

ИНФОРМАТИКА И ОБРАЗОВАНИЕ

№ 9'2021

ISSN 0234-0453

www.infojournal.ru



1-2

ФЕВРАЛЯ
2022 ГОДА

XXII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ:

- Перспективы развития технологий 1С для цифровой трансформации предприятий и обновления системы образования.
- Методические, организационные и технологические средства поддержки педагогической деятельности в условиях офлайн- и онлайн-обучения с использованием технологий 1С.
- Технологическое и методическое обеспечение подготовки специалистов, обладающих компетенциями, необходимыми для работы в условиях цифровой экономики на основе платформы «1С:Предприятие 8.3» и ее прикладных решений.
- Участие индустрии 1С в системе профессионального образования, развитие форм сотрудничества образовательных организаций и работодателей.

МЕРОПРИЯТИЯ В РАМКАХ КОНФЕРЕНЦИИ:

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

В 2021 году в конференции приняли участие более 7300 человек. Подробнее о тематиках конференции и условиях участия см. сайт educonf.1c.ru

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

Обязательная предварительная регистрация открыта до 1 февраля 2022 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

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ОПЫТ

Косова Е. А., Гапон А. С., Редкокош К. И. Исследование доступности электронных образовательных ресурсов на университетской платформе Moodle..... 5

Руцкая К. А., Буторин А. Н. Мотивация обучающихся к физической активности в процессе обучения программированию 23

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И ТЕСТЫ

Половина И. П., Шестаков А. П., Захарова В. А., Егоров К. Б. Независимая оценка сформированности отдельных цифровых навыков обучающихся общеобразовательных организаций: подходы и результаты..... 31

Куприянов Р. Б., Звонарев Д. Ю. Повышение качества модели прогнозирования образовательных результатов студентов университетов 40

ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ

Stoyanov S. N., Glushkova T. A., Stoyanova-Doycheva A. G., Krasteva I. K. The virtual education space: Concept, architecture, application..... 47

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

Смирнов М. В., Поленок В. М. Опыт разработки веб-приложения для моделирования реляционных баз данных с функцией прямого инжиниринга для обучения студентов технических специальностей 55

Дизайн обложки данного выпуска журнала: Gerd Altmann — Pixabay

Присланные рукописи не возвращаются.

Ответственность за достоверность фактов несут авторы публикуемых материалов.

Воспроизведение или использование другим способом любой части издания без согласия редакции является незаконным и влечет ответственность, установленную действующим законодательством РФ.

При цитировании ссылка на журнал «Информатика и образование» обязательна.

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов.

Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
ПИ № 77-7065 от 10 января 2001 г.

Издатель ООО «Образование и Информатика»
119261, Россия, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 82/2, комн. 6
Телефон: (495) 140-19-86
E-mail: readinfo@infojournal.ru
Сайт издательства: <http://infojournal.ru/>
Сайт журнала: <https://info.infojournal.ru/>
Почтовый адрес: 119270, Россия, г. Москва, а/я 15

Подписано в печать 30.11.21.
Формат 60×90/8. Усл. печ. л. 8,0.
Тираж 2000 экз. Заказ № 1578.
Отпечатано в типографии ООО «Принт сервис групп»,
105187, Россия, г. Москва, Борисовская ул., д. 14, стр. 6,
тел./факс: (499) 785-05-18, e-mail: 3565264@mail.ru

© «Образование и Информатика», 2021

Table of Contents

PEDAGOGICAL EXPERIENCE

- Ye. A. Kosova, A. S. Gapon, K. I. Redkokosh.** Examination of the electronic educational resources accessibility on the university Moodle platform..... 5
- K. A. Rutskaya, A. N. Butorin.** Student motivation to physical activity in the process of programming training 23

PEDAGOGICAL MEASUREMENTS AND TESTS

- I. P. Polovina, A. P. Shestakov, V. A. Zakharova, K. B. Egorov.** Independent assessment of the several digital skills of secondary school students: Approaches and results..... 31
- R. B. Kupriyanov, D. Yu. Zvonarev.** Improving the quality of the university students' academic performance prediction model..... 40

FOREIGN EXPERIENCE

- S. N. Stoyanov, T. A. Glushkova, A. G. Stoyanova-Doycheva, I. K. Krasteva.** The virtual education space: Concept, architecture, application..... 47

INFORMATIZATION OF EDUCATION

- M. V. Smirnov, V. M. Polenok.** Experience in developing a web application for relational databases modeling with a forward engineering function for training students of technical specialties 55

Cover design for this issue: Gerd Altmann — Pixabay

Submitted manuscripts will not be returned.

The authors of the published materials are responsible for the accuracy of the facts.

It is illegal to reproduce or otherwise use any part of the publication without the consent of the publisher.

Responsibility established by the current legislation of the Russian Federation.

When quoting a reference to the "Informatics and Education" journal is required.

The editors are not responsible for the content of advertising materials.

Certificate of Registration
of Mass Media PI No. 77-7065
dated January 10, 2001

Publisher: LLC "Education and Informatics"
119261, Russia, Moscow, Leninsky prospect, 82/2, room 6
Phone: (495) 140-19-86
E-mail: readinfo@infojournal.ru
Publisher's website: <http://infojournal.ru/>
Journal website: <https://info.infojournal.ru/>
Postal address: 119270, Russia, Moscow, PO Box 15

Signed for printing: 30.11.21.
Format 60×90/8. Cond. printed sheets 8.0.
Circulation 2000 copies. Order No. 1578.
Printed at the printing office of LLC "Print Service Group",
105187, Russia, Moscow, Borisovskaya ulitsa, 14, building 6
tel./fax: (499) 785-05-18, e-mail: 3565264@mail.ru

© Education and Informatics, 2021

Учредители:

- Российская академия образования
- Издательство «Образование и Информатика»

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)

ГРИНШКУН Вадим Валерьевич

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

КУЗНЕЦОВ Александр Андреевич

академик РАО, доктор пед. наук, профессор (Москва, 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)

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, Пермский государственный национальный исследовательский университет, зав. кафедрой информационных технологий (Пермь, 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 технологий Вильнюсского университета, руководитель группы образовательных систем (Вильнюс, Литва)

ЛЕВИН Илья

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

СЕНДОВА Евгения

Ph.D., Институт математики и информатики Болгарской академии наук, доцент, ст. научный сотрудник (София, Болгария)

СЕРГЕЕВ Ярослав Дмитриевич

доктор физ.-мат. наук, профессор, Университет Калабрии, профессор (Козенца, Италия)

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)

Founders:

- The Russian Academy of Education
- The Publishing House "Education and Informatics"

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

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)

Alexander A. KUZNETSOV

Academician of RAE, Dr. Sci. (Edu.), Professor (Moscow, 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)

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, The Federal Research Centre "Computer Science and Control" of RAS (Moscow, Russia)

Evgeniy K. KHENNER

Corresponding Member of RAE, Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Head of the Department of Information Technologies, Perm State University (Perm, Russia)

Curtis Jay BONK

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

Valentina DAGIENÉ

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)

Evgenia SENDOVA

Ph.D., Associate Professor, Institute of Mathematics and Informatics of Bulgarian Academy of Sciences (Sofia, Bulgaria)

Yaroslav D. SERGEYEV

Ph.D., D.Sc., D.H.C., Distinguished Professor, Professor, University of Calabria (Cosenza, Italy)

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)

ИЗДАТЕЛЬСТВО ОБРАЗОВАНИЕ И ИНФОРМАТИКА

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

КУЗНЕЦОВ Александр Андреевич
председатель редакционного совета издательства «Образование и Информатика», академик РАО, доктор пед. наук, профессор (Москва, Россия)

БОЛОТОВ Виктор Александрович
академик РАО, доктор пед. наук, профессор, Институт образования НИУ «Высшая школа экономики», научный руководитель Центра психометрики и измерений в образовании (Москва, Россия)

БОСОВА Людмила Леонидовна
главный редактор журнала «Информатика в школе», доктор пед. наук, доцент, заслуженный учитель РФ, лауреат премии Правительства РФ в области образования, Институт математики и информатики Московского педагогического государственного университета, зав. кафедрой теории и методики обучения математике и информатике (Москва, Россия)

ГРИГОРЬЕВ Сергей Георгиевич
главный редактор журнала «Информатика и образование», чл.-корр. РАО, доктор тех. наук, профессор, Институт цифрового образования Московского городского педагогического университета, профессор департамента информатики, управления и технологий (Москва, Россия)

КАРАКОЗОВ Сергей Дмитриевич
доктор пед. наук, профессор, Московский педагогический государственный университет, проректор, директор Института математики и информатики (Москва, Россия)

КРАВЦОВ Сергей Сергеевич
доктор пед. наук, доцент, министр просвещения Российской Федерации (Москва, Россия)

НОСКОВ Михаил Валерианович
доктор физ.-мат. наук, канд. тех. наук, профессор, Институт космических и информационных технологий Сибирского федерального университета, профессор кафедры прикладной математики и компьютерной безопасности (Красноярск, Россия)

РАБИНОВИЧ Павел Давидович
канд. тех. наук, доцент, Институт прикладных экономических исследований Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, директор Центра проектного и цифрового развития образования (Москва, Россия)

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

РЫБАКОВ Даниил Сергеевич
канд. пед. наук, доцент, директор издательства «Образование и Информатика» (Москва, Россия)

ХРИСТОЧЕВСКИЙ Сергей Александрович
канд. физ.-мат. наук, ФИЦ «Информатика и управление» РАН, ведущий научный сотрудник (Москва, Россия)

ЧЕРНОБАЙ Елена Владимировна
доктор пед. наук, профессор, Институт образования НИУ «Высшая школа экономики», профессор департамента образовательных программ (Москва, Россия)

РЕДАКЦИЯ

**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

Корректор ШАРАПКОВА Людмила Михайловна

Верстка ФЕДОТОВ Дмитрий Викторович

Дизайн ГУБКИН Владислав Александрович

Отдел распространения и рекламы

КОПТЕВА Светлана Алексеевна

КУЗНЕЦОВА Елена Александровна

PUBLISHING HOUSE EDUCATION AND INFORMATICS

EDITORIAL COUNCIL

Alexander A. KUZNETSOV,
Chairman of the Editorial Council, Academician of RAS, Dr. Sci. (Edu.),
Professor (Moscow, Russia)

Victor A. BOLOTOV
Academician of RAE, Dr. Sci. (Edu.), Professor, Institute of Education, National Research University Higher School of Economics, Academic Supervisor of the Center for Psychometrics and Measurement of Education (Moscow, Russia)

Ludmila L. BOSOVA
Editor-in-Chief of the "Informatics at School" journal, Dr. Sci. (Edu.), Docent, Honored Teacher of the Russian Federation, Laureate of the RF Government Prize in the Field of Education, Institute of Mathematics and Informatics, Moscow Pedagogical State University, Head of the Department of Theory and Methods of Teaching Mathematics and Informatics (Moscow, Russia)

Sergey G. GRIGORIEV
Editor-in-Chief of the "Informatics and Education" journal, Corresponding Member of RAE, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Institute of Digital Education, Moscow City University, Professor at the Department of IT, Management and Technology (Moscow, Russia)

Sergey D. KARAKOZOV
Dr. Sci. (Edu.), Professor, Moscow Pedagogical State University, Vice Rector, Director of Institute of Mathematics and Informatics (Moscow, Russia)

Sergey S. KRAVTSOV
Dr. Sci. (Edu.), Docent, Minister of Education of the Russian Federation (Moscow, Russia)

Mikhail V. NOSKOV
Dr. Sci. (Phys.-Math.), Cand. Sci. (Eng.), Professor, Institute of Space and Information Technologies, Siberian Federal University, Professor at the Department of Applied Mathematics and Computer Security (Krasnoyarsk, Russia)

Pavel D. RABINOVICH
Cand. Sci. (Eng.), Docent, Institute of Applied Economic Research, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (RANEPA), Director of the Center of Project and Digital Education Development (Moscow, Russia)

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

Daniil S. RYBAKOV
Cand. Sci. (Edu.), Docent, Director of the Publishing House "Education and Informatics" (Moscow, Russia)

Sergey A. CHRISTOCHEVSKY
Cand. Sci. (Phys.-Math.), The Federal Research Centre "Computer Science and Control" of RAS, Leading Research Fellow (Moscow, Russia)

Elena V. CHERNOBAY
Dr. Sci. (Edu.), Professor, Institute of Education, National Research University Higher School of Economics, Professor at the Department of Educational Programs (Moscow, Russia)

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

Proofreader Lyudmila M. SHARAPKOVA

Layout Dmitry V. FEDOTOV

Design Vladislav A. GUBKIN

Distribution and Advertising Department

Svetlana A. KOPTEVA

Elena A. KUZNETSOVA

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-5-22

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОСТУПНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НА УНИВЕРСИТЕТСКОЙ ПЛАТФОРМЕ MOODLE

Е. А. Косова¹ ✉, А. С. Гапон², К. И. Редкокош³

¹ Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, г. Симферополь, Республика Крым, Россия

² Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

³ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

✉ lynx99@inbox.ru

Аннотация

Целью статьи является оценка доступности для лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) электронных образовательных ресурсов (ЭОР), опубликованных в системе управления обучением (СУО) Moodle университета. В анализе участвовали 22 ЭОР по математическим и информационно-технологическим дисциплинам, размещенные в СУО Moodle Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Алгоритм экспертизы включал анализ с использованием инструмента автоматической проверки веб-доступности WAVE и экспертный анализ веб-доступности визуальными, аудиальными и мануальными методами по 89 признакам. Обнаружены множественные нарушения доступности платформы Moodle и размещенных на ней ЭОР. К наиболее серьезным проблемам платформы относятся: отсутствие совместимости с текстовыми браузерами; погрешности воспроизведения программами экранного доступа; нарушения воспроизведения контента на мобильных устройствах. Перечень ошибок доступности, допущенных авторами-преподавателями, включает: неправильное оформление гиперссылок (22,7 % ЭОР); отсутствие субтитров (13,6 %), стенограмм (22,7 %), конспектов, альтернативных видеолекций (27,3 %), альтернативных подписей к рисункам (68,2 %), специальной разметки для математической нотации (36,4 %) и программного кода (13,6 %); ограничение времени для тестов (9,1 %) и др. В результате исследования подтверждена необходимость обучения преподавателей технологиям разработки доступного образовательного веб-контента. Целесообразно знакомить веб-разработчиков, разворачивающих СУО в университетах, с основными положениями веб-доступности, функциями и модулями доступности СУО для выбора наиболее подходящей платформы, определения и установки необходимого комплекта модулей доступности. Все ЭОР перед запуском должны проходить обязательную экспертную проверку на соблюдение правил веб-доступности для лиц с ОВЗ.

