведены на рисунке 7.

Анализируя графики на рисунке 7, можно предположить, что выигрыш в высоте подъема МР-12-бис по сравнению с МР-12 достигается по следующей причине. По истечении 12 с полета:

- обе ракеты набирают скорость около 700 м в секунду;
- обе ракеты в этот момент находятся на небольшой высоте — около 4 км, на которой сопротивление воздуха велико;
- двигатель ракеты МР-12 продолжает работу еще 12 с, тратя значительную часть своей энергии на преодоление сопротивления воздуха на высотах от 4 до 18 км, в то время как двигатель ракеты МР-12-бис выключается в ожидании более выгодных условий для работы и ракета МР-12-бис около 20 с летит по инерции, набирая к концу 32 с полета высоту 14 км. На этой высоте для любой скорости полета сопротивление воздуха вчетверо меньше, чем на высоте 4 км, и следующие 12 с двигатель МР-12-бис работает на высотах от 14 до 26 км, где сопротивление воздуха существенно меньше, чем на высотах от 4 до 18 км.

Поэтому последние 12 с из предусмотренных конструкцией двигателя 24 с двигатель ракеты МР-12-бис используется более эффективно, чем двигатель МР-12, тратя меньшую долю своей энергии на преодоление сопротивления воздуха. В итоге ракета МР-12-бис достигает большей скорости, чем МР-12, и поднимается на большую высоту.

Приведенные выше рассуждения носят прикидочный, качественный характер. Проведение вычислительного эксперимента заменяет эти каче-

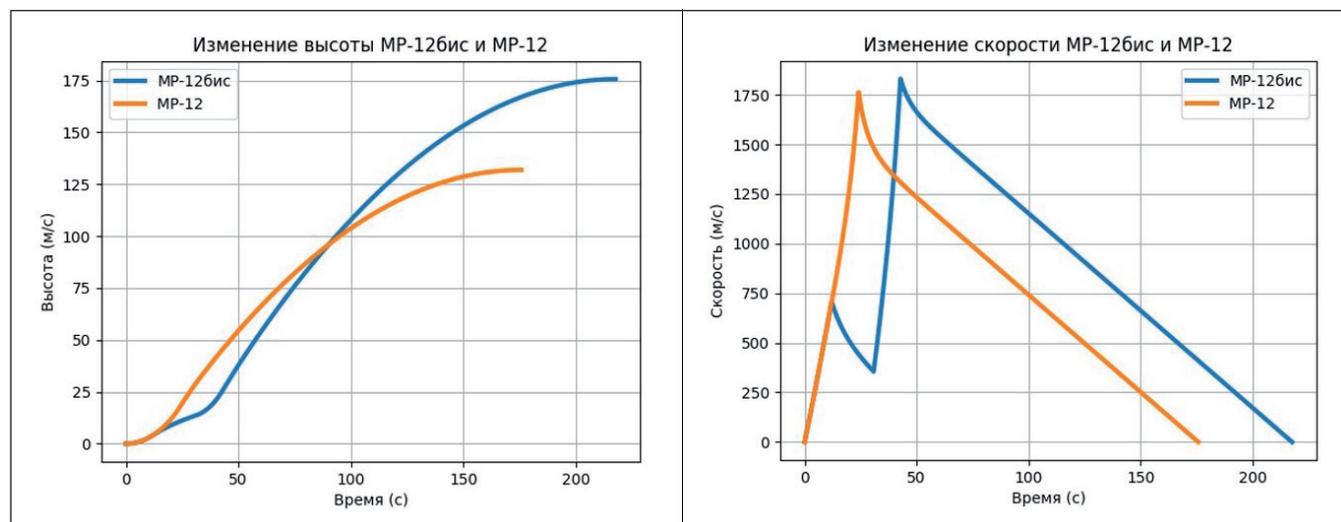


Рис. 7. Графики изменения высоты и скорости ракет МР-12-бис МР-12

Fig. 7. Graphs of the changes in the altitude and velocity of the MR-12-bis and MR-12 rockets

ственные рассуждения предсказанием конкретных результатов, позволяя обойтись без проведения долгих и дорогостоящих натуральных экспериментов.

5. Темы для исследования

Разобранные примеры моделирующих программ дают учителю возможность легко организовать углубление уровня освоения учебного материала, формулируя легкие вопросы, ответы на которые учащиеся могут получить за 5–10 мин путем модернизации программы «Апогей» (рис. 4).

Вопрос 1. Как изменится предсказываемая моделью высота подъема ракеты МР-12, если для места старта выбрать точку, находящуюся на высоте 1, 2 или 3 км над уровнем Мирового океана?

Вопрос 2. Как изменится предсказываемая моделью высота подъема ракеты МР-12, если учесть в модели падение ускорения свободного падения с высотой согласно закону всемирного тяготения Ньютона?

Вопрос 3. Предположим, что из-за изменения состава порохового заряда тяга двигателя упала на 5%. На сколько процентов упадет максимальная высота подъема ракеты при полезной нагрузке 200 кг?

Более трудные вопросы, ответы на которые можно получить, модернизируя программы «Апогей_бис» на школьном алгоритмическом языке (рис. 6 и [19]) или языке Python 3 ([19]), могут послужить темами внеклассной работы.

Вопрос 4. Какую рекордную высоту подъема ракеты МР-12-бис при взлете с двумя активными участками можно получить, подбирая долю ресурса двигателя, используемую на первом активном участке, и значение скорости v_{\min} , при достижении которой начинается второй активный участок?

Вопрос 5. Существует ли режим взлета ракеты МР-12-бис с тремя активными участками, дающий большее значение высоты подъема, чем любое значение, достигаемое при взлете с двумя активными участками?

В заключение отметим, что изложенный в данной статье материал имеет междисциплинарный характер и может быть использован в рамках методического подхода «Обучение в рамках сообществ учащихся», изложенного в статье [20].

Финансирование

Работа выполнена в ФГУ ФНИЦ НИИСИ РАН в рамках госзадания по теме FNEF-2022-0010.

Funding

The work was carried out at the Scientific Research Institute of System Development of the Russian Academy of Sciences within the framework of the state assignment FNEF-2022-0010.

Благодарности

В основу данной статьи лег доклад, представленный авторами на VI Международной научной конференции «Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании», проходившей в г. Красноярске 20–23 сентября 2022 г. Авторы благодарны организаторам конференции за приглашение выступить с докладом.

Acknowledgments

This article is based on a report presented at the VIth International Scientific Conference “Informatization of education and e-teaching methods: digital technologies in education” held in Krasnoyarsk on 20–23 September 2022. We are grateful to the conference organizing committee for the invitation to make a presentation.

Список источников / References

1. Основные научные результаты академика А. А. Самарского в области математического моделирования. *Мемориальный сайт академика А. А. Самарского*. Режим доступа: <http://samarskii.ru/ru/nauka/matematicheskoe-modelirovanie>

[The main scientific results of Academician A. A. Samarsky in the field of mathematical modeling. *Memorial site of Academician A. A. Samarsky*. (In Russian.) Available at: <http://samarskii.ru/ru/nauka/matematicheskoe-modelirovanie>]

2. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Утвержден приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107050027>

[Federal State Educational Standard of basic general education. Approved by order of the Ministry of Education of the Russian Federation dated May 31, 2021 No. 287. (In Russian.) Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107050027>]

3. Ершов А. П., Монахов В. М., Бешенков С. А. и др. Основы информатики и вычислительной техники: проб. учеб. пособие для сред. учеб. заведений. В 2 ч. Ч. 1: под ред. А. П. Ершова, В. М. Монахова. М.: Просвещение; 1985:68–76. Режим доступа: <http://cip.iis.nsk.su/files/course/oivt1p.pdf>

[Ershov A. P., Monakhov V. M., Beshenkov S. A. et al. Foundations of informatics and computing machinery: Experimental text-book for secondary school. Pt. 1. Moscow, Prosveshchenie; 1985:68–76. (In Russian). Available at: <http://cip.iis.nsk.su/files/course/oivt1p.pdf>]

4. Кушниренко А. Г., Зайдельман Я. Н., А. Г. Леонов А. Г., Тарасова В. В. Информатика. 9 класс: учебник. 4-е изд., перераб. М.: Просвещение; 2022. 240 с.

[Kushnirenko A. G., Zaidelman Ya. N., Leonov A. G., Tarasova V. V. Informatics. 9th grade: textbook. 4th ed., expanded. Moscow, Prosveshchenie; 2022. 240 p. (In Russian.)]

5. Кушниренко А. Г., Лебедев Г. В., Сворень Р. А. Основы информатики и вычислительной техники: учеб. пособие для 10–11-х классов общеобразовательных учреждений. М.: Просвещение; 1990. 224 с. Режим доступа: <https://www.niisi.ru/kumir/books/1.pdf>

[Kushnirenko A. G., Lebedev G. V., Svoren R. A. Fundamentals of informatics and computer engineering: Textbook for 10–11th grade educational institutions. Moscow, Prosveshchenie; 1990. 224 p. (In Russian.) Available at: <https://www.niisi.ru/kumir/books/1.pdf>]

6. Поляков К. Ю., Еремин Е. А. Информатика. 11 класс. Базовый и углубленный уровни: учебник. В 2 ч. Ч. 2. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний; 2016. 304 с.