Ключевые слова: оценка веб-доступности, электронное обучение, обучающиеся с ограниченными возможностями здоровья, электронные образовательные ресурсы, Moodle, математика, информатика.

Для цитирования:

Косова Е. А., Гапон А. С., Редкокош К. И. Исследование доступности электронных образовательных ресурсов на университетской платформе Moodle. *Информатика и образование*. 2021;36(9):5–22. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-5-22

EXAMINATION OF THE ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES ACCESSIBILITY ON THE UNIVERSITY MOODLE PLATFORM

Ye. A. Kosova¹ ✉, A. S. Gapon², K. I. Redkokosh³

¹ V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, The Republic of Crimea, Russia

² ITMO University, St. Petersburg, Russia

³ Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

✉ lynx99@inbox.ru

Abstract

The purpose of the article is to assess the accessibility of electronic educational resources (EER) published in the university Moodle Learning Management System (LMS). The analysis involved 22 EERs in mathematical and information technology disciplines, located in the Moodle LMS of the V. I. Vernadsky Crimean Federal University. The examination algorithm included analysis using the Web Accessibility Evaluation Tool (WAVE) and expert analysis of web accessibility using visual, auditory and manual methods based on 89 checklist attributes. In the result of the analysis, multiple accessibility errors of the Moodle platform and the EERs hosted on it were found. The most serious platform problems include: lack of compatibility with text browsers; errors of reproduction by screen readers;

errors of content reproduction on mobile devices. The list of accessibility errors made by the authors of EERs includes: incorrect design of hyperlinks (22.7 % of the EERs); lack of subtitles (13.6 %), transcripts (22.7 %), synopses of video lectures (27.3 %); lack of alternative descriptions for figures (68.2 %); time limit for tests (9.1 %); lack of special markup for mathematical notation (36.4 %) and program code (13.6 %), etc. Results of the survey show need in training of EERs' authors in technologies for developing accessible educational web content. It is advisable to familiarize web developers deploying an LMS at universities with the basics of web accessibility, LMS accessibility functions and modules in order to select the most suitable platform, determine and install the required set of accessibility tools. Before launching all EERs should be subject to mandatory examination for compliance with the web accessibility guidelines.

Keywords: web accessibility assessment, e-learning, students with disabilities, electronic educational resources, Moodle, mathematics, informatics.

For citation:

Kosova Ye. A., Gapon A. S., Redkokosh K. I. Examination of the electronic educational resources accessibility on the university Moodle platform. *Informatics and Education*. 2021;36(9):5–22. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-5-22 (In Russian.)

1. Введение

Согласно современным представлениям, электронная информационно-образовательная среда (ЭИОС) вуза должна включать информационно-коммуникационные технологии, электронные информационные ресурсы и электронные образовательные ресурсы (ЭОР), обеспечивая «освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от места нахождения обучающихся» [1]. Глобальный кризис 2020–2021 годов, связанный с развитием пандемии COVID-19, объявлением карантинных мероприятий и переносом обучения в дистанционный формат, простимулировал наполнение ЭИОС учебных заведений и вынудил преподавателей оперативно решать задачи переноса своих курсов в режим электронного обучения с использованием дистанционных образовательных технологий [2]. Системы управления обучением (СУО), развернутые на университетских площадках в интернете, позволили преподавателям самостоятельно создавать и наполнять онлайн-курсы, используя широкий диапазон функциональных возможностей СУО — от демонстрации нового материала до проверки сформированности компетенций студентов. Наиболее популярной свободно распространяемой СУО с открытым исходным кодом является платформа Moodle (от *англ.* Modular Object Oriented Dynamic Learning Environment — модульная объектно-ориентированная динамическая обучающая среда) [3]. К середине августа 2021 года Moodle имела 186 тыс. веб-сайтов и 282 млн пользователей в 245 странах мира; Российская Федерация входила в топ-10 стран по количеству зарегистрированных веб-сайтов Moodle [4].

На первый взгляд, созданы благоприятные условия для функционирования полноценных вузовских ЭИОС, насыщенных актуальными ЭОР. Однако по сей день *остаётся проблемой обеспечение веб-доступности ЭОР для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ)*. Под **веб-доступностью** понимают инклюзивную практику конструирования веб-интерфейсов, при которой веб-технологии, веб-инструменты и веб-контент могут быть продуктивно использованы людьми с особыми потребностями, в том числе с ОВЗ [5]. Так, в результате эмпирического анализа веб-доступности ведущих площадок открытого образования (Coursera, EdX, Udacity, OpenCourseWorld, Iversity) выявлено, что

ни одна из платформ не соответствует в полной мере требованиям доступности для лиц с ОВЗ [6–8]. Оценка веб-доступности массовых открытых онлайн-курсов (МООК) обнаруживает множественные нарушения доступности образовательного контента, о чем свидетельствуют результаты исследований, представленные в [6, 9–11]. Анализ СУО Moodle, выполненный в работах [12, 13], продемонстрировал слабую доступность платформы для людей с нарушением зрения. Авторы работы [14] на основании результатов эвристического анализа показали, что СУО Canvas более доступна, чем Moodle, хотя также не лишена недостатков. В работе [15] отмечается, что авторы ЭОР в большинстве случаев некомпетентны в создании доступных цифровых материалов, что отражается на восприимчивости, управляемости, понятности и надежности образовательного веб-контента.

Правила доступности веб-контента регламентированы Руководящими принципами веб-доступности (*англ.* Web Content Accessibility Guidelines, WCAG), которые разрабатываются специализированными рабочими группами Инициативы по обеспечению веб-доступности (*англ.* Web Accessibility Initiative, WAI) Консорциума Всемирной паутины (*англ.* World Wide Web Consortium, W3C). Текущая версия WCAG 2.1 [16] включает четыре главных принципа веб-доступности, 13 положений веб-доступности и 78 проверяемых критериев успешного выполнения этих положений (далее — проверяемые критерии) Руководство WCAG 2.1 определяет три уровня соответствия веб-контента положениям веб-доступности (по уменьшению важности и возрастанию сложности соблюдения критериев): А — самый приоритетный, но наименее требовательный, AA — средний, AAA — самый требовательный, но наименее приоритетный.

Для оценки веб-доступности ЭОР используют [17]:

- методы автоматического тестирования с помощью онлайн-инструментов;
- методы экспертной оценки человеком или группой лиц, в том числе лицами с ОВЗ;
- методы оценки с помощью программ-симуляторов [17].

Учитывая изложенное, можно сказать, что оценка доступности ЭОР, размещенных в ЭИОС СУО, важна для:

- уточнения глубины проблемы доступности электронного обучения для лиц с ОВЗ;

- выявления ошибок доступности, их причин и способов устранения;
- выработки предназначенных для авторов и разработчиков образовательного веб-контента общих рекомендаций по недопущению проблем доступности.

Целью представленной в данной статье работы было комплексное исследование доступности ЭОР (онлайн-курсов), размещенных на платформе Moodle одним из российских университетов, на примере математических и информационно-технологических дисциплин.

2. Материалы и методы

Исследование выполнено в мае—июле 2021 года на базе Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского (КФУ). В анализе участвовали ЭОР по математическим и информационно-технологическим дисциплинам для направлений подготовки 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» и 01.03.04 «Прикладная математика», размещенные на платформе Moodle КФУ*. Из всех опубликованных ЭОР (всего 66) для анализа было отобрано 22 курса. Отбор осуществлялся при соблюдении следующих обязательных критериев:

- ЭОР соответствует рабочей программе дисциплины;
- ЭОР содержит теоретический материал (лекции, методические рекомендации) в объеме не менее 70 % от заявленного в рабочей программе дисциплины;
- ЭОР содержит практические задания и/или тесты с возможностью обратной связи.

Алгоритм экспертизы доступности ЭОР разрабатывался в соответствии с методологией оценки соответствия доступности веб-ресурсов (*англ.* Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology, WCAG-EM) версии 1.0 [18] и включал три этапа:

- *этап 1* — подготовка к исследованию;
- *этап 2* — анализ веб-контента с использованием инструментов автоматической проверки;
- *этап 3* — экспертный анализ веб-контента визуальными, аудиальными и мануальными методами.

К экспертизе были привлечены три специалиста, обладающие компетенциями в области математики, информатики, веб-разработки и методов оценки веб-доступности, имеющие права администраторского доступа к курсам Moodle КФУ. Работы по оценке доступности веб-контента выполнялись в интерфейсе курсов, соответствующем роли «Студент», работы по анализу причин нарушений веб-доступности — в интерфейсе, соответствующем роли «Управляющий».

Для отладки алгоритма экспертизы веб-доступности экспертами независимо друг от друга была

выполнена проверка одного из отобранных курсов с последующим сравнением результатов, обсуждением и коррекцией методики.

На этапе 1 — подготовка экспертизы — были реализованы следующие шаги:

- 1) определены характеристики отобранных ЭОР (*Приложение 1*);
- 2) для уточнения глубины и детальности проверки выбран уровень АА соответствия требованиям доступности WCAG 2.1. Согласно [16], веб-страница удовлетворяет уровню АА, если обеспечено соответствие всем проверяемым критериям уровней А и АА либо предоставляется альтернативная версия уровня доступности АА**. Соответствие уровню ААА носит факультативный характер;
- 3) выбрано аппаратное и программное обеспечение для экспертов, обеспечивающее базовый набор для поддержки специальных возможностей при оперировании веб-контентом:
 - для просмотра веб-страниц — графические браузеры Google Chrome, Mozilla Firefox, Microsoft Edge, Opera, текстовый браузер Links;
 - для проверки качества воспроизведения веб-страницы на мобильных устройствах и при изменении разрешения экрана и масштабировании контента — расширение Web Developer в браузерах Google Chrome и Mozilla Firefox;
 - для проверки цветовой контрастности — Contrast Checker***, для определения цвета пикселя — опция «Определить цвет пикселя онлайн»****;
 - для проверки правильности озвучивания веб-страниц, функций медиаплеера, текста разных типов, включая математическую нотацию и программный код, — программы экранного доступа, в том числе «Экранный диктор» для Windows 10, NVDA для Windows, Chrome Vox браузера Google Chrome, «Прочсть вслух» браузера Microsoft Edge;
- 4) проведена систематизация веб-страниц отобранных курсов по структуре, методам наполнения и логике обучения. В результате выделены следующие типы веб-страниц: «Главная страница», «Объявление», «Задание», «Тест», «Лекция», «Чат». Определена репрезентативная выборка веб-страниц, подлежащих проверке, — по одной странице каждого типа для каждого курса;

** Под альтернативной версией веб-страницы понимают веб-страницу, эквивалентную данной по содержанию, но отличную по форме (например, версия для слабовидящих с увеличенным размером шрифта и контрастом или текстовая версия для веб-страницы, содержащей видео, симуляции или иллюстрации).

*** Contrast Checker. <https://webaim.org/resources/contrastchecker/>

**** Определить цвет пикселя онлайн. <https://sanstv.ru/color>

* Moodle КФУ им. В. И. Вернадского: категории курсов. <https://moodle.cfuv.ru/>

5) определены границы и объем проверки доступности ЭОР:

- автоматическая проверка ЭОР — 22 курса;
- экспертная проверка главных страниц ЭОР, всех модулей и элементов ЭОР, внутренних образовательных ресурсов и внешних видеороликов — 22 курса;
- автоматическая проверка главных страниц внешних ЭОР, на которые даны ссылки, — три веб-ресурса;
- экспертная проверка программных инструментов для воспроизведения видео — пять медиаплееров;

6) в целях оценки доступности веб-контента выбрана бинарная метрика для порядковой шкалы уровней соответствия WCAG 2.1 (курс доступен/не доступен в соответствии с уровнем AA) [19] в сопровождении комментариев и рекомендаций.

На этапе 2 — автоматический анализ — выполнялась проверка веб-доступности репрезентативной выборки страниц каждого курса и главных страниц внешних образовательных веб-ресурсов с помощью онлайн-инструмента WAVE* с последующей оценкой результатов.

На этапе 3 — экспертный анализ веб-контента визуальными, аудиальными и мануальными методами — для выполнения экспертного анализа ЭОР сформированы чек-листы доступности (*Приложение 2*, столбец «Проверяемый признак») по следующим рубрикам:

- 1) общая доступность (20 признаков);
- 2) доступность медиаматериалов (23 признака);
- 3) доступность цифровых документов (шесть признаков);
- 4) доступность тестов (семь признаков);
- 5) доступность заданий (шесть признаков);
- 6) доступность математической нотации (16 признаков);
- 7) доступность программного кода (11 признаков).

Для экспертной проверки доступности медиаплееров сформирован чек-лист, содержащий 11 признаков (*Приложение 3*).

Экспертная оценка выполнялась по кватернальной шкале:

«1» — признак присутствует;

«2» — признак отсутствует;

«3» — признак присутствует для части контента/интерфейса;

«-» — сведения недоступны.

3. Автоматическая проверка веб-доступности

В результате автоматической проверки веб-сервисом WAVE для всех 22 курсов (100 %) зафиксиро-

ваны идентичные ошибки доступности и выданы предупреждения о возможных нарушениях доступности уровней соответствия А и АА, которые являются упущениями платформы Moodle и не зависят от авторов учебного контента. Всего зарегистрировано три типа ошибок и восемь типов предупреждений. В таблице 1 приведены описание обнаруженных проблем доступности и предложения по их устранению, сформулированные WAVE.

Обнаруженные в Moodle ошибки не относятся к разряду критических. Например:

- отсутствие альтернативного текста зарегистрировано только для аватаров пользователей;
- низкий контраст зафиксирован для количества непросмотренных уведомлений и идентификатора поискового поля (который читается программой экранного доступа);
- пустые ссылки связаны с некорректной HTML-разметкой навигации внутри страницы, но фактически не препятствуют перемещению пользователя.

В отличие от ошибок, определенно указывающих на дефект доступности, предупреждения сообщают о потенциально возможных проблемах, которые могут привести к затруднениям пользователя. Анализ HTML-кода выявил следующее:

- предупреждение «очень короткий текст» относится к количеству непросмотренных уведомлений;
- «длинный альтернативный текст» генерируется для каждого элемента курса автоматически и включает описание и название текущего элемента;
- «элемент, заменяющий скрипт» не влияет на функционирование веб-страницы.

Перечисленные особенности HTML-кода не ограничивают доступность, т. е. проблемами не являются. В то же время избыточность альтернативного текста, заголовков и ссылок приводит к дублированию текстовой подписи, что может вызвать у пользователя дискомфорт при озвучивании контента программами экранного доступа. Представление данных в виде таблицы без особой в этом необходимости и пропущенные уровни заголовков также могут дезориентировать пользователей программ экранного доступа.

Автоматическая проверка внешних образовательных веб-ресурсов, на которые ссылаются исследованные ЭОР, выявила множественные ошибки доступности уровней А и АА, а именно:

- некорректное оформление форм и параметров языка веб-страницы;
- отсутствие альтернативного текста для рисунков и ссылок;
- нефункциональные кнопки и ссылки;
- нарушения цветового контраста.

Таким образом, рекомендованные дополнительные внешние ресурсы нельзя считать доступными для лиц с ОВЗ в соответствии с уровнем АА.

* WAVE — Web Accessibility Evaluation Tool. <https://wave.webaim.org/>

Таблица 1 / Table 1

**Недостатки доступности ЭОР по математике и информатике,
 обнаруженные в результате автоматической проверки онлайн-курсов**

**Disadvantages of the accessibility of electronic educational resources in mathematics and informatics
 discovered as a result of automatic verification of online courses**

№ п/п	Наименование проблемы	Нарушенный проверяемый критерий WCAG 2.1	Уровень соответствия WCAG 2.1	Рекомендации WAVE по устранению
1	Ошибки			
1.1	Отсутствует альтернативный текст*	1.1.1. Нетекстовый контент	A	Добавить к изображению атрибут <i>alt</i>
1.2	Пустая ссылка	2.4.4. Цель ссылки в контексте	A	Удалить пустую ссылку или указать в ней текст, описывающий функции или цель этой ссылки
1.3	Очень низкий контраст	1.4.3. Контраст (минимум)	A	Увеличить контраст между цветом переднего плана (текста) и цветом фона до 4,5:1
2	Предупреждения			
2.1	Длинный альтернативный текст	1.1.1. Нетекстовый контент	A	Сократить альтернативный текст либо представить его другим способом (например, в тексте рядом с изображением, на отдельной странице описания и т. д.)
2.2	Очень короткий текст	Нет	Нет	Увеличить текст до более удобочитаемой длины
2.3	Избыточный текст заголовка	Нет	Нет	Удалить атрибут <i>title</i> , если это возможно, или изменить его, чтобы предоставить полезную, но не избыточную информацию
2.4	Избыточный альтернативный текст	1.1.1. Нетекстовый контент	A	Изменить альтернативный или смежный текст, чтобы исключить избыточность; в большинстве случаев достаточно задать пустой альтернативный текст (<i>alt = ""</i>)
2.5	Пропущенный уровень заголовка	1.3.1. Информация и отношения 2.4.1. Обход блоков 2.4.6. Заголовки и метки	A, AA	Изменить структуру заголовков в документе, чтобы избежать пропуска уровней заголовков
2.6	Элемент, заменяющий скрипт	Нет	Нет	Убедиться, что содержимое со сценарием <i><noscript></i> доступно для всех пользователей
2.7	Избыточная ссылка	2.4.4. Цель ссылки в контексте	A	Объединить избыточные ссылки в одну ссылку и удалить лишний или альтернативный текст
2.8	Макет таблицы	1.3.1. Информация и отношения 1.3.2. Значимая последовательность	A	Заменить таблицу на альтернативный способ структурирования контента на основе CSS или добавить теги заголовков <i><th></i> , убедиться в логичности порядка чтения и навигации по содержимому таблицы, задать атрибут <i>role = «presentation»</i>

* Под *альтернативным текстом* понимают текстовый эквивалент нетекстового контента (например, текстовое описание для рисунка или субтитры для видео).

4. Проверка веб-доступности визуальными, аудиальными и мануальными методами

4.1. Общая доступность

В результате проверки общей доступности ЭОР обнаружены ошибки разработчиков платформы, одинаковые во всех 22 курсах (100 %), и ошибки, допущенные авторами веб-контента, регистрируемые с разной частотой.

К нарушениям доступности платформы отнесены отсутствие пользовательских инструментов для изменения размера шрифта и цветовой схемы, а также несовместимость платформы с текстовыми браузерами. При изменении разрешения экрана или размера окна браузера, а также при работе с курсом на мобильных устройствах наблюдались нарушения структуры и читабельности в элементах форума (смещение информационных блоков, отсутствие полос прокрутки), что затрудняло восприятие информации и ограничивало возможности коммуникации. Отмечены также нарушения, связанные с рассогласованием клавиатурного фокуса и озвучивания, дублированием воспроизведения для имен прикрепленных файлов, элементов меню, вариантов ответов в тестах. Вместе с тем платформа поддерживает воспроизведение веб-страниц в основных графических браузерах и на мобильных устройствах, текстовый контент логично и последовательно воспроизводится при отключении в браузере стилей. Программы экранного доступа воспроизводят интерфейс платформы удовлетворительно.

К существенным ошибкам авторов контента относится неправильное оформление гиперссылок (5 курсов — 22,7 %). Например, цель ссылки может быть не ясна из текста ссылки, так как текст представляет собой унифицированный указатель ресурса или текст ссылки программно не определен как ссылка. Значительная часть проанализированных курсов (9 курсов — 40,9 %) не структурирована однородно и предсказуемо, содержимое элементов нередко не соответствовало их назначению (5 курсов — 22,7 %). В отдельных случаях допущены нарушения последовательности размещения блоков (например, задание опубликовано раньше лекции или задания выделены в отдельный модуль). Наиболее удачная с точки зрения доступности структура модулей имеет следующий вид: видеолекция, текстовый эквивалент лекции, задание (опционально), тест.

Среди нарушений, допущенных авторами всех проанализированных ЭОР (22 ЭОР — 100 %), следует отметить отсутствие глоссария, списка сокращений, описания курса с указанием стартовых компетенций обучающихся, результатов обучения, необходимого аппаратного и программного обеспечения, порядка и сроков прохождения модулей и т. д. Кроме того, на главных страницах ЭОР рекомендованы к размещению, но отсутствуют так называемые заявления о доступности, содержащие просьбу к слушателям

незамедлительно связаться с разработчиком, автором или преподавателем курса в случае возникновения проблем доступности, и соответствующие контактные данные.

В *Приложении 2* приведены числовые результаты проверки доступности ЭОР визуальными, аудиальными и мануальными методами.

4.2. Доступность медиаматериалов

Выявлено девять ЭОР (40,9 %) с видеоконтентом. Авторы использовали (иногда в сочетаниях) следующие подходы к использованию видео в своих курсах:

- записи авторских видеолекций в формате захвата видео с экрана (скринкаста) и в аудитории;
- ссылки на видеолекции, размещенные на внешних онлайн-курсах.

Все лекции имели удовлетворительное качество видео- и звукового воспроизведения.

Обнаружено, что наибольшие проблемы доступности связаны с интерфейсом программ для воспроизведения видеоконтента. Так, в числе рекомендованных авторами курсов плееров есть Mail.ru и Яндекс.Диск, которые имеют серьезные проблемы совместимости с программами экранного доступа и не поддерживают управление только с помощью клавиатуры. В интерфейсе YouTube имеются нарушения клавиатурного доступа к настройкам параметров, в плеере «ВКонтакте» — к панели оценки и репоста видео. Для всех медиаплееров зарегистрированы проблемы с контрастностью, так как панель управления имеет прозрачный фон. Интерфейс плеера Moodle достаточно корректно воспроизводится программами экранного доступа, с отдельными погрешностями идентификации времени трека и окна плеера. Из всех проанализированных медиаплееров только YouTube полностью поддерживает режимы субтитров и стенограмм за исключением выбора позиционирования субтитров; в плеере Moodle предусмотрено воспроизведение предварительно записанных субтитров. Плееры Mail.ru и «ВКонтакте» имеют погрешности воспроизведения в мобильной версии. В *Приложении 3* приведены результаты оценки функций доступности проанализированных онлайн-инструментов для воспроизведения видеоконтента.

Остальные нарушения доступности видеоконтента связаны с недоработками авторов курсов. Так, видеолекции не имеют авторских субтитров и стенограмм. Субтитры, автоматически созданные сервисом YouTube (6 ЭОР — 27,3 %), точно синхронизированы с аудиорядом, но содержат множественные ошибки, связанные с неправильным распознаванием речи, и недоступны для скачивания по прямой ссылке.

Во всех 22 курсах (100 %) отсутствуют стенограммы с расшифровкой не озвученных, но важных для понимания контекста видеофрагментов лекций (например, вывод формул или выполнение построений лектором) и интерпретация видеоряда с помощью языка жестов.

Лекторы, как правило, не проговаривают детально то, что пишут, чертят или показывают на экране,

что приводит к сложностям восприятия материала только на слух. Согласно WCAG 2.1, можно избежать устного описания всех визуальных фрагментов, важных для понимания контекста, если предусмотреть текстовый конспект видеолекции. Однако конспекты, альтернативные (но не идентичные) видеоряду, обнаружены только в трех курсах (13,6 %).

В контенте всех видеолекций выявлены не критичные нарушения контраста, которые, как правило, связаны с характеристиками «полотна» лектора. Например:

- для видеолекций, снятых в аудитории, контраст на маркерной доске (черный или синий текст на белом фоне) выше, чем на аудиторной (белый на зеленом);
- на экране компилятора в видеолекциях-скринкастах ошибки контраста зарегистрированы для комментариев, ключевых слов и сообщений об ошибках в программном коде.

Размер шрифта в видеолекциях приемлем для восприятия. В принципе проблемы контрастности, размера шрифта и прочих визуальных характеристик видеоматериалов можно нивелировать при наличии альтернативного конспекта.

4.3. Доступность цифровых документов

Наиболее серьезные проблемы доступности обнаружены в документах форматов PDF, DOC и DjVu (19 ЭОР — 86,4 %), причем все ошибки допущены авторами курсов. Так, рисунки (формулы, чертежи и другие иллюстрации, значимые для понимания контекста), как правило, не имеют альтернативных подписей и описаний (15 ЭОР — 68,2 %), при этом в тексте документов не всегда присутствуют ссылки на рисунки. Имеются нарушения последовательности и правильности озвучивания текста программами экранного доступа, связанные с отсутствием в документах программно определенных структуры и языка. Обнаружены также ошибки при чтении вслух таблиц, научной нотации, схем и рисунков. В результате в 12 курсах (54,5 %) критерий адекватности озвучивания программами экранного доступа не выполняется. Кроме того, в цифровых документах выявлены нарушения, связанные с некорректным оформлением гиперссылок (4 ЭОР — 18,2 %).

Единственным критерием, по которому большинство документов (17 ЭОР — 77,3 %) соответствуют требованиям WCAG 2.1, является контраст между текстом и фоном.

4.4. Доступность тестов и заданий

Выявлено восемь ЭОР (36,4 %) с тестами и 17 (77,3 %) с заданиями. Исследование показало высокий уровень доступности инструментов для создания тестов и заданий на платформе Moodle, а именно:

- широкий диапазон форматов для тестовых вопросов позволяет выбрать структуру теста, которая не требует обязательного использования зрения и уверенного манипулирования графическими объектами;

- интерфейсом тестов и заданий можно управлять только с помощью клавиатуры;
- структура интерфейса проверочных элементов определена программно и адекватно воспроизводится программами экранного доступа.