[Polyakov K. Yu., Eremin E. A. Informatics. Grade 11. Basic and advanced levels: textbook. In 2 parts. Part 2. Moscow, BINOM. Knowledge Laboratory; 2016. 304 p. (In Russian.)]

7. Гейн А. Г., Юнерман Н. А. Информатика. 9 класс: учебник. М.: Просвещение; 2021. 240 с.

[Gein A. G., Yunerman N. A. Informatics. 9th grade. A textbook. Moscow, Prosveshchenie; 2021. 240 p. (In Russian.)]

8. Словарная статья «Метеорологическая ракета МР-12». *Википедия. Свободная энциклопедия*. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MP-12>

[Dictionary entry “Meteorological rocket MP-12”. *Wikipedia. The Free Encyclopedia*. (In Russian.) Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/MP-12>]

9. Словарная статья «Международная стандартная атмосфера». «Академик». *Энциклопедия техники*. Режим доступа: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_tech/2697/Международная

[Dictionary entry “International Standard Atmosphere”. “Academic”. *Encyclopedia of technology*. (In Russian.) Available at: https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_tech/2697/Международная]

10. ГОСТ 4401-81 «Межгосударственный стандарт. Атмосфера Стандартная. Параметры». Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200009588>

[ГОСТ 4401-81 “Interstate standard atmosphere. Parameters”. (In Russian.) Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200009588>]

11. *Куприков М. Ю.* Словарная статья «Реактивный двигатель». *Большая российская энциклопедия*. Режим доступа: https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/4422756

[*Kuprikov M. Yu.* Dictionary entry “Jet engine”. *Great Russian Encyclopedia*. (In Russian.) Available at: https://bigenc.ru/technology_and_technique/text/4422756]

12. *Лившиц М.* Парадоксы реактивного движения. *Квант*. 1971;(7):11–16. Режим доступа: http://kvant.mscme.ru/1971/07/paradoksy_reaktivnogo_dvizheni.htm

[*Livshits M.* Paradoxes of jet propulsion. *Quantum*. 1971;(7)11–16. (In Russian.) Available at: http://kvant.mscme.ru/1971/07/paradoksy_reaktivnogo_dvizheni.htm]

13. *Блудов М. И.* Беседы по физике. В 3 ч. Ч. 1: под ред. Л. В. Тарасова. 3-е изд., перераб. М.: Просвещение; 1984. 207 с. Режим доступа: <https://djvu.online/file/zPh5jhi5t0qNM>

[*Bludov M. I.* Conversations on physics. In 3 parts. Part 1. Ed. L. V. Tarasova. 3rd ed., revised. Moscow, Prosveshchenie; 1984. 207 p. (In Russian.) Available at: <https://djvu.online/file/zPh5jhi5t0qNM>]

14. *Гиндикин С. Г.* Рассказы о физиках и математиках. 3-е изд., расширенное. М.: МЦНМО; 2001. 448 с. Режим доступа: <https://www.mscme.ru/free-books/gindikn/contes.pdf>

[*Gindikin S. G.* Stories about physicists and mathematicians. 3rd ed., expanded. Moscow, MCNMO; 2001. 448 p. (In Russian.) Available at: <https://www.mscme.ru/free-books/gindikn/contes.pdf>]

15. *Маликов Р. Ф.* Практикум по компьютерному моделированию физических явлений и объектов: учеб. пособие. Уфа: Изд-во БашГПУ; 2005. 291 с. Режим доступа: <http://suroklxj.bget.ru/sibgau/al-malikov.pdf>

[*Malikov R. F.* Workshop on computer modeling of physical phenomena and objects: Study guide. Ufa, Publishing House of BashGPU; 2005. 291 p. (In Russian.) Available at: <http://suroklxj.bget.ru/sibgau/al-malikov.pdf>]

16. *Широкова О. А.* Практикум по компьютерному математическому моделированию. Часть II: Компьютерное моделирование физических процессов: учебно-методическое пособие. Казань: КФУ; 2015. 85 с. Режим доступа: https://repository.kpfu.ru/?p_id=111813

[*Shirokova O. A.* Workshop on computer mathematical modeling. Part II: Computer modeling of physical processes: educational and methodical study guide. Kazan, KFU; 2015. 85 p. (In Russian.) Available at: https://repository.kpfu.ru/?p_id=111813]

17. *Niazi M. A., Temkin A.* Why teach modeling & simulation in schools? *Complex Adaptive Systems Modeling*. 2017;(5):7. DOI: 10.1186/s40294-017-0046-y

18. Главная страница проекта КуМир на сайте Федерального научного центра «НИИСИ РАН». Режим доступа: <https://www.niisi.ru/kumir/>

[The main page of the KuMir project on the website of the Federal Scientific Center SRISA. (In Russian.) Available at: <https://www.niisi.ru/kumir/>]

19. Коды вычислительных моделей данной статьи на школьном алгоритмическом языке и языке Python 3. Режим доступа: <https://www.niisi.ru/kumir/meth/MR12.htm>

[Codes of computational models of this article in the school algorithmic language and Python 3. (In Russian.) Available at: <https://www.niisi.ru/kumir/meth/MR12.htm>]

20. *Маркушевич М. В., Федосов А. Ю.* Основные методические подходы к использованию свободного программного обеспечения в курсе информатики на уровне основного общего образования. *Информатика и образование*. 2022;37(1):37–48. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-1-37-48

[*Markushevich M. V., Fedosov A. Yu.* Key methodological approaches to using free software in informatics course at the level of basic general education. *Informatics and Education*. 2022;37(1):37–48. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-1-37-48]

Информация об авторах

Кушниренко Анатолий Георгиевич, канд. физ.-мат. наук, доцент, зав. отделом учебной информатики, Федеральный научный центр «Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», г. Москва, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0001-6898-901X>; *e-mail*: agk@mail.ru

Малый Александр Альбертович, младший научный сотрудник, Федеральный научный центр «Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук», г. Москва, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-9998-6556>; *e-mail*: maly@niisi.msk.ru

Information about the authors

Anatoly G. Kushnirenko, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Docent, Head of the Educational Software Department, Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0001-6898-901X>; *e-mail*: agk@mail.ru

Alexander A. Maly, Junior Research Scientist, Scientific Research Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-9998-6556>; *e-mail*: maly@niisi.msk.ru

Поступила в редакцию / Received: 06.09.2022.

Поступила после рецензирования / Revised: 20.09.2022.

Принята к печати / Accepted: 27.09.2022.

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-76-86

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К ОБУЧЕНИЮ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

С. О. Крамаров^{1,2} ✉, М. И. Кадомцев³, Л. В. Сахарова³, А. А. Бочаров⁴¹ МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва, Россия² Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия³ Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия⁴ Южный университет (ИУБиП), г. Ростов-на-Дону, Россия

✉ maooovo@yandex.ru

Аннотация

В статье рассмотрен нечетко-множественный подход к моделированию компетентно-ориентированного подхода к обучению в техническом вузе. Разработана новая методика оценки уровня сформированности компетенций у студентов на основе результатов аттестации стандартными средствами. Предложенная методика основана на нечетко-множественном агрегировании результатов, полученных при решении студентами различных оценочных заданий.

Оценочные задания выбирались из соответствующих наборов, рекомендованных экспертами для проверки уровня сформированности компетенций, а также отобранных конкретным преподавателем на основе предложенных рекомендаций. В исследовании применен аппарат матричного агрегирования данных на основе системы нечетко-логических выводов — стандартных нечетких многоуровневых $[0, 1]$ -классификаторов, позволяющих учитывать значимость (весомость) различных типов оценочных средств и конкретных заданий.

Разработанный алгоритм позволяет вычислить долю студентов, обладающих соответствующим уровнем освоения компетенций, на каждом из направлений обучения в целом, а также на конкретных специальностях по отдельности. Последующая фаззификация задачи позволяет получить оценки набора, соответствующие пессимистическому, среднеожидаемому и оптимистическому прогнозам, и тем самым решить задачу оптимизации набора в вузы с учетом реальных потребностей кадрового рынка для конкретного региона.

Ключевые слова: компетенции, методика оценки, система нечетко-логических выводов, оценочные средства.

Для цитирования:

Крамаров С. О., Кадомцев М. И., Сахарова Л. В., Бочаров А. А. Математическое моделирование компетентно-ориентированного подхода к обучению на основе теории нечетких множеств. *Информатика и образование*. 2022;37(5):76–86. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-76-86

MATHEMATICAL MODELING OF THE COMPETENCY-BASED APPROACH IN EDUCATION BASED ON THE THEORY OF FUZZY SETS

S. O. Kramarov^{1,2} ✉, M. I. Kadomtsev³, L. V. Sakharova³, A. A. Bocharov⁴¹ MIREA — Russian Technological University, Moscow, Russia² Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia³ Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia⁴ Southern University (IMBL), Rostov-on-Don, Russia

✉ maooovo@yandex.ru

Abstract

The article considers a fuzzy-set approach to modeling a competency based approach in education at a technical university. A new methodology for assessing the level of formation of students' competencies based on the results of certification by standard means has been developed. The proposed methodology is based on fuzzy-set aggregation of the results obtained when students solve various assessment tasks.