Фактически все ошибки доступности, обнаруженные в проверочных элементах ЭОР, допущены авторами. Так, в тестах и заданиях присутствуют таблицы в виде рисунков и рисунки, не имеющие текстового описания (11 ЭОР — 50,0 %). Следует отметить, что платформа предлагает добавить такое описание каждый раз при вставке рисунка в контент. В отдельных случаях (4 ЭОР — 18,2 %) задания полностью представлены в виде рисунков, что приводит к полной потере распознавания программами экранного доступа. Элемент «Задание» иногда используется не по назначению (только для формулировки задания, без настройки обратной связи) (2 ЭОР — 9,1 %). Зафиксированы также дефекты озвучивания содержания тестов (4 ЭОР — 18,2 %) и заданий (14 ЭОР — 63,6 %), связанные с некорректной разметкой научной нотации. Экзаменационные тесты имеют ограничения по времени без уведомления об истечении времени и возможности продления временного лимита (2 ЭОР — 9,1 %).

Важно обратить внимание на то, что в курсах присутствуют задания, требующие визуального восприятия для формирования необходимых навыков (например, изучить предложенное изображение и самостоятельно воспроизвести его, используя методы программирования) (9 ЭОР — 40,9 %). Требуют дальнейшего исследования вопросы использования подобных заданий, способов их замены или адаптации в обучении лиц с глубокими нарушениями зрения.

4.5. Доступность математической нотации и программного кода

В 15 проанализированных курсах (68,2 %) сохранился математический контент, который представлен в виде текста (13 ЭОР — 59,1 %), рисунков (13 ЭОР — 59,1 %) и видео (5 ЭОР — 22,7 %). В документах PDF и DOC математическая нотация оформлена, как правило, с помощью конструктора формул Microsoft Word; на одном курсе документы PDF получены с помощью разметки LaTeX. Авторами шести ЭОР (27,3 %) использовались системы разметки LaTeX и MathML, встроенные в HTML-контент в элементах «тест», «задание», «лекция». Необходимо подчеркнуть, что в визуальном текстовом редакторе Moodle предлагается инструмент для ввода формул в формате LaTeX, к текущей версии платформы подключена кроссбраузерная библиотека MathJax, позволяющая отображать математическую нотацию в форматах LaTeX и MathML. Контент, созданный с использованием математической разметки MathML, озвучивается программами экранного доступа адекватно, но с небольшими погрешностями, которые могут быть устранены при установке на компьютер пользователя расширений для чтения математической нотации.

Математическая нотация, представленная в виде рисунков (формулы, таблицы, чертежи и построения), зачастую не имеет альтернативного описания (13 ЭОР — 59,1 %). Игнорирование большинством авторов специальной разметки приводит к тому, что математический контент не распознается как таковой. Таким образом, для формул остаются нереализованными функции поиска, масштабирования и адаптации для различных разрешений экрана. По этой же причине программа экранного доступа некорректно озвучивает или пропускает математический контент как в лекционных, так и в проверочных блоках (14 ЭОР — 63,6 %). Дополнительные сложности озвучивания связаны с отсутствием программно определенного языка для математического контента в линейном формате.

Видео с математической нотацией подробно комментируются лекторами, однако для полного понимания материала необходима текстовая альтернатива, а именно — неавтоматические субтитры (отсутствуют), стенограмма (отсутствует) и конспект (присутствует в трех ЭОР, но не идентичен видео).

Программный код включен в контент 10 курсов (45,5 %) в виде рисунков (4 ЭОР — 18,2 %), видео (4 ЭОР — 18,2 %), текста (4 ЭОР — 18,2 %), файлов (3 ЭОР — 13,6 %) и в аутентичном формате, встроенном в разметку HTML (7 ЭОР — 31,8 %). Анализ показал, что программа экранного доступа адекватно озвучивает программный код (посимвольно и построчно) только в том случае, если он представлен в аутентичном формате с использованием блочного элемента `<pre>`. Во всех остальных форматах программный код либо не озвучивается, либо зачитывается с пропусками и ошибками, обесценивающими сам процесс аудиовоспроизведения.

В проанализированной версии Moodle отсутствуют встроенные расширения-компиляторы, позволяющие обучающимся редактировать, запускать и проверять свои программы внутри платформы. Текстовых инструкций по установке и использованию сторонних компиляторов обнаружить также не удалось.

5. Обсуждение

Насколько известно авторам, выполненное исследование является первым опубликованным анализом доступности русскоязычных ЭОР, размещенных на платформе Moodle. С помощью оригинального алгоритма экспертной оценки получены веские аргументы, свидетельствующие о низкой доступности ЭОР по математическим и компьютерным дисциплинам, в частности для лиц с ОВЗ. Согласно выбранной метрике оценивания, проанализированные курсы не доступны в соответствии с уровнем AA WCAG 2.1 и имеют критические ошибки доступности на уровне А. Полученные результаты коррелируют с публикациями по оценке доступности МООК. Так, в работе [10] обнаружена низкая доступность математических МООК, особенно для людей с глубокими нарушениями зрения, в работе [11] получены аналогичные результаты в отношении МООК по программированию и компьютерным наукам.

В результате *автоматического анализа* на платформе Moodle не выявлено ни одной ошибки доступности, связанной с недоработками авторов. Найденные погрешности относятся к интерфейсу платформы и не являются критическими.

Дальнейший *экспертный анализ* позволил обнаружить более серьезные ошибки платформы, требующие вмешательства в ее структуру, что подтверждает необходимость выполнения обследования комплексно — автоматически и человеком [20].

Сравнивая полученные результаты с данными предыдущих исследований, можно утверждать, что за последние годы в интерфейсе Moodle произошли положительные изменения в отношении доступности; к аналогичным выводам пришел автор обзора [21]. Так, в работах [12, 13], относящихся к 2011 и 2014 годам, обнаружена низкая доступность платформы для программ экранного доступа, тогда как в настоящем исследовании компоненты интерфейса Moodle в целом воспроизводились логично и последовательно, критичные ошибки не выявлены. В работе [22] 2010 года есть указание на ограниченное использование плагинов доступности в версиях Moodle, развернутых на базе учебных заведений; однако в ходе текущего анализа платформы обнаружены опции расширения доступности для пользователей, включая систему принудительного добавления альтернативного текста к рисункам, инструменты проверки доступности контента в текстовых редакторах, визуальный редактор формул LaTeX, инструменты для взаимного преобразования форматов LaTeX и MathML. В работе [23] приведены данные, подтверждающие доступность редакторов LaTeX в интерфейсе Moodle для пользователей с глубокими нарушениями зрения.

В то же время, согласно выполненной нами оценке, доступность платформы Moodle нуждается в доработке. Так, как минимум необходимо добавить следующие расширения:

- 1) элементы пользовательской настройки интерфейса (например, плагин «Accessibility»^{*});
- 2) медиаплееры с расширенными возможностями доступности (например, плеер «VideoJS player»^{**});
- 3) компиляторы (например, плагин «Virtual Programming Lab»^{***}).

Все указанные расширения относятся к свободно распространяемому программному обеспечению и могут быть установлены на платформу Moodle каждого вуза на этапе ее сборки.

Обнаружены также нарушения визуального доступа к платформе при изменении разрешения экрана и воспроизведении на мобильных устройствах, что согласуется с работой [24], демонстрирующей проблемы поиска и идентификации данных в мобильных интерфейсах Moodle.

* Accessibility. https://moodle.org/plugins/block_accessibility

** VideoJS player. https://docs.moodle.org/311/en/VideoJS_player

*** Virtual Programming Lab. https://moodle.org/plugins/mod_vpl

Согласно [25], доступности СУО недостаточно для обеспечения инклюзивности обучения, если размещенные на платформе материалы не отвечают критериям доступности. Настоящее исследование подтверждает этот тезис. Допущенные авторами курсов ошибки свидетельствуют о низком уровне профессиональных компетенций в области разработки электронного образовательного контента, доступного для лиц с ОВЗ. Необходимость обязательного обучения преподавателей технологиям проектирования

и разработки доступных ЭОР подтверждается другими исследованиями (см., например, [11, 12]).

В таблице 2 обобщены обнаруженные ошибки доступности и сформулированы рекомендации по их коррекции.

В большинстве случаев проблем доступности контента ЭОР можно избежать, если следовать рекомендациям, изложенным в таблице 2.

Moodle относится к программному обеспечению с открытым исходным кодом, следовательно, *ошибки*

Таблица 2 / Table 2

Проблемы доступности ЭОР по математике и информатике, обнаруженные в результате проверки автоматическими и экспертными методами

Problems of the accessibility of electronic educational resources in mathematics and informatics, discovered as a result of verification by automatic and expert methods

№ п/п	Наименование проблемы	Нарушенный проверяемый критерий WCAG 2.1	Уровень соответствия WCAG 2.1	Рекомендации экспертов по устранению
1	Ошибки платформы			
1.1	Отсутствие совместимости с текстовыми браузерами	4.1. Совместимость	А, АА	Обеспечить возможность аутентификации пользователя в режиме текстового браузера
1.2	Нарушение согласования между озвучиванием программой экранного доступа и фокусом клавиатуры	2.1.1. Клавиатура 2.4.7. Видимый фокус 4.1. Совместимость	А, АА	Выполнить программную настройку логической последовательности воспроизведения веб-страницы
1.3	Отсутствие текстового описания для изображения (аватара) пользователя	1.1.1. Нетекстовый контент	А	Использовать имя пользователя в качестве альтернативного текста к его изображению
1.4	Использование элементов HTML (таблиц, ссылок) без необходимости или не по назначению	2.4.4. Цель ссылки в контексте 1.3.1. Информация и отношения 1.3.2. Значимая последовательность	А	Удалить элементы HTML, которые не используются или привести код веб-страницы в соответствие стандартам разметки
1.5	Нарушение контраста между текстом и фоном в уведомлениях и элементах форм	1.4.3. Контраст (минимум)	А	Увеличить контраст между цветом переднего плана (текста) и цветом фона до 4,5:1
1.6	Нарушение структуры (пропуски) заголовков	1.3.1. Информация и отношения 2.4.1. Обход блоков 2.4.6. Заголовки и метки	А, АА	Выполнить последовательную нумерацию уровней заголовков в документе
1.7	Дублирование озвучивания текстовых элементов	1.1.1. Нетекстовый контент	А	Изменить смежный текст, чтобы исключить избыточность, или задать пустой альтернативный текст (<i>alt = ""</i>)
1.8	Нарушение воспроизведения на мобильных устройствах	1.4.4. Изменение размера текста 1.4.10. Перетекание	АА	Предлагать пользователю мобильную версию платформы, удовлетворяющую требованиям доступности
1.9	Отсутствие инструментов для пользовательской настройки интерфейса	1.4.8. Визуальное отображение	ААА	Добавить на платформу расширения для самостоятельной настройки интерфейса пользователем
2	Ошибки авторов контента			
2.1	Неправильное оформление гиперссылок	2.4.4. Цель ссылки (в контексте)	А	Подготовить и разместить описательные текстовые гиперссылки, определяющие точное и однозначное направление перехода

Окончание табл. 2 /
 End of the table 2

№ п/п	Наименование проблемы	Нарушенный проверяемый критерий WCAG 2.1	Уровень соответствия WCAG 2.1	Рекомендации экспертов по устранению
2.2	Отсутствие субтитров, стенограмм, конспектов, альтернативных видеоряду	1.1.1. Нетекстовый контент 1.2.2. Титры 1.2.3. Звуковое описание или альтернативная медиаверсия (в записи)	A	Подготовить и разместить субтитры и стенограммы ко всем видеоматериалам курса (рекомендуемый инструмент — YouTube); подготовить и разместить конспекты видеолекций в доступном формате
2.3	Включение в контент заданий, требующих обязательного использования зрения	1.1.1. Нетекстовый контент 1.3.3. Сенсорные характеристики	A	Предусмотреть альтернативу заданиям, требующим обязательного использования зрения, или пометить выполнение таких заданий как необязательное
2.4	Представление математической нотации и программного кода без использования специальной разметки	1.1.1. Нетекстовый контент 4.1.1. Синтаксис	A	Использовать для представления математической нотации инструменты визуального редактора LaTeX, для программного кода — разметку HTML с использованием тега <pre>
2.5	Ограничения по времени для экзаменационных тестов	2.2.1. Настройка времени	A	Снять ограничение по времени или добавить возможность продления времени
2.6	Выбор авторами малодоступных внешних платформ	Нет	Нет	На этапе проектирования ЭОР выполнять проверку доступности внешних платформ и программного обеспечения
2.7	Отсутствие текстового описания для рисунков; представление текста и таблиц в виде рисунков	1.1.1. Нетекстовый контент 1.4.5. Текст на изображениях	A, AA	Подготовить и разместить альтернативное описание всех значимых изображений; избегать представления текста и таблиц в виде рисунков
2.8	Нарушения структуры и формата документов	1.3.1. Информация и взаимосвязи 1.3.2. Значимая последовательность чтения 3.1.1. Язык страницы 3.1.2. Язык частей контента	A, AA	Выполнить программную настройку структуры, заголовков, списков, таблиц, языка контента; проверить доступность внешних документов по указанным признакам
2.9	Отсутствие глоссария, списка сокращений, описания курса с указанием пререквизитов, результатов обучения, оборудования	3.1.3. Необычные слова 3.1.4. Сокращения 3.1.5. Уровень подготовки	AAA	Добавить и наполнить недостающими элементами блок описания курса и справочный модуль
2.10	Отсутствие заявления о доступности	Нет	Нет	Добавить заявление на главную страницу курса
2.11	Отсутствие перевода на язык жестов	1.2.6. Перевод на язык жестов (в записи)	AAA	Добавить перевод в случае педагогической целесообразности

платформы могут быть устранены компетентными веб-разработчиками на этапе сборки и настройки СУО путем коррекции кода и добавления необходимых расширений.

Устранение *ошибок авторов* касается только образовательного контента и не требует вмешательства в код платформы. Для приведения контента ЭОР к доступному формату автор должен обладать компетенциями в следующих областях:

- руководящие принципы веб-доступности и требования доступности образовательного веб-контента;

- методы проверки доступности ЭОР;
- разработка доступных цифровых документов;
- подготовка доступных изображений и их описание;
- разработка доступных видеоматериалов (включая подготовку субтитров и стенограмм);
- подготовка доступных проверочных материалов (тестов и заданий);
- разработка и размещение онлайн доступного математического контента и программного кода.

6. Заключение

В результате исследования выявлены ограничения доступности популярной в вузах России СУО Moodle. Вместе с тем обнаружено, что данная платформа эволюционирует, появляются ее новые версии и программные модули, установка которых позволяет повысить уровень доступности в целом и для лиц с ОВЗ. Все выявленные проблемы доступности имеют готовые решения. Следует подчеркнуть, что большинство нарушений не обусловлены недостатками платформы Moodle, а допущены авторами контента, что подтверждает необходимость обучения преподавателей вузов технологиям разработки доступного образовательного веб-контента и соответствующих ЭОР. Целесообразно знакомить веб-разработчиков, разворачивающих СУО в университетах, с основными положениями веб-доступности, функциями и модулями доступности СУО для выбора наиболее подходящей платформы, определения и установки необходимого комплекта модулей доступности.

Перед запуском в учебный процесс все ЭОР должны проходить обязательную экспертную (административную) проверку на соответствие образовательным стандартам, основным профессиональным образовательным программам, рабочим программам дисциплин, а также на соблюдение грамотности, этики и правил веб-доступности для лиц с ОВЗ. В состав экспертной группы при учебно-методическом управлении образовательной организации среди прочих участников должны входить специалисты в области веб-доступности образовательного контента, в том числе преподаватели и студенты, прошедшие соответствующее обучение в рамках программ дополнительного профессионального образования. В компетенции экспертной группы помимо функций проверки образовательных материалов и допуска ЭОР к учебному процессу следует включить методическую поддержку (консультирование) авторов-разработчиков на всех этапах создания ЭОР (анализ, проектирование, разработка, внедрение, оценка), в том числе по вопросам разработки доступного образовательного веб-контента.

Список источников / References

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/
2. Federal Law No. 273-FZ “On Education in the Russian Federation” dated December 29, 2012. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/
3. Исаева Т. Е. Компетенции и «электронная» педагогическая культура преподавателя высшей школы в постпандемическом мире. *Высшее образование в России*. 2021;30(6):80–96. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-6-80-96
4. Isaeva T. E. Higher school teacher’s competences and “electronic” pedagogical culture in the post-pandemic world. *Vyshee obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. 2021;30(6):80–96. DOI: 10.31992/0869-3617-2021-30-6-80-96
5. Turnbull D., Ritesh C., Luck J. Learning management systems: An overview. In: Tatnall A. (ed) *Encyclopedia of*

Education and Information Technologies. Springer Nature; 2020. 1835 p. DOI: 10.1007/978-3-319-60013-0_248-1.

6. Moodle Statistics. 2021. Available at: <https://stats.moodle.org/>

7. Introduction to Web Accessibility. 2019. Available at: <https://www.w3.org/WAI/fundamentals/accessibility-intro/#what>

8. Al-Mouh N., Al-Khalifa A., Al-Khalifa H. A first look into MOOCs accessibility: The case of Coursera. In: Miesenberger K., Fels D., Archambault D., Peñáz P., Zagler W. (eds) *Computers helping people with special needs. ICCHP 2014. Lecture Notes in Computer Science*. 2014;8547:145–152.

9. Bohnsack M., Puhl S. Accessibility of MOOCs. In: Miesenberger K., Fels D., Archambault D., Peñáz P., Zagler W. (eds) *Computers helping people with special needs. ICCHP 2014. Lecture Notes in Computer Science*. 2014;8547:141–144.

10. Sanchez-Gordon S., Luján-Mora S. Implementing accessibility in massive open online courses’ platforms for teaching, learning and collaborating at large scale. In: *eDemocracy & eGovernment. Stages of a Democratic Knowledge Society*. Springer, Cham; 2019:151–160.

11. Ferati M., Mripa N., Bunjaku R. Accessibility of MOOCs for blind people in developing non-english speaking countries. *Proc. 8th Int. Conf. on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE)*. 2016:519–528.

12. Ramírez-Vega A., Iniesto F., Rodrigo C. Raising awareness of the accessibility challenges in mathematics MOOCs. *TEEM 2017: Proc. 5th Int. Conf. on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. 2017. Article no. 92:1–8. DOI: 10.1145/3144826.3145435

13. Косова Е. А., Гапон А. С., Редкокош К. И. Доступность массовых открытых онлайн курсов по компьютерным наукам и программированию для лиц с ограниченными возможностями здоровья. *Открытое образование*. 2020;(24(5)):47–62. DOI: 10.21686/1818-4243-2020-5-47-62

14. Kosova E. A., Gapon A. S., Redkokosh K. I. Accessibility of massive open online courses in computer sciences and programming for persons with disabilities. *Open Education*. 2020;(24(5)):47–62. DOI: 10.21686/1818-4243-2020-5-47-62

15. Calvo R., Iglesias A., Moreno L. Is Moodle accessible for visually impaired people? In: Filipe J., Cordeiro J. (eds) *Web Information Systems and Technologies. WEBIST 2011. Lecture Notes in Business Information Processing*. 2011;101:207–220. Springer, Berlin, Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-642-28082-5_15

16. Calvo R., Iglesias A., Moreno L. Accessibility barriers for users of screen readers in the Moodle learning content management system. *Universal Access in the Information Society*. 2014;13(3):315–327. DOI: 10.1007/s10209-013-0314-3

17. Sanderson N. C., Chen W., Bong W. K., Kessel S. The accessibility of MOOC Platforms from instructors’ perspective. In: Antona M., Stephanidis C. (eds.) *Proc. 10th Int. Conf. on Universal Access in Human-Computer Interaction (UAHCI)*. Springer; 2016:124–134. DOI: 10.1007/978-3-319-40238-3_13

18. Косова Е. А. Мотивация и готовность преподавателей к использованию дистанционных образовательных технологий в обучении студентов с ограниченными возможностями здоровья. *Информатика и образование*. 2020;35(9):43–52. DOI: 10.32517/0234-0453-2020-35-9-43-52

19. Kosova Ye. A. Motivation and readiness of teachers to use distance educational technologies in teaching students with disabilities. *Informatics and Education*. 2020;35(9):43–52. DOI: 10.32517/0234-0453-2020-35-9-43-52

20. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1. 2018. Available at: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>

21. Sanchez-Gordon S., Luján-Mora S. Research challenges in accessible MOOCs: A systematic literature review 2008–2016. *Universal Access in the Information Society*. 2018;17(4):775–789. DOI: 10.1007/s10209-017-0531-2

18. Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) 1.0. 2014. Available at: <https://www.w3.org/TR/WCAG-EM/>

19. Research Report on Web Accessibility Metrics. 2012. Available at: <https://www.w3.org/TR/accessibility-metrics-report/>

20. Evaluating Web Accessibility Overview. 2020. Available at: <https://www.w3.org/WAI/test-evaluate/>

21. Schiavone A. G. Is Moodle accessible? An analysis through experiences in scientific literature and a case study. *Proc. 1st Int. Symp. on the Future of Education in Information Science (FEIS 2018)*. 2018;165–174. Available at: <https://einfose.ffos.hr/feis-2018/proceedings>

22. Elias T. Universal instructional design principles for Moodle. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*. 2010;11(2):110–124. DOI: 10.19173/irrodl.v11i2.869

23. Armano T., Borsero M., Capietto A., Murru N., Panzarea A., Ruighi A. On the accessibility of Moodle 2 by visually impaired users, with a focus on mathematical content. *Universal Access in the Information Society*. 2018;17(4):865–874. DOI: 10.1007/s10209-017-0546-8

24. Casadei V., Zaina L., Pinheiro E., Granollers T. Accessibility Evaluation of Design Patterns on Moodle Mobile. *Proc. Brazilian Symposium on Computers in Education SBIE-2016 (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação — SBIE-2016)*:688–697. DOI: 10.5753/cbie.sbie.2016.688

25. Kent M. Disability and eLearning: Opportunities and Barriers. *Disability Studies Quarterly*. 2015;35(1). Available at: <https://dsq-sds.org/article/view/3815/3830>

Информация об авторах

Косова Екатерина Алексеевна, канд. пед. наук, доцент, зав. кафедрой прикладной математики, Физико-технический институт, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, г. Симферополь, Республика Крым, Рос-

сия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-3263-9373>; *e-mail*: lynx99@inbox.ru

Гапон Александра Сергеевна, магистрант направления подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», направленность «Разработка программного обеспечения», Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-8696-3849>; *e-mail*: gapon-sasha@mail.ru

Редкокош Кирилл Игоревич, магистрант направления подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», направленность «Математическое моделирование, программирование и искусственный интеллект», Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-3535-7336>; *e-mail*: kirillf13@yandex.ru

Information about the authors

Yekaterina A. Kosova, Candidate of Sciences (Education), Docent, Head of the Department of Applied Mathematics, Physics and Technology Institute, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, The Republic of Crimea, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-3263-9373>; *e-mail*: lynx99@inbox.ru

Aleksandra S. Gapon, a master's degree student in the field of study 01.04.02 "Applied Mathematics and Informatics", direction "Software Development", National Research University ITMO, St. Petersburg, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-8696-3849>; *e-mail*: gapon-sasha@mail.ru

Kirill I. Redkokosh, a master's degree student in the field of study 01.04.02 "Applied Mathematics and Informatics", direction "Mathematical modeling, programming and artificial intelligence", Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-3535-7336>; *e-mail*: kirillf13@yandex.ru

Поступила в редакцию / Received: 18.08.2021.

Поступила после рецензирования / Revised: 30.10.2021.

Принята к печати / Accepted: 09.11.2021.

Приложения

Приложение 1 / Appendix 1

Характеристики исследованных ЭОР по математике и информатике

Characteristics of the studied electronic educational resources in mathematics and informatics

Категория	Характеристики	Количество ЭОР, <i>n</i> (%)
Платформа размещения ЭОР и ее особенности	Платформа Moodle — автономная, с возможностью перехода в массовый режим, гибкая, поддерживает расширения (плагины) доступности	22 (100,0)
Веб-технологии, которые использовались при разработке ЭОР	Визуальный конструктор элементов Moodle	22 (100,0)
	HTML (HyperText Markup Language) — язык разметки гипертекста	6 (27,3)
	MathML (Mathematical Markup Language) — язык разметки математической нотации в веб-контенте	6 (27,3)
Типы ресурсов, размещенных в ЭОР	LaTeX — программная система для разработки текстовых документов с помощью языка компьютерной верстки TeX	7 (31,8)
	Учебно-методические материалы	
	HTML (веб-документ)	6 (27,3)
	PDF (текстовый документ)	20 (90,9)
	DOC(X) (текстовый документ)	6 (27,3)
	PPT (документ презентации)	1 (4,5)
	ODT (текстовый документ)	2 (9,1)

Окончание прил. 1 /
 End of the appx. 1

Категория	Характеристики	Количество ЭОР, n (%)
	ODP (документ презентации)	1 (4,5)
	DjVu (текстовый документ)	1 (4,5)
	Видеолекции	
	MP4 (видеофайл)	2 (9,1)
	MOV (видеофайл)	4 (18,2)
	Файлы с данными	
	CSV (текстовый формат для представления табличных данных)	1 (4,5)
	Файлы с программным кодом	
	LHS (программный код на языке Haskell)	1 (4,5)
	HS (программный код на языке Haskell)	1 (4,5)
	PY (программный код на языке Python)	1 (4,5)
Типы внешних ресурсов, которые использовались в ЭОР	Ссылки на видеолекции	
	YouTube	6 (27,3)
	Яндекс.Диск	1 (4,5)
	Mail.Ru	1 (4,5)
	ВКонтакте	1 (4,5)
	Ссылки на внешние веб-ресурсы с лекциями и заданиями	
	http://ejudge.cfuv.ru/	2 (9,1)
	http://www.mathprofi.ru/	1 (4,5)
	http://grafika.me/	1 (4,5)
	Ссылки на обсуждения в мессенджерах	
	ВКонтакте	1 (4,5)
Discord	1 (4,5)	

Приложение 2 / Appendix 2

Результаты анализа веб-доступности ЭОР по математическим и компьютерным дисциплинам визуальными, мануальными и аудиальными методами

Results of the analysis of the web accessibility of electronic educational resources in mathematical and computer disciplines by visual, manual and auditory methods

№ п/п	Проверяемый признак	Выполнен, n (%)	Не выполнен, n (%)	Частично выполнен, n (%)	Нет данных, n (%)
1	Общая доступность				
1.1	Наличие инструментов для изменения размера шрифта	0 (0,0)	22 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1.2	Наличие инструментов для изменения цветовой схемы	0 (0,0)	22 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)