© Крамаров С. О., Кадомцев М. И., Сахарова Л. В., Бочаров А. А., 2022

Assessment tasks were selected from the appropriate sets recommended by experts to check the level of competency development, as well as selected by a particular teacher based on the proposed recommendations. The study used the apparatus of matrix data aggregation based on a system of fuzzy-logical inferences — standard fuzzy multilevel [0, 1]-classifiers that allow taking into account the significance (weight) of various types of assessment means and specific tasks.

The developed algorithm makes it possible to calculate the proportion of students with the appropriate level of mastery of competencies in each of the areas of study in general, as well as in specific specialties separately. The subsequent fuzzification of the problem makes it possible to obtain recruitment estimates corresponding to the pessimistic, average expected, and optimistic forecasts, and thereby solve the problem of optimizing university recruitment, taking into account the real needs of the personnel market for a particular region.

Keywords: competencies, assessment methodology, system of fuzzy-logical conclusions, assessment tools.

For citation:

Kramarov S. O., Kadomtsev M. I., Sakharova L. V., Bocharov A. A. Mathematical modeling of the competency-based approach in education based on the theory of fuzzy sets. *Informatics and Education*. 2022;37(5):76–86. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-76-86

1. Введение

Компетенции — это характеристики, используемые для дифференциации уровней обучения и производительности людей в конкретной задаче. Компетенции являются базовыми качествами индивида, имеющими причинные связи с эффективной деятельностью после обучения [1].

В настоящее время существуют два основных подхода к обучению с точки зрения его конечных результатов: *традиционный*, ориентированный на знания, умения, навыки, и *компетентностный*, направленный на создание методологического аппарата учебной деятельности и на формирование у обучающихся способностей решать проблемы различной сложности на основе имеющейся информации.

В традиционном подходе уровень образованности пропорционален объему знаний, что облегчает задачу оценки достигнутых студентами результатов обучения. Что же касается компетенций, то они не сводятся к применению совокупности предметных умений; они полидисциплинарны, причем уровень полидисциплинарности нарастает по мере продвижения к выпускающим кафедрам. Вследствие этого при оценке компетенций невозможно использовать традиционные оценочные методы и средства и методологический аппарат оценки результатов обучения является предметом исследований и дискуссий.

Понятия «компетенция» и «компетентность» получили достаточно широкое распространение с середины 60-х годов прошлого века, явившись основой становления компетентностного подхода в образовании (Дж. Б. Уотсон, Э. Л. Торндайк, Б. Ф. Скиннер, Ф. Тейлор, Б. С. Блум, Н. Хомский, Р. Уайт, Дж. К. Равен, Ж. Делор, В. Хутмакер, Т. Хоффман). В России начало исследований по проблеме компетентностного подхода по отношению к различным видам деятельности связано с работами В. И. Байденко [2], И. А. Зимней [3], А. Г. Каспржака [4], В. Ландшера [5], А. К. Марковой [6], Н. С. Сахаровой [7], Ю. Г. Татура [8], А. В. Хуторского [9] и др.

В статье А. М. Морске, Т. Dornan, В. Eika [10] утверждается, что «образование, основанное на результатах, и образование, основанное на компетенциях, в основном сосредоточены на продукте, а не на процессе, любые различия между ними незначительны». В докладе Е. А. Jones, R. Voorhees [11] компетенция определяется как «результат комплексного

обучения, в котором навыки, способности и знания взаимодействуют, образуя наборы» и имеют ценность по отношению к задаче, для которой они собраны.

Компетентностный подход к образованию соответствует принципам проекта Tuning Educational Structures in Europe («Настройка образовательных структур в Европе»), который был инициирован в 2000 году [12]. Особое внимание уделено компетентностному подходу в книге «Теории и модели учебного дизайна: личностно-ориентированная парадигма образования» [13]. Универсальные принципы обучения, основанного на компетенциях (Competency-Based Education — CBE), представлены в статье В. К. Benson [14].

Технология обучения в CBE как модель обучения, оценки и управления учебной программой в настоящее время внедряется в некоторых программах послесреднего и высшего образования. Существуют различные методологии, которые преподаватели и педагоги-дизайнеры могут использовать для обучения на основе компетенций.

Так, преподаватели (учителя, тьюторы, инструкторы) посредством онлайн-сервисов предоставляют обучающимся учебные материалы для изучения и выполнения заданий в своем собственном темпе. Доступ к онлайн-инструментам обучения, таким как электронные книги и учебные материалы, созданные преподавателями, обучающиеся могут получить через системы управления обучением (Learning Management Systems — LMS) или через веб-порталы курсов. Для автоматического оценивания можно использовать бесплатные обучающие веб-платформы, такие как Google Classroom и Fresh Grade, которые дают немедленную обратную связь обучающимся, преподавателям и администраторам.

Студенты Университета Пердью (США) разработали в Open Passport специальные цифровые значки, которые играют роль сертификатов о владении той или иной компетенцией: студент получает значок, когда осваивает определенную компетенцию. «Компетенции и соответствующие им значки — это не простые конструкции, а сложные наборы навыков и способностей, которые необходимо определить и отработать, прежде чем будет достигнуто мастерство» [15].

Другими технологиями обучения, которые используют многие разработчики институциональных и учебных программ, преподаватели, являются Show Evidence, Mastery Connect, Path Brite и др.

На основе международного проекта Tuning Educational Structures in Europe [12] был разработан проект «Настройка образовательных программ в российских вузах» (Tuning Education Programmes in Russian HEIs) [16], однако на пути его реализации возникло немало проблем, связанных с особенностями существовавшей ранее системы отечественного образования и российской/советской педагогической школы.

Для отечественного образования рассматриваемый подход не является чем-то новым. Ориентация на усвоение умений, способов деятельности и, более того, обобщенных способов действия была ведущей в работах многих отечественных педагогов и психологов еще до внедрения в образование компетентностного подхода (В. В. Давыдов, В. В. Краевский, Н. В. Кузьмина, И. Я. Лернер, М. Н. Скаткин, Г. П. Щедровицкий и др.). Однако формализация данного подхода требует дополнительных исследований. В первую очередь необходима разработка методики оценивания степени сформированности компетенций у студента, которая учитывала бы особенности и традиции отечественного образования. В настоящее время в указанном направлении ведется активная работа такими исследователями, как В. И. Блинов [17], М. В. Гуськова [18], О. А. Донских [19], Е. М. Дорожкин, Е. Ю. Щербина [20] и др.

При этом компетенция трактуется современными отечественными исследователями как «комплекс взаимообусловленных аспектов деятельности, связанных с:

- аккумуляцией знаний, определяющих профессиональное ядро специалиста;
- аккумуляцией знаний, определяющих дополнительную альтернативную область;
- ориентацией на витальные и социальные ценности;
- развитием коммуникативно-прагматических качеств личности;
- совершенствованием селективности мотивационного срока при выборе вида деятельности» [7].

Разработанный на данный момент подход к оцениванию уровня сформированности компетенций состоит в многоступенчатых критериально-ориентированных измерениях, позволяющих получить обоснованные оценки на основе пошагового алгоритма [21, 22].

Таким образом, *отечественный компетентностно-ориентированный подход представляет собой современное переосмысление существовавшего подхода к подготовке специалистов и основан на четко сформулированных и обоснованных требованиях, структурирован, имеет разработанную нормативно-правовую базу. Особое внимание в нем уделяется разработке и научному обоснованию оценки результатов обучения, которая согласуется с системой СВЕ, однако демонстрирует и отличия, касающиеся, в первую очередь, детальной проработки моделей измерителей.*

Для оценки компетенций разработан **целый ряд оценочных средств:**

- деловая и/или ролевая игра;
- кейс-задача;
- коллоквиум;
- контрольная работа;
- круглый стол, дискуссия, полемика, диспут, дебаты;
- портфолио;
- проект;
- рабочая тетрадь;
- разноуровневые задачи и задания;
- расчетно-графическая работа;
- реферат;
- доклад, сообщение;
- собеседование;
- творческое задание;
- тест;
- тренажер;
- эссе и т. д.

Для каждого вида оценочного средства имеются характеристики, нормативы представления в фонде оценочных средств, а также система градаций для выставления оценки. Устанавливаются соответствия между видами оценочных средств и уровнями оценки овладения компетенцией (см. рис.).

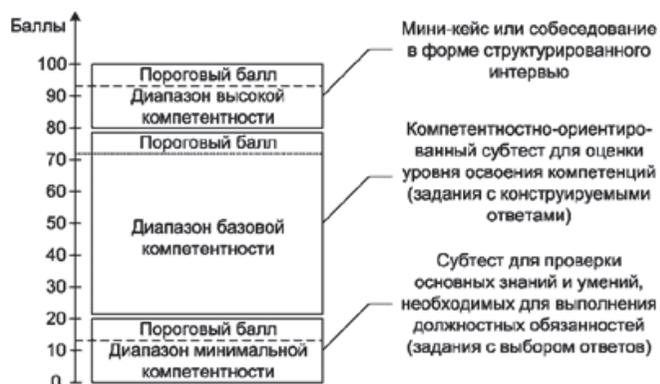


Рис. Трехступенчатая модель оценивания уровней сформированности профессиональных компетенций

Fig. Three-stage model for assessing the levels of formation of professional competencies

Следует отметить, что большинство предлагаемых методов оценки компетенций довольно сложны, требуют значительных временных затрат при их применении на практике и порождают следующие **проблемы.**

Во-первых, для оценки каждой из компетенций (либо их кластера) требуется составлять свой набор заданий и, соответственно, кардинально пересматривать уже существующие средства оценки. Между тем в настоящее время на большинстве профилирующих кафедр существует детально разработанная методическая база (банки тестов, вопросы для собеседования, коллоквиума, зачета, экзамена, индивидуальные и типовые задания и т. п.), в целом пригодная для оценки профессиональных компетенций.