Продолжение прил. 2 /
 Continuation of the appx. 2

№ п/п	Проверяемый признак	Выполнен, n (%)	Не выполнен, n (%)	Частично выполнен, n (%)	Нет данных, n (%)
1.3	Структура курса однородна	13 (59,1)	1 (4,5)	8 (36,4)	0 (0,0)
1.4	Содержимое элементов соответствует их назначению	17 (77,3)	0 (0,0)	5 (22,7)	0 (0,0)
1.5	Наличие описания и пререквизитов курса	0 (0,0)	22 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1.6	Наличие глоссария	0 (0,0)	22 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1.7	Наличие заявления о доступности	0 (0,0)	22 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1.8	Гиперссылки функциональны, имеют однозначную трактовку	17 (77,3)	5 (22,7)	0 (0,0)	0 (0,0)
1.9	Присутствуют гиперссылки на внешние образовательные веб-ресурсы	4 (18,2)	18 (81,8)	0 (0,0)	0 (0,0)
1.10	Внешние образовательные веб-ресурсы доступны	0 (0,0)	4 (18,2)	0 (0,0)	18 (81,8)
1.11	Изменение разрешения экрана не приводит к нарушению структуры и читабельности страницы	13 (59,1)	0 (0,0)	9 (40,9)	0 (0,0)
1.12	Функциональностью интерфейса можно управлять только с помощью клавиатуры	22 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1.13	Программы экранного доступа адекватно воспроизводят интерфейс	0 (0,0)	0 (0,0)	22 (100,0)	0 (0,0)
1.14	Удовлетворительное качество визуализации в графическом браузере Google Chrome	22 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1.15	Удовлетворительное качество визуализации в графическом браузере Mozilla Firefox	22 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1.16	Удовлетворительное качество визуализации в графическом браузере Microsoft Edge	22 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1.17	Удовлетворительное качество визуализации в графическом браузере Opera	22 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1.18	Доступность интерфейса в текстовом браузере (Links)	0 (0,0)	22 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1.19	Доступность интерфейса после отключения стилей	22 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
1.20	Удовлетворительное качество визуализации на мобильных устройствах	0 (0,0)	0 (0,0)	22 (100,0)	0 (0,0)
2	Доступность медиаматериалов				
2.1	Есть видеоматериалы	9 (40,9)	13 (59,1)	0 (0,0)	0 (0,0)
2.2	Удовлетворительное качество видео	8 (36,4)	0 (0,0)	1 (4,5)	13 (59,1)
2.3	Удовлетворительное качество звукового воспроизведения	4 (18,2)	0 (0,0)	5 (22,7)	13 (59,1)
2.4	Присутствует возможность регулирования громкости звука	8 (36,4)	0 (0,0)	1 (4,5)	13 (59,1)
2.5	Присутствует возможность регулирования скорости воспроизведения	8 (36,4)	0 (0,0)	1 (4,5)	13 (59,1)

Продолжение прил. 2 /
 Continuation of the appx. 2

№ п/п	Проверяемый признак	Выполнен, n (%)	Не выполнен, n (%)	Частично выполнен, n (%)	Нет данных, n (%)
2.6	Присутствует возможность управления функциями медиаплеера только с помощью клавиатуры	0 (0,0)	0 (0,0)	9 (40,9)	13 (59,1)
2.7	Медиаплеер совместим с программами экранного доступа	4 (18,2)	0 (0,0)	5 (22,7)	13 (59,1)
2.8	Обеспечен достаточный размер шрифта	6 (27,3)	0 (0,0)	3 (13,6)	13 (59,1)
2.9	Обеспечен достаточный контраст между текстом и фоном	0 (0,0)	0 (0,0)	9 (40,9)	13 (59,1)
2.10	Присутствуют субтитры	5 (22,7)	3 (13,6)	1 (4,5)	13 (59,1)
2.11	Субтитры неавтоматические	0 (0,0)	6 (27,3)	0 (0,0)	16 (72,7)
2.12	Субтитры грамотные, текст соответствует аудиоряду	0 (0,0)	6 (27,3)	0 (0,0)	16 (72,7)
2.13	Каждый кадр субтитров с надписью отображается на экране не менее двух секунд	6 (27,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	16 (72,7)
2.14	Все кадры субтитров точно синхронизированы по времени с аудио	6 (27,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	16 (72,7)
2.15	При наличии нескольких ораторов в субтитрах присутствует указание, кто говорит, особенно когда из видео это не очевидно	0 (0,0)	3 (13,6)	0 (0,0)	19 (86,4)
2.16	Фоновые звуки, важные для понимания контекста, такие как музыка, смех, аплодисменты, добавлены в субтитры	0 (0,0)	3 (13,6)	0 (0,0)	19 (86,4)
2.17	Доступен для скачивания файл субтитров	0 (0,0)	6 (27,3)	0 (0,0)	16 (72,7)
2.18	Все визуальные фрагменты, важные для понимания контекста, описаны словами (аудио)	0 (0,0)	5 (22,7)	4 (18,2)	13 (59,1)
2.19	Присутствует стенограмма	0 (0,0)	5 (22,7)	4 (18,2)	13 (59,1)
2.20	Стенограмма доступна для скачивания	0 (0,0)	4 (18,2)	0 (0,0)	18 (81,8)
2.21	В стенограмме присутствуют тифлокомментарии, важные для понимания видефрагментов, не имеющих аудиоаналога	0 (0,0)	4 (18,2)	0 (0,0)	18 (81,8)
2.22	Присутствует доступный для скачивания конспект, эквивалентный видеоряду	0 (0,0)	6 (27,3)	3 (13,6)	13 (59,1)
2.23	Присутствует интерпретация видео и аудиоряда с помощью языка жестов	0 (0,0)	22 (100,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
3	Доступность цифровых документов				
3.1	Есть цифровые документы	20 (90,9)	2 (9,1)	0 (0,0)	0 (0,0)
3.2	В документах присутствуют рисунки	17 (77,3)	3 (13,6)	0 (0,0)	2 (9,1)
3.3	Рисунки имеют альтернативное описание	0 (0,0)	15 (68,2)	2 (9,1)	5 (22,7)
3.4	Текст документа адекватно воспроизводится программами экранного доступа	0 (0,0)	12 (54,5)	8 (36,4)	2 (9,1)
3.5	Гиперссылки представлены в виде текста, определяющего точное и однозначное направление перехода	3 (13,6)	1 (4,5)	3 (13,6)	15 (68,2)

Продолжение прил. 2 /
 Continuation of the appx. 2

№ п/п	Проверяемый признак	Выполнен, n (%)	Не выполнен, n (%)	Частично выполнен, n (%)	Нет данных, n (%)
3.6	Обеспечен достаточный контраст между фоном и текстом	17 (77,3)	0 (0,0)	3 (13,6)	2 (9,1)
4	Доступность тестов				
4.1	Есть тесты	8 (36,4)	14 (63,6)	0 (0,0)	0 (0,0)
4.2	Тест адекватно (последовательно, точно и правильно) воспроизводится программой экранного доступа	4 (18,2)	1 (4,5)	3 (13,6)	14 (63,6)
4.3	В тестах присутствуют рисунки	1 (4,5)	7 (31,8)	0 (0,0)	14 (63,6)
4.4	Рисунки имеют альтернативное описание	0 (0,0)	1 (4,5)	0 (0,0)	21 (95,5)
4.5	Отсутствуют упражнения, требующие хорошей координации зрения и манипуляций	8 (36,4)	0 (0,0)	0 (0,0)	14 (63,6)
4.6	Присутствует возможность обратной связи только с помощью клавиатуры (без визуального редактора)	7 (31,8)	0 (0,0)	1 (4,5)	14 (63,6)
4.7	Выполнение теста не ограничено по времени	6 (27,3)	2 (9,1)	0 (0,0)	14 (63,6)
5	Доступность заданий				
5.1	Есть задания	17 (77,3)	5 (22,7)	0 (0,0)	0 (0,0)
5.2	Задания адекватно (последовательно, точно и правильно) воспроизводятся программой экранного доступа	3 (13,6)	9 (40,9)	5 (22,7)	5 (22,7)
5.3	Присутствует возможность обратной связи только с помощью клавиатуры (без визуального редактора)	16 (72,7)	1 (4,5)	0 (0,0)	5 (22,7)
5.4	Выполнение заданий не требует обязательного использования зрения	8 (36,4)	2 (9,1)	7 (31,8)	5 (22,7)
5.5	В заданиях присутствуют рисунки	11 (50,0)	6 (27,3)	0 (0,0)	5 (22,7)
5.6	Рисунки в заданиях имеют альтернативное описание	0 (0,0)	11 (50,0)	0 (0,0)	11 (50,0)
6	Доступность математической нотации				
6.1	Есть математический контент	15 (68,2)	7 (31,8)	0 (0,0)	0 (0,0)
6.2	Математический контент представлен в виде рисунков	13 (59,1)	2 (9,1)	0 (0,0)	7 (31,8)
6.3	Математический контент представлен в формате видео	5 (22,7)	10 (45,5)	0 (0,0)	7 (31,8)
6.4	Математический контент представлен в формате LaTeX	7 (31,8)	8 (36,4)	0 (0,0)	7 (31,8)
6.5	Математический контент представлен в формате Mathml	6 (27,3)	9 (40,9)	0 (0,0)	7 (31,8)
6.6	Математический контент представлен другим способом	13 (59,1)	2 (9,1)	0 (0,0)	7 (31,8)
6.7	Если математический контент представлен в виде рисунка, присутствует его описание	0 (0,0)	13 (59,1)	0 (0,0)	9 (40,9)

Окончание прил. 2 /
 End of the appx. 2

№ п/п	Проверяемый признак	Выполнен, n (%)	Не выполнен, n (%)	Частично выполнен, n (%)	Нет данных, n (%)
6.8	Если математический контент представлен в формате видео, присутствует его тифлокомментирование	0 (0,0)	5 (22,7)	0 (0,0)	17 (77,3)
6.9	Для адекватного восприятия видео, содержащего математический контент, достаточно субтитров и/или стенограммы	0 (0,0)	2 (9,1)	0 (0,0)	20 (90,9)
6.10	Присутствуют дополнительные материалы для интерпретации видео, содержащего математический контент	3 (13,6)	2 (9,1)	0 (0,0)	17 (77,3)
6.11	Присутствует и доступна функция поиска по контенту с математической нотацией	0 (0,0)	15 (68,2)	0 (0,0)	7 (31,8)
6.12	Присутствует функция масштабирования математического контента	0 (0,0)	9 (40,9)	6 (27,3)	7 (31,8)
6.13	Математический контент адаптируется и адекватно воспроизводится для различных разрешений экрана	1 (4,5)	4 (18,2)	10 (45,5)	7 (31,8)
6.14	Видео, содержащие математический контент, имеют адекватную текстовую транскрипцию (стенограмму) формул	0 (0,0)	5 (22,7)	0 (0,0)	17 (77,3)
6.15	Присутствует функция озвучивания математического контента при помощи программы экранного доступа	9 (40,9)	0 (0,0)	6 (27,3)	7 (31,8)
6.16	Программа экранного доступа последовательно и точно озвучивает математический контент	1 (4,5)	6 (27,3)	8 (36,4)	7 (31,8)
7	Доступность программного кода				
7.1	Есть программный код	10 (45,5)	12 (54,5)	0 (0,0)	0 (0,0)
7.2	Программный код представлен в виде рисунков	4 (18,2)	6 (27,3)	0 (0,0)	12 (54,5)
7.3	Программный код представлен в формате видео	4 (18,2)	6 (27,3)	0 (0,0)	12 (54,5)
7.4	Программный код представлен в аутентичном виде (в виде кода)	7 (31,8)	3 (13,6)	0 (0,0)	12 (54,5)
7.5	Программный код представлен в виде файлов	3 (13,6)	7 (31,8)	0 (0,0)	12 (54,5)
7.6	Программный код представлен другим способом	4 (18,2)	6 (27,3)	0 (0,0)	12 (54,5)
7.7	Присутствует функция озвучивания программного кода при помощи программы экранного доступа	8 (36,4)	1 (4,5)	1 (4,5)	12 (54,5)
7.8	Программа экранного доступа адекватно озвучивает программный код	1 (4,5)	5 (22,7)	3 (13,6)	13 (59,1)
7.9	Предлагается сторонний онлайн-компилятор	0 (0,0)	10 (45,5)	0 (0,0)	12 (54,5)
7.10	Предлагается сторонний компилятор (программное обеспечение)	1 (4,5)	9 (40,9)	0 (0,0)	12 (54,5)
7.11	Компилятор встроен в курс	0 (0,0)	10 (45,5)	0 (0,0)	12 (54,5)

Оценка функций доступности онлайн-инструментов, рекомендованных в ЭОР для воспроизведения видео
Assessment of the accessibility features of online tools recommended in electronic educational resources for video playback

№ п/п	Проверяемый признак	Инструмент для воспроизведения видео (медиаплеер)				
		Mail.ru	Яндекс.Диск	ВКонтакте	YouTube	Moodle
1	Возможность регулирования громкости звука	1*	1	1	1	1
2	Возможность регулирования скорости воспроизведения	2	1	1	1	1
3	Доступность управления только с помощью клавиатуры	2	2	3	3	3
4	Видимость (подсветка) фокуса клавиатуры	–	–	3	1	1
5	Совместимость с программами экранного доступа	2	2	3	1	3
6	Поддержка синхронизированных субтитров	2	2	2	1	1
7	Поддержка стенограмм	2	2	2	1	2
8	Поддержка выбора позиционирования, размера и стилизации шрифтов субтитров	–	–	–	3	3
9	Навигация по стенограмме и по видео с помощью стенограммы	–	–	–	1	–
10	Высокий контраст между элементами управления и фоном	2	2	2	3	3
11	Адекватность воспроизведения на мобильных устройствах	3	1	3	1	1

* «1» — признак присутствует; «2» — признак отсутствует; «3» — признак присутствует для части интерфейса; «–» — сведения недоступны.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-23-30

МОТИВАЦИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ К ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЮ

К. А. Руцкая¹, А. Н. Буторин² ✉

¹ Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия

² Станция юных техников, г. Назарово, Красноярский край, Россия

✉ videonazarovo@mail.ru

Аннотация

В статье представлен опыт организации использования школьниками носимых электронных устройств (фитнес-трекеров) для повышения уровня физической активности. Существующие способы мотивации школьников к физической активности не дают должного результата. Школьные занятия физической культурой не могут восполнить дефицит движения. Во внеучебное время большинство школьников также не могут самостоятельно организовать свою физическую активность и выбирают мало-подвижные виды досуга. Одним из способов решения проблемы является использование фитнес-трекеров, которые обучающиеся делают сами. Использование фитнес-трекеров позволяет педагогу осуществлять мониторинг уровня физической активности школьников, совместно анализировать достижения, помогать организовывать физическую активность школьников во внеучебное время. Для решения проблемы авторы статьи разработали две экспериментальные программы дополнительного образования школьников с использованием фитнес-трекеров. Первая программа предусматривает регулярное контролируемое использование фитнес-трекеров в процессе обучения мультипликации. Вторая программа включает учебные задания по сборке и тестированию фитнес-трекеров в ходе обучения программированию. Вторая программа показала более высокую эффективность. Для статистической оценки результатов внедрения образовательных программ был использован Т-критерий Вилкоксона. В ходе реализации образовательных программ удалось повысить уровень физической активности обучающихся на 7–15 %. Авторы дают рекомендации по использованию фитнес-трекеров в системе дополнительного образования.