Во-вторых, процесс оценки каждого кластера компетенций должен осуществляться отдельно, причем в несколько этапов.

В-третьих, при таком подходе требуется разрабатывать сложную систему начисления баллов за каждое задание, продумывать распределение баллов между оценочными средствами. При этом малейшее изменение структуры заданий, добавление либо исключение одиночного средства оценки приводят к необходимости заново пересчитывать всю систему оценки.

В-четвертых, балльная система оценки компетенций приводит к ситуации, когда, недобрав один-два балла, студент получает неоправданно низкую аттестационную оценку.

Все это указывает на *необходимость совершенствования существующих подходов в сторону их упрощения, адаптации под уже существующие фонды оценочных средств и предложенные ранее методы проверки знаний*.

Мы предлагаем **модифицированный подход к оценке уровня сформированности компетенций**, основанный на теории нечетких множеств [23–25], универсальном математическом аппарате, позволяющем учесть неопределенность экспертных оценок. Кроме того, нами предложен алгоритм, позволяющий рассчитать объем набора студентов на различные программы по заданному направлению в соответствии с компетентностно-ориентированным подходом на основе потребностей регионального кадрового рынка.

2. Методы

В целях повышения универсальности методики, а также ее вариативности нами предложен вариант **нечетко-множественной модификации, основанный на стандартных нечетких четырехуровневых [0,1]-классификаторах**, которые представляют собой системы нечетко-логических выводов, успешно применяемых для комплексной оценки сложных социально-экономических систем на основе ранжированных совокупностей показателей, имеющих числовое выражение [26, 27].

Суть метода заключается в том, что и факторам, на основе которых оценивается система, и итоговой оценке ставятся в соответствие лингвистические переменные с терм-множеством из N термов (здесь мы будем рассматривать $N = 4$) и носителем в виде единичного отрезка.

Для применения системы необходимо построить матрицу, в которой каждому из занумерованных факторов будет соответствовать строка, а столбцу — терм терм-множества лингвистической переменной. На пересечении строк и столбцов будут указываться значения функции принадлежности числового значения фактора соответствующему терму. Кроме того, необходимо будет также указать вектор-столбец весовых коэффициентов факторов, величина которых определяется на основе экспертного ранжирования. На основе построенной матрицы по заданному алгоритму будет осуществляться агрегирование исход-

ных данных в итоговое числовое значение оценки с последующим лингвистическим распознаванием. Именно поэтому такую схему агрегирования данных на основе стандартных нечетких многоуровневых [0,1]-классификаторов часто называют матричной.

В настоящем исследовании **матричная схема** предлагается для агрегирования произвольного количества балльных оценок, полученных студентом при текущей аттестации, в итоговую стандартную оценку по стандартной балльной шкале: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценка характеризует уровень овладения студентом рассматриваемой компетенцией:

$M: \{\text{поле балльных оценок}\} \rightarrow \{\text{поле итоговых оценок по 4-балльной шкале}\}$.

Мы предлагаем рассматривать следующие пять этапов.

Этап 1. Выделение списка исследуемых компетенций. Кластеризация списка исследуемых компетенций. Описание компетенций или их кластеров в форме наблюдаемых признаков проявления.

Этап 2. Формирование банка оценочных средств, включающего стандартные оценочные средства с учетом специальности, профиля, преподаваемых предметов, традиционных методов оценки знаний студентов, а также предлагаемых модификаций.

Этап 3. Для каждого кластера компетенций (или отдельно взятой компетенции) необходимо выполнить следующие действия:

- Определить весовые коэффициенты видов оценочных средств с точки зрения их значимости для оценки исследуемого кластера компетенций (определяются группой экспертов).
- Определить весовые коэффициенты конкретных оценочных средств внутри вида с точки зрения их значимости для оценки исследуемого кластера компетенций (определяются преподавателем, осуществляющим контроль).
- Рассчитать весовые коэффициенты для каждого конкретного оценочного средства: весовой коэффициент подгруппы — весовой коэффициент внутри группы.

Этап 4. Формирование лингвистической переменной для оценки уровня сформированности компетенции проводить в следующем порядке:

- Введение лингвистической переменной $G = \langle \text{уровень сформированности компетенции} \rangle$. Универсальным множеством для переменной G является отрезок $[0, 1]$, а множеством значений переменной — терм-множество $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4\}$, где функции принадлежности термов соответствуют стандартным трапециевидным функциям следующих нечетких четырехуровневых классификаторов [27, 28]:
 - $G_1 = \langle \text{низкий уровень сформированности компетенции} / \text{неудовлетворительно} \rangle$;
 - $G_2 = \langle \text{уровень сформированности компетенции ниже среднего} / \text{удовлетворительно} \rangle$;
 - $G_3 = \langle \text{уровень сформированности компетенции выше среднего} / \text{хорошо} \rangle$;

- G_4 = «высокий уровень сформированности компетенции / отлично».
- Формирование лингвистической переменной для оценки выполнения вида оценочного средства, когда водится лингвистическая переменная C_i = «оценка выполнения оценочного средства i -го вида». Универсальным множеством для переменной C_i является отрезок $[0, 1]$, а множеством значений переменной — термножество $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4\}$, где:
 - C_{i1} = «низкий результат выполнения / неудовлетворительно»;
 - C_{i2} = «результат выполнения ниже среднего / удовлетворительно»;
 - C_{i3} = «результат выполнения выше среднего / хорошо»;
 - C_{i4} = «высокий результат выполнения / отлично».

Каждый терм из множеств C также является частью нечеткого подмножества, представляющего собой нечеткое трапециевидное число. Существенно, что изначально для оценки выполнения студентом оценочного средства задается любое удобное количество баллов (20, 40, 100 и т. д. в зависимости от существующих подходов к оценке и необходимости детализации результатов). Затем экспертным методом определяются «области уверенности в оценке» (например, «однозначно высокий результат, “отлично”, начиная с 95 баллов» и «однозначно результат выше среднего, “хорошо”, от 75 до 85 баллов»). Между значениями 85 и 95 лежит область неуверенности эксперта, колебаний относительно того, как стоит оценить работу — на «хорошо» или на «отлично». На основании этого необходимо построить функции принадлежности результата конкретным термам: «хорошо» и «отлично». При этом функции принадлежности в областях уверенности будут равны 1, а в областях неуверенности — заданы линейными функциями. При формировании функций принадлежности подмножеств $C_{i1}, C_{i2}, C_{i3}, C_{i4}$ можно применять как равномерную сетку, так и неравномерную, используя оценки экспертов.

Этап 5. Формирование оценки уровня сформированности компетенции.

Для формирования правила перехода от нормированных оценок, полученных на основе каждого средства оценки, будем использовать алгоритм матричного агрегирования данных, основанный на стандартных нечетких четырехуровневых $[0, 1]$ -классификаторах [27, 28].

Для этого:

- Проводится формирование таблицы, состоящей из N строк (по количеству оценочных средств) и десяти столбцов:
 - 1) номер оценочного средства;
 - 2) наименование оценочного средства;
 - 3) баллы / максимум;
 - 4) набранные баллы;
 - 5) нормированное значение: набранные баллы / максимум;

6) вес оценочного средства $k_j, j = 1, 2, \dots, N$;
7–10) значения функций принадлежности термам $\mu_{ij}, i = 1, 2, \dots, 5; j = 1, 2, \dots, N$.

- Осуществляется вычисление весов термов согласно алгоритму стандартных нечетких четырехуровневых $[0, 1]$ -классификаторов.
- Проводится вычисление числового значения итоговой переменной «уровень сформированности компетенции», когда получаем значения самой переменной g «уровень сформированности компетенции» по формуле:

$$g = \sum_{j=1}^4 p_j \cdot \bar{g}_j,$$

где \bar{g}_j — середина промежутка, который является носителем термина G_j .

- Осуществляется лингвистическое распознавание переменной «уровень сформированности компетенции», где значение функции принадлежности будем рассматривать как меру истинности термина G_i .

Будем предполагать, что для заданного направления обучения в регионе выделено определенное количество учебных мест S . Для распределения их по специальностям будем использовать компетентно-ориентированный подход, а также модель Марковица (известную в финансовом анализе как модель оптимизации портфеля ценных бумаг) [28].

Пусть внутри отрасли имеются N специальностей. Через x_i будем обозначать долю специалистов от общего количества для каждой из специальностей. Тогда очевидно, что:

$$x_i = \frac{S_{i0}}{S}, \quad x_i \geq 0, \quad \sum_{i=1}^N x_i = 1, \quad i = 1, \dots, N. \quad (1)$$

Для каждой из специальностей можно получить следующие характеристики:

- 1) средний уровень освоения кластера компетенций r_i , полученный на основе статистики по различным группам студентов каждой из специальностей;
- 2) среднеквадратическое отклонение от уровня освоения кластера компетенций каждой из специальностей σ_i ;
- 3) корреляционную матрицу $\{\rho_{ij}\}$, коэффициенты которой характеризуют корреляцию между уровнем освоения кластера компетенций i -й и j -й специальностью.

Ожидаемый средний уровень освоения кластера компетенций по заданным направлениям в регионе может быть задан формулой:

$$r = \sum_{i=1}^N x_i \cdot r_i, \quad (2)$$

где r — среднеожидаемое отношение количества студентов, овладевших заданным кластером компетенций, к общему количеству обучающихся. Есть характеристика кластера компетенций, а также качества образования в регионе, а его риск, или стандартное среднеквадратическое отклонение, определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i \cdot x_j \cdot \rho_{ij} \cdot \sigma_i \cdot \sigma_j}. \quad (3)$$

Задача оптимизации распределения студентов по специальностям имеет следующее описание: определить вектор $\{x_{ij}\}$ вида (1), максимизирующий целевую функцию r вида (2) при заданном ограничении на уровень риска σ , оцениваемый (3). Тогда:

$$\{x_{opt}\} = \{x\} \mid r \rightarrow \max, \sigma = \text{const} \leq \sigma_M, \quad (4)$$

где σ_M — риск специальности с максимальным средним уровнем освоения кластера компетенций каждой из специальностей.

Формула (4) есть не что иное, как классическая задача квадратичной оптимизации, которая может решаться любыми известными вычислительными методами. Как вариант, можно рассматривать задачу:

$$\{x_{opt}\} = \{x\} \mid r = R, \sigma \rightarrow \min, \quad (5)$$

т. е. минимизировать уровень риска при заданном среднем уровне освоения кластера компетенций по направлениям обучения в регионе.

Данная формулировка задачи видится более практически применимой, поскольку отражает реальную потребность региона в специалистах. Существенно, что исходные данные задачи нежелательно указывать в виде обычных чисел. Как правило, это приводит к результату, отличающемуся от того, который имеет место на практике, что обусловлено вероятностной неопределенностью задачи. Более правомерно учитывать не только среднеожидаемые значения входных параметров, но и их риск (среднеквадратичные отклонения). Осуществить такой учет позволяет использование «фаззификации» исходной задачи, или нечеткого размытия входных параметров.

Все входные параметры будем представлять в виде нечетких треугольных чисел, т. е. чисел, для которых указано их наиболее вероятное, среднеожидаемое прогнозируемое значение a ($\mu = 1$), а также пессимистический ($a - \delta$) и оптимистический ($a + \delta$) прогнозы ($\mu = 0$).

Чтобы преобразовать задачу к виду, пригодному для использования нечетких исходных данных, воспользуемся сегментным способом [28]. Определим уровень принадлежности α как ординату; требуется, чтобы значение функции принадлежности было не меньше α . Тогда пересечение графика функции принадлежности с прямой $\mu = \alpha$ дает пару значений, которые называются границами интервала достоверности (соответствует $\mu \geq \alpha$).

Если задан уровень принадлежности α и два нечетких треугольных числа A и B с границами принадлежности $[a_1, a_2]$ и $[b_1, b_2]$, то основные операции над ними могут быть записаны посредством формул над a_1, a_2, b_1, b_2 . Задавая уровень принадлежности α , а также входные параметры задачи (1)–(5) в виде нечетких треугольных чисел, получим решение в виде так же нечеткого треугольного числа.

Если рассматривать задачу в динамике (зависимость от времени), то решение получим в виде «коридора», нижней границей которой будет пессимистический прогноз, верхней — оптимистический, а внутри «коридора» будет находиться кривая, соответствующая среднеожидаемому прогнозу.

Таким образом, после решения задачи (1)–(5) численными либо аналитическими методами мы будем иметь три вектора $\{x_{ij}\}$ значений, соответствующих долям специалистов от общего количества для каждой из специальностей. Первый вектор будет соответствовать «наихудшему» варианту, соответствующему минимальному уровню освоения компетенций каждой из специальностей, второй — среднеожидаемому, а третий — оптимистическому варианту, при котором уровень освоения студентами каждой из специальностей комплекса компетенций максимален.

Описанная выше модель может быть использована для решения важных практических задач, в том числе для построения автоматизированных комплексов, направленных на цифровизацию высшего образования [29]. **Модель оценки уровня освоения компетенций может быть реализована в виде блока соответствующей интеллектуальной платформы, направленной на реализацию индивидуальной образовательной траектории студента вуза.** Модель расчета распределения студентов по специальностям внутри направления для обеспечения максимального уровня освоения компетенций может быть использована для формирования программного обеспечения, обеспечивающего эффективное управление вузом [30, 31].

Этап 1. Кластеризация компетенций внутри их набора для заданного направления. Осуществляется группой экспертов.

Этап 2. Оценка региональной потребности в специалистах, обладающих заданными кластерами компетенций, и оценка количества рабочих мест для удовлетворения спроса отрасли и возможности совмещения занятости.

Этап 3. Расчет на основе статистических данных среднего уровня освоения кластеров компетенций студентами заданного направления и расчет количества студентов, которых необходимо набрать для обеспечения требуемого количества специалистов, владеющих каждым кластером компетенций, а также выбор максимального значения из полученных данных.

Этап 4. Фаззификация оценок и формирование экспертами множества пессимистических, среднеожидаемых и оптимистических показателей.

Этап 5. Решение задачи оптимизации (1)–(5) для каждого кластера компетенций и формирование для каждого кластера компетенций векторов $\{x_{ij}\}$, соответствующих долям специалистов от общего количества для каждой из специальностей.

Этап 6. Формирование итоговых векторов $\{x_{ij}\}$ на основе логических операций над нечеткими числами.

3. Результаты

В качестве примера рассмотрим процесс оценки сформированности компетенции у студентов заданного направления на основе выбранных оценочных средств.

Этапы 1 и 2 будем считать уже определенными на основе предыдущих данных.

Этап 3.

3.1. Предположим, что для оценки выбранного кластера компетенций предложены следующие четыре средства оценки:

- контрольная работа;
- кейс-задача;
- расчетно-графическая работа;
- тест.

В определении весомости для оценки компетенций участвуют три эксперта.

Экспертами построены следующие матрицы парных соотношений:

$$W^1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$W^2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$W^3 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Обрабатываем результаты.

1-й эксперт:

$$N^1 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k m_{ij} = 2 + 2 + 3 + 1 = 8;$$

$$(w_1)^1 = \sum_{j=1}^k m_{1j} / N^1 = 2/8 = 0,25;$$

$$(w_2)^1 = \sum_{j=1}^k m_{2j} / N^1 = 2/8 = 0,25;$$

$$(w_3)^1 = \sum_{j=1}^k m_{3j} / N^1 = 3/8 = 0,375;$$

$$(w_4)^1 = \sum_{j=1}^k m_{4j} / N^1 = 1/8 = 0,125.$$

2-й эксперт:

$$N^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k m_{ij} = 1 + 3 + 0 + 2 = 6;$$

$$(w_1)^2 = \sum_{j=1}^k m_{1j} / N^2 = 1/6 = 0,167;$$

$$(w_2)^2 = \sum_{j=1}^k m_{2j} / N^2 = 3/6 = 0,5;$$

$$(w_3)^2 = \sum_{j=1}^k m_{3j} / N^2 = 0/6 = 0;$$

$$(w_4)^2 = \sum_{j=1}^k m_{4j} / N^2 = 2/6 = 0,333.$$

3-й эксперт:

$$N^3 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k m_{ij} = 1 + 2 + 2 + 1 = 6;$$

$$(w_1)^3 = \sum_{j=1}^k m_{1j} / N^3 = 1/6 = 0,167;$$

$$(w_2)^3 = \sum_{j=1}^k m_{2j} / N^3 = 2/6 = 0,333;$$

$$(w_3)^3 = \sum_{j=1}^k m_{3j} / N^3 = 2/6 = 0,333;$$

$$(w_4)^3 = \sum_{j=1}^k m_{4j} / N^3 = 1/6 = 0,167.$$

Находим средние значения весов для каждого из средств оценки:

$$w_i = \frac{1}{3} \sum_{l=1}^3 (w_i)^l, \quad i = 1, \dots, 4;$$

$$w_1 = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} \right) = \frac{7}{36};$$

$$w_2 = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) = \frac{13}{36};$$

$$w_3 = \frac{1}{3} \left(\frac{3}{8} + 0 + \frac{1}{3} \right) = \frac{17}{72};$$

$$w_4 = \frac{1}{3} \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} \right) = \frac{15}{72}.$$

Таким образом, получены следующие весовые коэффициенты видов оценочных средств в целом:

- контрольная работа: $w_1 = \frac{7}{36}$;
- кейс-задача: $w_2 = \frac{13}{36}$;
- расчетно-графическая работа: $w_3 = \frac{17}{72}$;
- тест: $w_4 = \frac{15}{72}$.