Ключевые слова: дополнительное образование, обучение программированию, мотивация обучающихся, физическая активность, фитнес-трекер.

Для цитирования:

Руцкая К. А., Буторин А. Н. Мотивация обучающихся к физической активности в процессе обучения программированию. *Информатика и образование*. 2021;36(9):23–30. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-23-30

STUDENT MOTIVATION TO PHYSICAL ACTIVITY IN THE PROCESS OF PROGRAMMING TRAINING

K. A. Rutskaya¹, A. N. Butorin² ✉

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

² Station of Young Technicians, Nazarovo, Krasnoyarsk Region, Russia

✉ videonazarovo@mail.ru

Abstract

The article presents the experience of organizing the use of wearable electronic devices (fitness trackers) by schoolchildren to solve the problem of low physical activity. The existing methods of motivating schoolchildren to increase the level of physical activity do not give the desired result. Physical education classes in school cannot compensate for the movement deficit. During extracurricular hours, most schoolchildren also cannot organize their physical activity independently and choose sedentary types of leisure. One way to tackle the problem is to encourage the use of fitness trackers. The use of fitness trackers allows the teacher to monitor the level of physical activity of schoolchildren, analyze the achievements jointly, and help organize the physical activity of schoolchildren outside the classroom. To solve the problem, the authors of the article have developed two experimental programs of supplementary education for schoolchildren with the use of fitness trackers. The first program involves the regular, supervised use of fitness trackers in animation training. The second program includes training assignments for assembling and testing fitness trackers in the course of programming training. The second program showed higher efficiency. For the statistical assessment of the results of the educational programs implementation, the Wilcoxon T-test was used. The implementation of educational programs led to increase of the level of physical activity of students by 7–15 %. The authors give recommendations on the use of fitness trackers in the supplementary education system.

Keywords: supplementary education, programming training, motivation of students, physical activity, fitness tracker.

For citation:

Rutskaya K. A., Butorin A. N. Student motivation to physical activity in the process of programming training. *Informatics and Education*. 2021;36(9):23–30. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-23-30 (In Russian.)

1. Введение

Проблема недостаточной физической активности школьников особо актуальна в последнее десятилетие [1]. Примерно у 80 % школьников выявляется недостаток движения [2, 3]. Влияние физической активности на физическое и психосоматическое здоровье достаточно изучено [4,5]. Выявлено влияние физической активности на когнитивные возможности школьников [6]. К основным причинам роста числа детей и подростков, ведущих малоподвижный образ жизни, относят нерациональное использование компьютеров, смартфонов во время досуга [7,8]. Также причина заключается в том, что двигательный режим школьников в процессе выполнения домашней работы и досуга не нормируется, а занятия физической культурой в школе не являются ежедневными. Более половины школьников не могут самостоятельно организовывать свою физическую активность [9].

Существующие меры решения проблемы не позволяют значительно повысить уровень двигательной активности школьников. «Популяционная и вторичная массовые профилактики не обеспечивают в современных условиях желаемых результатов, в существующем виде они исчерпали свои возможности. Дети, подростки и молодежь на них практически не реагирует, и они не дают ожидаемого и прогнозируемого эффекта» [10]. В то же время при формировании здорового образа жизни возникает необходимость использования современных информационно-коммуникационных и дистанционных технологий, в том числе с применением геймификации [11]. Необходим также персонализированный подход к школьникам, разработка персональных дорожных карт профилактической и оздоровительной работы [10].

Одним из способов решения обозначенной проблемы является *использование носимых устройств школьниками при обучении в учреждениях дополнительного образования*. Использование фитнес-трекеров позволяет осуществлять мониторинг уровня физической активности школьников, организовывать их физическую активность во внеучебное время [12]. Система дополнительного образования позволяет в короткие сроки внедрять в образовательный процесс экспериментальные решения, в том числе дистанционные образовательные технологии, цифровые технологии [13, 14]. В статье предлагается использование носимых электронных устройств при реализации дополнительных образовательных программ, наше наблюдение позволило оценить эффективность данного подхода.

2. Зарубежный и отечественный опыт использования фитнес-трекеров

На данный момент уже проведено множество исследований уровня физической активности детей дошкольного и школьного возраста с использова-

нием носимых устройств (см., например, [15–17]). Традиционно в большинстве исследований единичей измерения физической активности выбирается количество пройденных шагов в течение заданного времени или потраченные килокалории.

В 2020 году на базе Сиднейского университета был проведен мета-анализ исследований, в которых изучалась эффективность использования фитнес-трекеров и мобильных приложений для повышения уровня физической активности взрослых [18]. Всего в мета-анализ было включено 28 исследований, проведенных в период с 2007 по 2020 год. Суммарное количество человек во всех выборках достигло 7454. Анализировали следующие параметры: количество шагов за день; общая длительность физической активности за день; расход калорий за день и др. По результатам мета-анализа была выявлена умеренная положительная динамика показателей. Среднестатистическое количество шагов увеличилось на 1850 в день. Также было выявлено, что методы с использованием текстовых сообщений и с персонализированным подходом являются наиболее эффективными.

В российском исследовании [19] авторы произвели оценку эффективности программ профилактики низкой физической активности с использованием фитнес-трекеров. В исследовании участвовали 36 офисных сотрудников. Корпоративная программа повышения уровня физической активности длилась 16 недель. В ходе исследования было отмечено повышение среднего количества шагов, совершенных за день. Уже на четвертой неделе количество шагов увеличилось на 2000 у женщин и на 1130 у мужчин. На 12-й неделе количество шагов увеличилось на 3066 у женщин и на 2051 у мужчин. Между 6-й и 7-й неделями наблюдалось снижение физической активности, а на 9-й и 11-й неделях наблюдались пики физической активности. Снижение физической активности, предположительно, было связано со спадом мотивации, а пики вызваны соревновательным компонентом. По результатам опроса, проведенного на 26-й неделе после окончания программы, 13 из 36 участников продолжали пользоваться фитнес-трекерами для анализа собственной активности.

Другое исследование [20] проводилось на двух группах школьников: экспериментальной из 40 человек и контрольной из 45 человек. Участникам из обеих групп выдали электронные шагомеры и поставили цель — проходить 10 000 шагов в день. Школьники из экспериментальной группы были обучены стратегиям саморегуляции, школьники из контрольной группы никаких рекомендаций не получали. Через три недели физическая активность школьников из экспериментальной группы повысилась в среднем с 7938 до 9288 шагов в день. В контрольной группе не наблюдалось статистически значимых изменений. Этот эксперимент показывает, что использование носимых устройств не гарантирует повышения уровня физической активности, если со школьниками не будет проведена педагогическая работа.

В работе [21] представлены примеры и перспективы использования фитнес-трекеров на уроках физической культуры, в том числе во внеучебное время. Один из вариантов предполагает использование учащимися фитнес-трекеров во внеучебное время для подсчета шагов. В другом варианте учащиеся используют фитнес-трекеры дома при выполнении предварительно разработанного учителем физической культуры комплекса упражнений. В третьем варианте учащиеся оценивают продолжительность ежедневной физической активности. Все вышеописанные варианты предполагают участие учителя физической культуры, который анализирует статистику с фитнес-трекера на каждом занятии в школе. Статистика внеучебной физической активности может учитываться при выставлении оценок по физической культуре.

Существует отечественный опыт успешного использования мобильных приложений для повышения физической активности школьников в дистанционном формате [22]. Для мониторинга физической активности участников использовали мобильное приложение Strava. Приложение позволяет получать данные физической активности от большинства существующих фитнес-трекеров. Участники в течение 10 дней выполняли предложенные на выбор задания: бег, ходьба или ходьба на лыжах. Победитель соревнований определялся по количеству дистанционных форм организации позволило привлечь школьников к систематическим занятиям спортом.

3. Методы исследования

Для повышения уровня физической активности школьников авторами были разработаны и реализованы две экспериментальные образовательные программы дополнительного образования. Исследование проводилось на базе МБОУ ДО «Станция юных техников» в городе Назарово Красноярского края. В рамках обеих программ обучающиеся ежедневно носили фитнес-трекеры и один раз в неделю на занятиях анализировали с педагогом свои успехи (количество пройденных шагов), ставили индивидуальные цели повышения физической активности на следующую неделю, обсуждали способы. Каждый обучающийся использовал на протяжении исследования одно и то же устройство.

Для оценки статистической значимости результатов эксперимента был использован Т-критерий Вилкоксона.

В 2018/2019 учебном году была реализована экспериментальная программа «Студия мультипликации» (144 ч, 20 обучающихся в возрасте 12–17 лет). Два раза в неделю группа посещала два занятия по 45 минут с 10-минутным перерывом между ними. Основным видом деятельности на занятиях было создание мультфильмов в программах Synfig Studio и Krita, сидя за компьютерами. На переменах между двумя занятиями педагог организовывал серию фи-

зических упражнений, обучал их правильному выполнению. Отметим, что содержание мультфильмов не было связано с физической активностью, популяризацией здорового образа жизни.

На первой неделе занятий педагог предложил обучающимся наблюдать динамику физической активности с помощью фитнес-трекеров. Из 20 участников согласились участвовать в наблюдении 15 человек. У каждого из участников было индивидуальное носимое устройство. В течение первых двух недель обучающиеся с интересом предоставляли данные о пройденных каждым шагах в течение недели между занятиями. Начиная с третьей недели некоторые обучающиеся отказывались от продолжения наблюдений.

Один раз в неделю обучающиеся предоставляли данные с фитнес-трекеров, накопленные за неделю, анализировали их совместно с педагогом. А также планировали способы повышения уровня физической активности на предстоящей неделе.

В 2020/2021 году была реализована экспериментальная образовательная программа «Программируйте на здоровье!» (72 ч, 20 обучающихся в возрасте 9–17 лет). Программа представлена в «Навигаторе дополнительного образования Красноярского края» [23]. Режим занятий: один раз в неделю по два 45-минутных занятия с выполнением физических упражнений между занятиями.

В течение двух месяцев обучающиеся программировали алгоритмы работы фитнес-трекеров, созданных на основе электронного конструктора Arduino. Изначально устройство представляло собой сборку из следующих комплектующих: модуля Arduino Pro Micro, модуля акселерометра MPU 6050, источника питания CR2032 (рис. 1, слева). Для формирования тактильного сигнала использовался миниатюрный электродвигатель с эксцентриком на валу. Обмен данными осуществлялся при подключении устройства к USB-порту компьютера. Носить устройство можно было в кармане. При подсчете шагов устройства показывали точность, схожую с фитнес-трекерами, использовавшимися в программе «Студия мультипликации». Погрешность измерений не превышала 5 %.

Для повышения удобства использования устройства нами была разработана печатная плата, позволяющая компактно разместить все необходимые электронные комплектующие (рис. 1, в центре). Для ввода и вывода информации на плате дополнительно были установлены тактовая кнопка и четыре светодиода. Также нами был разработан корпус устройства. Корпус вставляется в силиконовый чехол с зажимом для крепления на одежду (рис. 1, справа).