3.2. Будем считать, что студенту предлагаются две контрольные работы, оцениваемые по 50 баллов каждая. Первая из них считается более значимой, чем вторая: первая — 60 % материала, вторая — 40 %. Соответственно, их весовые коэффициенты будут равны:

$$w_{11} = \frac{7}{36} \cdot \frac{3}{5} = \frac{21}{180};$$

$$w_{12} = \frac{7}{36} \cdot \frac{2}{5} = \frac{14}{180};$$

Кроме того, для оценивания используются:

- одна 40-балльная кейс-задача: $w_2 = \frac{13}{36}$;

Оценка сформированности компетенции на основе данных аттестации студента с использованием теории нечетких множеств**Assessment of the formation of competency based on the data of the student's certification using the theory of fuzzy sets**

№ п/п	Средство оценки	Баллы, максимум	Набранные баллы	Нормированное значение	Вес	Терм 1	Терм 2	Терм 3	Терм 4
1	Контрольная работа 1	50	32	0,64	$\frac{21}{180}$	0	0	1	0
2	Контрольная работа 2	50	44	0,88	$\frac{14}{180}$	0	0	0	1
3	Кейс-задача	40	38	0,95	$\frac{13}{36}$	0	0	0	1
4	Расчетно-графическая работа	100	76	0,76	$\frac{17}{72}$	0	0	0,4	0,6
5	Тест 1	100	90	0,9	$\frac{15}{144}$	0	0	0	1
6	Тест 2	100	63	0,63	$\frac{15}{144}$	0	0	1	0
	Вес терма					0	0	0,315	0,685

- одна расчетно-графическая работа в 100 баллов:

$$w_3 = \frac{17}{72};$$

- два равнозначных теста по 100 баллов каждый:

$$w_4 = \frac{15}{72} \cdot \frac{1}{2} = \frac{15}{144};$$

$$w_4 = \frac{15}{72} \cdot \frac{1}{2} = \frac{15}{144}.$$

Этап 4. Будем считать, что функции принадлежности лингвистических переменных C_i = «оценка выполнения оценочного средства i -го вида» описываются равномерным распределением [27, 28].

Этап 5. Строим таблицу сформированности компетенций (см. табл.).

5.1. Оценка освоения конкретным студентом кластера компетенций, если он набрал:

- 1-я контрольная работа: 32 балла;
- 2-я контрольная работа: 44 балла;
- кейс-задача: 38 баллов;
- расчетно-графическая работа: 76 баллов;
- 1-й тест: 90 баллов;
- 2-й тест: 63 балла.

5.2. Центрирование полученного нечеткого множества и получение численного значения оценки:

$$G = 0 \cdot 0,15 + 0 \cdot 0,45 + 0,315 \cdot 0,65 + 0,685 \cdot 0,85 = 0,787.$$

5.3. Для значения $G = 0,787$ функции принадлежности термов: $\mu_3 = 0,13$, $\mu_4 = 0,87$. Поскольку итоговое значение функции принадлежности четвертого терма значительно больше, можно утверждать, что имеет место высокий уровень сформированности компетенции («отлично»).

4. Выводы

Авторами предложен нечетко-множественный подход к реализации компетентностно-ориентированного подхода к обучению в техническом вузе. Разработана новая методика оценки уровня сформированности компетенций у студентов на основе результатов аттестации стандартными оценочными средствами. Построена методика оценки уровня сформированности компетенции у студента на основе результатов аттестации и теории нечетких множеств.

Следует отметить, что:

1. Анализ источников (статей) показал, что отечественная система обучения, основанная на компетенциях, характеризуется, в первую очередь, детальной проработкой моделей измерителей для оценки сформированности компетенций. При этом существующие модели отличаются сложностью и затрудненностью реализуемости в реальном образовательном процессе.
2. Разработана новая методика, которая может использовать существующие и общепризнанные алгоритмы оценки уровня сформированности компетенций СВЕ и их адаптации для отечественных аналогов.
3. Предложенная методика основана на агрегировании баллов, полученных при выполнении различных оценочных заданий, веса которых определяются на основе экспертных оценок. Ее преимуществом по сравнению с существующими методиками балльной оценки являются универсальность, возможность учета любого количества оценочных средств без дополнительной подстройки расчетного алгоритма.

4. Разработанная методика позволяет учитывать значимость различных средств оценки на основе алгоритмизированного расчета их весовых коэффициентов с учетом мнений экспертов.
5. Методика имеет четкий алгоритм и легко реализуема на основе программного обеспечения в составе интеллектуальной образовательной платформы, направленной на реализацию индивидуальной образовательной траектории студента.
6. Предложенный алгоритм позволяет рассчитать объем набора студентов на различные программы по заданному направлению в соответствии с компетентностно-ориентированным подходом, а также оценить уровень освоения компетенций на направлении в целом и на конкретных специальностях в отдельности; модель, положенная в основу алгоритма, является аналогом задачи оптимизации фондового портфеля, или задачи Марковица.
7. Полученная фазификация задачи позволяет рассчитать оценки набора, соответствующие пессимистическому, среднеожидаемому и оптимистическому прогнозам.

Список источников / References

1. Звонников В. И., Челышкова М. Б., Зорин И. В. Современные подходы к индивидуализации итоговой аттестации студентов. *Профессиональное образование: современные подходы и перспективы развития*. М.: Университетская книга; 2019:109–114. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39162407&pf=1>
[Zvonnikov V. I., Chelyshkova M. B., Zorin I. V. Modern approaches to the individualization of the final certification of students. *Vocational education: Modern approaches and development prospects*. Moscow, University book; 2019:109–114. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39162407&pf=1>]
2. Байденко В. И. Компетенции в профессиональном образовании (К освоению компетентностного подхода). *Высшее образование в России*. 2004;(11):3–13. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompetentsii-v-professionalnom-obrazovanii-k-osvoeniyu-kompetentnostnogo-podhoda>
[Baidenko V. I. Competences in vocational education (To mastering the competency-based approach). *Vysshee Obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. 2004;(11):3–13. (In Russian.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompetentsii-v-professionalnom-obrazovanii-k-osvoeniyu-kompetentnostnogo-podhoda>]
3. Зимняя И. А. Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентностного подхода в образовании. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов; 2004. 38 с.
[Zimnyaya I. A. Key competences as the result-target basis of the competence based approach in education. Moscow, Research Center for Quality Problems in Specialist Training; 2004. 38 p. (In Russian.)]
4. Каспржак А. Г. Исследования PISA как основания для принятия управленческих решений. *Тенденции развития образования: проблемы управления*. М.: Университетская книга; 2005:244–253.
[Kasprzhak A. G. PISA studies as a basis for making managerial decisions. *Trends in the Development of Education: Problems of Management*. Moscow, University book; 2005:244–253. (In Russian.)]

5. Ландшеер В. Концепция «минимальной компетентности». *Перспективы: Вопросы образования*. 1988;(1):27–34.
[Landsheer V. The concept of “minimal competence”. *Perspectives: Educational Studies*. 1988;(1):27–34. (In Russian.)]
6. Маркова А. К. Психологический анализ профессиональной компетентности учителя. *Советская педагогика*. 1990;(8):82.
[Markova A. K. Psychological analysis of teacher’s professional competence. *Soviet Pedagogy*. 1990;(8):82. (In Russian.)]
7. Сахарова Н. С. Категории «компетентность» и «компетенция» в современной образовательной парадигме. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 1999;(3):51–58. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9290157>
[Sakharova N. S. Categories “competence” and “competency” in the modern educational paradigm. *Vestnik of the Orenburg State University*. 1999;(3):51–58. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9290157>]
8. Медведев В. П., Татур Ю. Г. Подготовка преподавателя высшей школы: компетентностный подход. *Высшее образование в России*. 2007;(11):46–56. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/podgotovka-prepodavatelya-vysshey-shkoly-kompetentnostnyy-podhod>
[Medvedev V. P., Tatur Yu. G. Higher school teacher training: Competence based approach. *Vysshee Obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. 2007;(11):46–56. (In Russian.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/podgotovka-prepodavatelya-vysshey-shkoly-kompetentnostnyy-podhod>]
9. Хуторской А. В. Образовательные компетенции в дидактике и методике личностно-ориентированного обучения. *Известия Международной славянской академии образования им. Я. А. Коменского*. 2003;(2):167–171.
[Khutorskoy A. V. Educational competencies in didactics and methodology of student-centered learning. *Proceedings of the International Slavic Academy of Education named after I. A. Comenius*. 2003;(2):167–171. (In Russian.)]
10. Morcke A. M., Dornan T., Eika B. Outcome (competency) based education: an exploration of its origins, theoretical basis, and empirical evidence. *Advances in Health Sciences Education*. 2013;18(4):851–863. DOI:10.1007/s10459-012-9405-9
11. Jones E. A., Voorhees R. Defining and assessing learning: Exploring competency-based initiatives. Report of the National Postsecondary Education Cooperative Working Group on Competency-Based Initiatives in Postsecondary Education. Washington: National Center for Education Statistics; 2002. 3 p.
12. Bezanilla M. J., Wagenaar R., González Ferreras J. M. Tuning Educational Structures in Europe. Final Report. Pilot project. Phase 1. Learning outcomes: Competences. Universidad de Deusto; 2005. 386 p. Available at: https://www.researchgate.net/publication/317001773_Tuning_Educational_Structures_In_Europe_Final_Report_Pilot_project_Phase_1_Learning_outcomes_Competences
13. Reigeluth C. M., Beatty B. J., Myers R. D. Instructional-design theories and models. Vol. IV: The learner-centered paradigm of education. NY, Routledge; 2016. 10 p. Available at: https://www.researchgate.net/publication/306576609_Instructional-design_theories_and_models_Vol_IV_The_learner-centered_paradigm_of_education_-_Table_of_Contents_Preface_and_unit_forewords_180
14. Benson B. K. Scaffolding (Coming to terms). *English Journal*. 1997;86(7):126–127.
15. Evans J. J., Garcia E., Smith M. T., Van Epps A. S., Fosmire M., Matei S. A. An assessment architecture for competency-based learning: Version 1.0. IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). October 2015. DOI:10.1109/FIE.2015.7344340

16. Сорокопуд Ю. В. Система компетенций преподавателя высшей школы в контексте методологических подходов проекта «Tuning Education Programmes in Russian HEIs» («Настройка образовательных программ в российских вузах») и ФГОС ВПО 3-го поколения. *Сибирский педагогический журнал*. 2009;(10):28–36. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-kompetentsiy-prepodavatelya-vysshey-shkoly-v-kontekste-metodologicheskikh-podhodov-proekta-tuning-education-programmes-in/viewer>
- [Sorokopud Yu. V. System of competencies high school teacher in the context of methodological approaches project «Tuning Education Programmes in Russian HEIs» («Setting up educational programmes in Russian universities») and standards 3rd generation. *Siberian Pedagogical Journal*. 2009;(10):28–36. (In Russian.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-kompetentsiy-prepodavatelya-vysshey-shkoly-v-kontekste-metodologicheskikh-podhodov-proekta-tuning-education-programmes-in/viewer>]
17. Блинов В. И., Батрова О. Ф., Есенина Е. Ю., Факторович А. А. Концепция оценивания квалификаций. *Образование и наука*. 2012;(10):46–67. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18268133>
- [Blinov V. I., Batrova O. F., Yesenina Y. Y., Faktovitch A. A. The concept of qualifications assessment. *The Education and Science Journal*. 2012;(10):46–67. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18268133>]
18. Гуськова М. В. Количественные и качественные исследования в образовательной эвалюации. *Педагогика*. 2013;(3):23–29. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kolichestvennye-i-kachestvennye-issledovaniya-v-obrazovatelnoy-evaluatsii>
- [Guskova M. V. Quantitative and qualitative studies in education evaluation. *Russian Education and Society*. 2013;(3):23–29. (In Russian.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kolichestvennye-i-kachestvennye-issledovaniya-v-obrazovatelnoy-evaluatsii>]
19. Донских О. А. Дело о компетентностном подходе. *Высшее образование в России*. 2013;(5):36–45. Режим доступа: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/3550>
- [Donskikh O. A. Matter of competency-based approach. *Vysshee Obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. 2013;(5):36–45. (In Russian.) Available at: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/3550>]
20. Дорожкин Е. М., Щербина Е. Ю. Тенденции развития профессионального образования в условиях социально-экономических преобразований. *Образование и наука*. 2013;(6):64–73. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19117724>
- [Dorozhkin E. M., Scherbina E. Yu. Trends in the development of vocational education in the context of socio-economic transformations. *The Education and Science Journal*. 2013;(6):64–73. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19117724>]
21. Звонников В. И., Челышкова М. Б. Оценка компетентности менеджеров. *Высшее образование сегодня*. 2013;(4):14–19. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19862992>
- [Zvonnikov V. I., Chelyshkova M. B. Assessment of the competence of managers. *Higher Education Today*. 2013;(4):14–19. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19862992>]
22. Малыгин А. А., Щаницина С. В. Современная теория тестов как теоретическая основа современных подходов к оцениванию результатов обучения. *Известия высших учебных заведений. Серия: Гуманитарные науки*. 2012;3(4):324–327. Режим доступа: https://www.isuct.ru/e-publ/gum/sites/ru.e-publ.gum/files/2012/t03n04/humscience_2012_t03n04_324.pdf
- [Malygin A. A., Shchanitsina S. V. Modern test theory as a theoretical basis for modern approaches to assessing learning outcomes. *News of Higher Schools. Series Humanities*. 2012;3(4):324–327. (In Russian.) Available at: https://www.isuct.ru/e-publ/gum/sites/ru.e-publ.gum/files/2012/t03n04/humscience_2012_t03n04_324.pdf]
23. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир; 1976. 167 с.
- [Zade L. A. The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions. Moscow, Mir; 1976. 167 p. (In Russian.)]
24. Блюмин С. Л., Шуйкова И. А., Сараев П. В., Черпаков И. В. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения. Липецк: ЛЭГИ; 2002. 111 с.
- [Blyumin S. L., Shuykova I. A., Saraev P. V., Cherpakov I. V. Fuzzy logic: Algebraic foundations and applications. Lipetsk, Lipetsk Environmental and Cultural Institute; 2002. 111 p. (In Russian.)]
25. Коньшева Л. К., Назаров Д. М. Основы теории нечетких множеств. СПб.: Питер; 2011. 192 с.
- [Konysheva L. K., Nazarov D. M. Fundamentals of the theory of fuzzy sets. St. Petersburg, Piter; 2011. 192 p. (In Russian.)]
26. Крамаров С. О., Сахарова Л. В. Управление сложными экономическими системами методом нечетких классификаторов. *Научный вестник Южного института менеджмента*. 2017;(2):42–50. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29676608>
- [Kramarov S. O., Sakharova L. V. Management of complex economic systems using fuzzy classifiers. *Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management*. 2017;(2):42–50. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29676608>]
27. Крамаров С. О., Сахарова Л. В. Методика нечетко-множественной оценки устойчивости сельскохозяйственного производства в районах региона и их ранжирования. *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2020;(9-2):269–274. DOI: 10.17513/vaael.1329
- [Kramarov S. O., Sakharova L. V. Methodology for fuzzy-multiple assessment of sustainability of agricultural production in regions and their ranking. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. 2020;(9-2):269–274. (In Russian.) DOI: 10.17513/vaael.1329]
28. Недосекин А. О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами. *Аудит и финансовый анализ*. 2000;(2):1–59. Режим доступа: https://auditfin.com/fin/2000/2/fin_2000_21_rus_04_01.pdf
- [Nedosekin A. O. Fuzzy sets applications to finance management. *Audit & Finance Analysis*. 2000;(2):1–59. (In Russian.) Available at: https://auditfin.com/fin/2000/2/fin_2000_21_rus_04_01.pdf]
29. Арапова Е. А., Крамаров С. О., Сахарова Л. В. Разработка концепции интеллектуальной платформы для реализации индивидуальной траектории обучения с учетом базового уровня знаний и психотипа обучающегося. *Вестник кибернетики*. 2022;(1):6–15. DOI: 10.34822/1999-7604-2022-1-6-15
- [Arapova E. A., Kramarov S. O., Sakharova L. V. Concept development of an intelligent platform aimed at implementing an individual learning path according to the student's basic level of knowledge and psychological type. *Proceedings in Cybernetics*. 2022;(1):6–15. (In Russian.) DOI: 10.34822/1999-7604-2022-1-6-15]
30. Акперов Г. И., Храмов В. В., Горбачева А. А. Using soft computing methods for the functional benchmarking of an intelligent workplace in an educational establishment. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020;1095:54–60. DOI: 10.1007/978-3-030-35249-3_6
31. Kramarov S., Khramov V., Bezuevskaya V. Fuzzy models of educational process management: Digital transformation. *Communications in Computer and Information Science*. 2020;1201:78–85. DOI: 10.1007/978-3-030-46895-8_6

Информация об авторах

Крамаров Сергей Олегович, доктор физ.-мат. наук, профессор, советник президента университета, МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва, Россия; профессор кафедры технологии и профессионально-педагогического образования, Академия психологии и педагогики, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-3743-6513>; *e-mail*: maooovo@yandex.ru

Кадомцев Максим Игоревич, канд. физ.-мат. наук, доцент, и. о. зав. кафедрой «Медиатехнологии», факультет «Медиакоммуникации и мультимедийные технологии», Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-3306-9528>; *e-mail*: kadamtssev@mail.ru

Сахарова Людмила Викторовна, доктор физ.-мат. наук, доцент, профессор кафедры «Медиатехнологии», факультет «Медиакоммуникации и мультимедийные технологии», Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-4897-4926>; *e-mail*: L_Sakharova@mail.ru

Бочаров Анатолий Анатольевич, научный сотрудник, Южный университет (ИУБиП), г. Ростов-на-Дону, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-6261-9130>; *e-mail*: a.a.bocharov1980@gmail.com

Information about the authors

Sergey O. Kramarov, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Professor, Advisor to the President of the University, MIREA — Russian Technological University, Moscow, Russia; Professor at the Department of Technology and Vocational Pedagogical Education, Academy of Psychology and Educational Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-3743-6513>; *e-mail*: maooovo@yandex.ru

Maksim I. Kadomtsev, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Docent, Acting Head of the Department “Media Technologies”, “Media Communications and Multimedia Technologies” Faculty, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-3306-9528>; *e-mail*: kadamtssev@mail.ru

Lyudmila V. Sakharova, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Docent, Professor at the Department “Media Technologies”, “Media Communications and Multimedia Technologies” Faculty, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-4897-4926>; *e-mail*: L_Sakharova@mail.ru

Anatoly A. Bocharov, Research Fellow, Southern University (IMBL), Rostov-on-Don, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-6261-9130>; *e-mail*: a.a.bocharov1980@gmail.com

Поступила в редакцию / Received: 25.05.2022.

Поступила после рецензирования / Revised: 21.08.2022.

Принята к печати / Accepted: 23.08.2022.

ХІХ ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ ИНФО-2022

**Издательство «Образование и Информатика»
объявляет о проведении в 2022 году
конкурса по следующим номинациям:**

- 1. Инновации в методике обучения информатике.**
- 2. Технологии искусственного интеллекта в сфере образования.**
- 3. Цифровизация образовательной организации и учебного процесса.**
- 4. Развитие профессиональных компетенций педагогов в контексте цифровизации системы образования.**

Руководит конкурсом **Организационный комитет** (далее — Оргкомитет), состоящий из представителей Российской академии образования, ведущих методистов, членов редколлегий журналов «Информатика и образование» и «Информатика в школе», сотрудников объединенной редакции журналов.

Цели и задачи конкурса

1. Поддержка и распространение опыта педагогов и образовательных организаций по внедрению в образовательную практику современных методов и средств обучения и управления образованием.
2. Выявление и поддержка талантливых педагогов, методистов, руководителей образовательных организаций и органов управления образованием, заинтересованных в развитии инновационных образовательных технологий.
3. Включение педагогов, методистов, руководителей образовательных организаций и органов управления образованием в деятельность по разработке нового содержания образования, новых образовательных технологий, методик обучения и управления образованием.
4. Создание информационно-образовательного пространства на сайте издательства «Образование и Информатика», а также на страницах журналов «Информатика и образование» и «Информатика в школе» по обмену и распространению опыта внедрения инновационных образовательных технологий.
5. Повышение информационной культуры и информационно-коммуникационной компетентности всех участников образовательного процесса.

Сроки и этапы проведения конкурса

- 1. Работы на конкурс принимаются** с 1 октября по 15 декабря 2022 года включительно. Работы, присланные позже 15 декабря 2022 года, к участию в конкурсе допускаться не будут.
- 2. Итоги конкурса** будут подведены до 1 февраля 2023 года и опубликованы на сайте издательства «Образование и Информатика», а также в журналах «Информатика и образование» и «Информатика в школе» № 1-2023.
- 3. Лучшие работы** будут опубликованы в журналах «Информатика и образование» и «Информатика в школе».

Победители конкурса получают (бесплатно):

1. Диплом от издательства «Образование и Информатика».
2. Подписку в печатном виде на журналы «Информатика и образование» и «Информатика в школе» на 2023 год.

Подробную информацию о конкурсе вы можете найти на сайте ИНФО:

<http://infojournal.ru/competition/info-2022/>

Контакты Оргкомитета:

Телефон: +7 (495) 140-19-86

E-mail: readinfo@infojournal.ru

<http://www.infojournal.ru/>

ПОДПИСКА

Журнал «Информатика и образование»

Индекс подписки
на 1-е полугодие 2023 года
(«Урал-Пресс», «АРЗИ» и другие агентства подписки)

70423

Периодичность выхода: 3 номера в полугодие (февраль, апрель, июнь)
Объем — не менее 88 полос

Редакционная стоимость — 900 руб.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Уважаемые коллеги!

Статьи для публикации в журналах «Информатика и образование» и «Информатика в школе» должны отправляться в редакцию **только через электронную форму на сайте ИНФО (раздел «Авторам → Отправка статьи»):**

<http://infojournal.ru/authors/send-article/>

Обращаем ваше внимание, что для отправки статьи необходимо предварительно зарегистрироваться на сайте ИНФО (или авторизоваться — для зарегистрированных пользователей).

С требованиями к оформлению представляемых для публикации материалов можно ознакомиться на сайте ИНФО в разделе «Авторам»:

<http://infojournal.ru/authors/>

Обратите внимание: требования к оформлению файла рукописи — **разные** для журналов «Информатика и образование» и «Информатика в школе». При подготовке файла рукописи ориентируйтесь на требования для того журнала, в который вы представляете статью. Если вы представляете рукопись в оба журнала (для публикации в одном из изданий — на усмотрение редакции), при ее оформлении следует руководствоваться требованиями к оформлению рукописи в журнал «Информатика и образование».

Дополнительную информацию можно получить в разделе **«Авторам → Часто задаваемые вопросы»:**

<http://infojournal.ru/authors/faq/>

а также в редакции ИНФО:

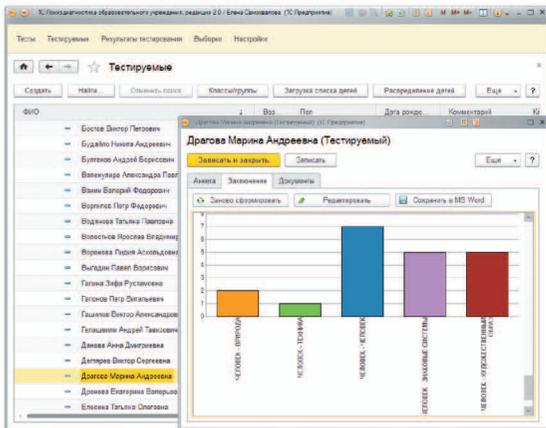
E-mail: readinfo@infojournal.ru

Телефон: +7 (495) 140-19-86

1С:ПСИХОДИАГНОСТИКА

Программно-методические комплексы линейки «1С:Психодиагностика» представляют собой инструментарий для проведения компьютерной психодиагностики детей и подростков, для сбора и консолидации результатов тестирования. Программы разработаны при поддержке группы ведущих психологов МГУ им. М.В. Ломоносова под общим руководством доктора психологических наук, профессора А.Н. Гусева. Программы линейки «1С:Психодиагностика»

- одобрены ФГАУ «Федеральный институт развития образования» в качестве программного обеспечения для использования психологами образовательных учреждений;
- включены в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных.



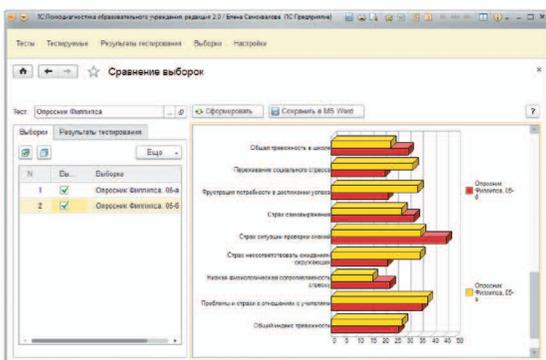
Функциональные возможности

- Хранение информации о тестируемых, их родителях, учителях в единой базе данных.
- Хранение результатов тестирования.
- Ведение истории работы психолога с тестируемым.
- Удаленное и массовое тестирование при помощи проекторов. Поддерживаются батареи тестов.
- Ввод и обработка данных с бумажных бланков, сформированных в программе.
- Сравнение результатов тестирования отдельных тестируемых.
- Автоматический расчет результатов тестирования.
- Формирование выборок результатов тестирования: по классам (группам), полу, возрасту и т.д.

Наименование	Блок	Возраст от	Возраст до	Время тестирования	Для младших групп
Оврсонин Виталис: Адаптация в коллективе	Общие	5	14	15	
Оврсонин Виталис: Креативность	Общие	12	13	40	
Оврсонин Виталис: Креативность	Общие	7	13	15	
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	15	39	15	
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	3	7	15	✓
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	15	39	10	
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	14	39	15	
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	7	17	10	
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	11	39	15	
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	3	7	5	✓
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	3	7	5	✓
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	13	39	20	
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	14	18	40	
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	4	7	20	
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	11	39	15	
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	5	7	15	
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	3	7	5	✓
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	3	13	5	✓
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	5	9	30	
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	6	7	15	
Оврсонин Виталис: Самооценка	Общие	7	10	5	

Блоки методик

- Профориентация.
- Индивидуально-психологические особенности:
 - Оценка уровня тревожности,
 - Оценка уровня агрессии,
 - Исследование самооценки,
 - Исследование темперамента,
 - Исследование креативности,
 - Оценка познавательной сферы
 - Оценка ценностных ориентаций.
- Адаптация в коллективе.
- Детско-родительские отношения.
- Готовность к школе.



Преимущества использования

- Улучшение качества психологического сопровождения воспитательного процесса.
- Повышение производительности труда психологов.
- Соблюдение конфиденциальности психологической информации.
- Оценивание динамики психического развития детей.
- Формирование отчетов о проделанной работе.
- Снижение вероятности ошибок в результатах расчета психодиагностического исследования.
- Автоматизация процесса написания заключений.



Фирма «1С»
123056, Москва, а/я 64, ул. Селезневская, 21
Тел.: (495) 737-92-57
E-mail: cko@1c.ru
www.solutions.1c.ru, www.obr.1c.ru



ООО «Информационные системы в образовании»
(Группа компаний «Персонал Софт»)
129085, Москва, пр-т Мира, д. 101
Тел.: (495) 380-24-67, (906) 035-35-48
E-mail: info@iso-soft.ru; www.iso-soft.ru, www.personal-soft.ru