Программирование устройств осуществлялось в среде разработки Arduino IDE. В процессе образовательной программы обучающиеся, имеющие достаточный опыт в программировании, разрабатывали алгоритмы работы шагомера, функцию определения уровня физической активности, прорабатывали алгоритм сохранения данных. Педагог предлагал обучающимся самостоятельно найти в интернете

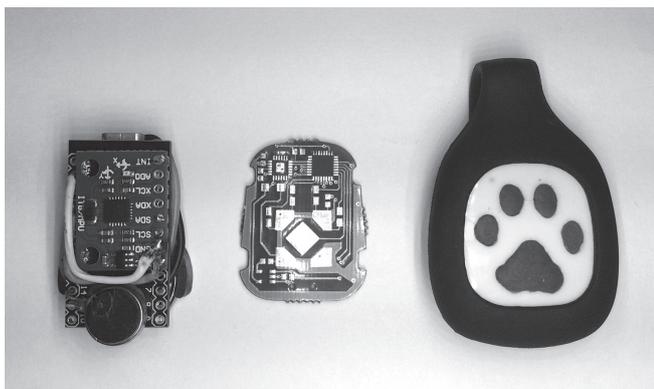


Рис. 1. Устройство на базе Arduino Pro Micro (слева), печатная плата (по центру), устройство в силиконовом чехле с зажимом для крепления на одежду (справа)

Fig. 1. Arduino Pro Micro based device (left), circuit board (center), device and silicone case with clothes clip (right)

необходимую информацию о программировании заданной функции устройства, например, о считывании данных с акселерометра. Если обучающиеся не могли найти необходимую информацию, педагог помогал найти необходимые инструкции. Обучающиеся с более низким уровнем навыков программирования вносили изменения в предоставленные им программы, загружали их в устройства и наблюдали за изменениями в работе устройства. При этом часть программы, отвечающая за учет количества шагов и сохранение данных в памяти устройства, оставалась без изменений.

Обучающиеся носили фитнес-трекеры между посещениями занятий программы не менее восьми часов в день. Значимыми для эксперимента были данные по количеству пройденных шагов. Данные по количеству шагов сохранялись в энергонезависимой памяти устройств и считывались при подключении к компьютеру в среде Arduino IDE через монитор порта.

Базовое отличие от реализации программы «Студия мультипликации» состоит в том, что физическая активность была необходима для тестирования устройства.

4. Результаты исследования

Обучающиеся обеих программ использовали фитнес-трекеры на добровольной основе. В ходе реализации программы «Студия мультипликации» была выявлена высокая заинтересованность обучающихся в создании мультфильмов. Однако они не всегда хотели переключаться на выполнение физических упражнений и обсуждение данных с фитнес-трекеров. Обучающиеся программы «Программируйте на здоровье!», наоборот, старались на переменах выполнить как можно больше упражнений для проверки работоспособности созданных программ для устройства.

Обучающиеся по программе «Студия мультипликации», которые были заинтересованы исклю-

чительно в создании мультфильмов, прекратили использование фитнес-трекеров преждевременно. В течение двух месяцев носили устройства только шесть человек из 20. К концу образовательной программы у них было отмечено повышение количества шагов в среднем на 8–15 %. Пятеро обучающихся предпочли не носить устройства вообще, занимались исключительно по предмету мультипликации. Один обучающийся носил устройства в течение шести недель, трое обучающихся — в течение четырех недель, один обучающийся — в течение двух недель, четверо обучающихся носили устройства только в период первой недели.

В таблице 1 представлены значения количества шагов за день обучающихся программы «Студия мультипликации». Первые две недели использования устройств были диагностическими, никаких целей по увеличению количества шагов не ставилось. За этот период не было отмечено значимых изменений. Далее школьники с педагогом подбирали для себя индивидуальный план повышения уровня физической активности, ставили цель, сколько шагов в день они будут проходить. Школьнику предлагалось выбрать индивидуальную цель от 6000 до 10 000 шагов за день. По данным исследований именно такое количество шагов за день способствует поддержанию и укреплению здоровья [24]. Увеличение количества шагов свыше 10 000 в день не дает значимого эффекта. По желанию, школьникам можно было выбрать другую цель.

Проанализируем результаты обучающихся образовательной программы «Студия мультипликации» с помощью Т-критерия Вилкоксона. Т-критерий Вилкоксона — это статистический тест, позволяющий выявить направленность и выраженность изменений в одной и той же выборке численностью от пяти человек. Если учитывать данные только тех учеников, которые носили устройства в течение двух месяцев, получаем выборку из шести человек. Для выборки из шести человек:

$$T_{кр1} = 0 (p \leq 0.01), T_{кр2} = 2 (p \leq 0.05).$$

Здесь:

$T_{кр1}$ — это критическое значение Т-критерия при уровне значимости $p \leq 0.01$. Если полученное в ходе исследования эмпирическое значение Т-критерия ($T_{эмп}$) меньше значения $T_{кр1}$, то можно говорить о статистически значимом изменении параметра;

$T_{кр2}$ — это критическое значение Т-критерия при уровне значимости $p \leq 0.05$. При превышении этого критического значения значением $T_{эмп}$ опровергается статистическая значимость изменений.

Если оценивать динамику, сравнивая значения за первую неделю со значениями за восьмую неделю, получим значение $T_{эмп} = 3$. Поскольку $T_{эмп} > T_{кр1}$ ($p \leq 0,01$), то мы не можем говорить о статистически значимых изменениях. Если также учитывать динамику физической активности тех учеников, которые носили устройства менее двух месяцев,

Таблица 1 / Table 1

Количество шагов за день обучающихся по программе «Студия мультипликации»
The number of steps per day of students in the "Animation Studio" program

Обучающийся	Количество шагов за день							
	1-я неделя	2-я неделя	3-я неделя	4-я неделя	5-я неделя	6-я неделя	7-я неделя	8-я неделя
1	9370	9430	9390	9450	9490	9560	9540	10120
2	6380	6140	6100	5590	6020	6460	6330	6440
3	5730	5820	5970	5870	5850	6330	6140	6450
4	5420	5440	5530	5890	5580	5520	5450	5390
5	5340	5450	5420	5640	5414	6010	5876	5920
6	2920	2970	2990	3140	3130	2980	3220	2890
7	4520	4580	4760	4710	4530	4470	—	—
8	8030	8140	8410	8380	—	—	—	—
9	4090	4420	4360	4490	—	—	—	—
10	3790	4150	3890	4110	—	—	—	—
11	7570	7850	—	—	—	—	—	—
12	5520	—	—	—	—	—	—	—
13	4830	—	—	—	—	—	—	—
14	3568	—	—	—	—	—	—	—
15	2940	—	—	—	—	—	—	—

получаем выборку из 10 человек. Для этой выборки $T_{кр1} = 5$ ($p \leq 0,01$), $T_{кр2} = 10$ ($p \leq 0,05$). Получили значение $T_{эмп} = 6$. Поскольку $T_{эмп} > T_{кр1}$ ($p \leq 0,01$), нельзя сказать о значимой положительной динамике.

Первые две недели использования носимых устройств в ходе реализации программы «Программируйте на здоровье!» были диагностическими: обучающиеся не ставили перед собой цель больше двигаться, только испытывали разработанные алгоритмы. Начиная с третьей недели обучающиеся ставили себе индивидуальную цель: проходить от 6000 до 10 000 шагов за день. Благодаря вовлеченности в процесс программирования носимых устройств обучающиеся с большим интересом использовали устройства во внеучебное время. Из 20 обучающихся 14 человек регулярно носили устройства дома в течение двух месяцев. Уровень их физической активности повысился в среднем на 7–14 %. Двое обучающихся предпочли не использовать носимые устройства дома с самого начала занятий, но на занятиях активно изучали программирование. Трое обучающихся носили устройства во внеучебное время менее двух месяцев, в течение шести, четырех, трех недель. Тем не менее удалось проследить динамику их двигательной активности. Один из обучающихся носил устройство только в период первой недели, его данные в расчетах не учитывались. В таблице 2 пред-

ставлены значения количества шагов за день обучающихся программы «Программируйте на здоровье!».

Проанализируем результаты обучающихся образовательной программы «Программируйте на здоровье!» Если учитывать данные только тех учеников, которые носили устройства в течение двух месяцев, получаем выборку из 14 человек. Для выборки из 14 человек $T_{кр} = 15$ ($p \leq 0,01$), $T_{кр} = 25$ ($p \leq 0,05$). Если оценивать динамику, сравнивая значения за первую неделю со средними значениями за восьмую неделю, то получим значение $T_{эмп} = 10$. Поскольку $T_{эмп} < T_{кр}(0,01)$, то признается статистическая значимость изменений показателя в сторону увеличения. Если также учитывать динамику физической активности тех учеников, которые носили устройства менее двух месяцев, получаем выборку из 17 человек. Для этой выборки $T_{кр} = 27$ ($p \leq 0,01$), $T_{кр} = 41$ ($p \leq 0,05$). Динамику физической активности двух школьников оценивали, сравнивая средние показатели за первую неделю со значениями за последнюю неделю использования фитнес-трекеров — третью, четвертую недели. Динамику одного обучающегося оценивали, сравнивая значения за первую неделю со средними значениями за шестую неделю. Получили значение $T_{эмп} = 24,5$. Поскольку $T_{эмп} < T_{кр}(0,01)$, то статистическая значимость в сторону увеличения также очевидна.

Таблица 2 / Table 2

Количество шагов за день обучающихся по программе «Программируйте на здоровье!»
The number of steps per day of students in the "Program for your health!" program

Обучающийся	Количество шагов за день							
	1-я неделя	2-я неделя	3-я неделя	4-я неделя	5-я неделя	6-я неделя	7-я неделя	8-я неделя
1	10520	10750	10370	10967	11090	10920	11530	11650
2	9600	9640	10080	10670	10780	10720	10700	10940
3	9710	9920	9950	10110	10310	10440	10360	10280
4	9490	9880	9560	10020	9790	10220	10280	10250
5	9160	9180	9220	8570	9210	9150	9190	8910
6	8190	8870	8830	8790	9130	9560	9241	9550
7	8640	8690	9110	8850	8690	9190	9370	9480
8	8460	8670	8850	8920	8840	9210	9280	9330
9	8300	8350	8490	8510	8830	9370	9120	9280
10	7140	6550	6670	6810	6900	7120	6600	6310
11	7090	7500	7680	7410	7240	7210	7520	7440
12	3760	4290	4550	4330	4120	4760	4930	5330
13	4080	4260	4560	4420	4630	4190	4680	4790
14	4530	4550	4490	4770	4690	4810	4530	4420
15	8080	7830	8120	8150	7790	7190	—	—
16	5900	6040	6130	6150	—	—	—	—
17	3770	4180	4360	—	—	—	—	—
18	7130	—	—	—	—	—	—	—

На рисунке 2 отображена динамика изменения количества шагов по неделям. Графики отображают среднее значение количества шагов среди обучаю-

щихся. Как видно из графиков, обучающиеся программы «Программируйте на здоровье!» с первой недели использования устройств ходили больше

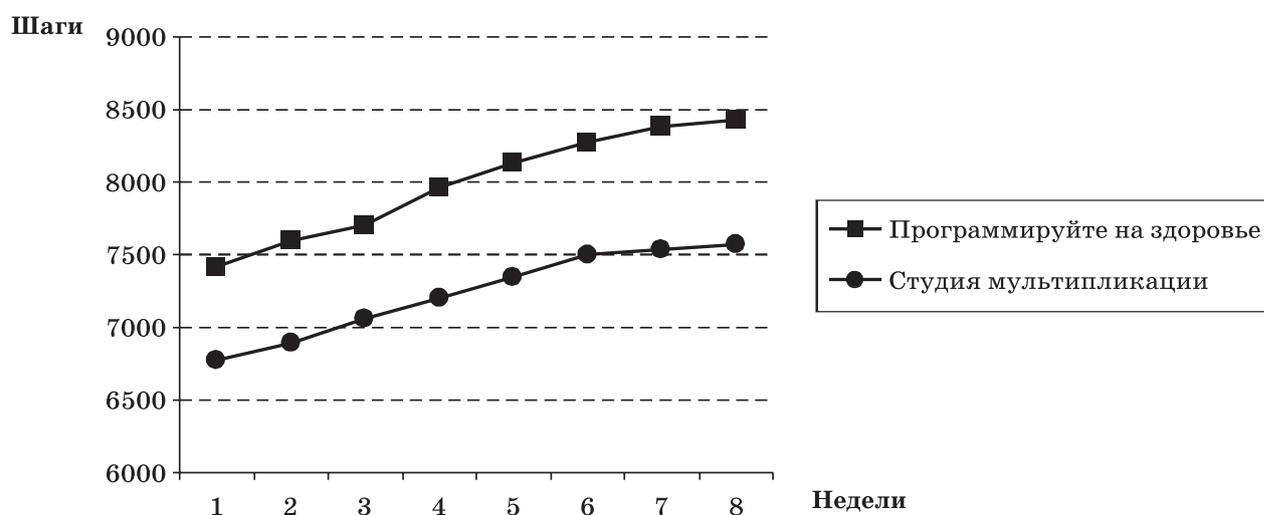


Рис. 2. Среднее значение шагов за день
 Fig. 2. Average daily steps

и показали больший, по сравнению с обучающимися по программе «Студия мультипликации», прирост количества шагов. Среднее значение количества шагов по этой программе увеличилось с 7419 до 8426, прирост составил 1007 шагов. По программе «Студия мультипликации» среднее значение количества шагов увеличилось с 6777 до 7570, прирост составил 793 шага.

5. Выводы

В ходе реализации экспериментальных образовательных программ была подтверждена возможность использования носимых устройств в системе дополнительного образования для мониторинга и повышения уровня физической активности школьников. При этом, как показал опыт, необходимо обеспечить взаимосвязь использования фитнес-трекеров с предметным материалом образовательной программы. Оптимальные, по нашему мнению, направления образовательных программ — это программирование и физическая культура. Для повышения эффективности использования фитнес-трекеров школьниками необходимо максимально индивидуализировать способы повышения физической активности, ставить индивидуальные цели. Акцент необходимо делать на внутренней мотивации школьников к физической активности, педагогу следует на своем примере показывать преимущества здорового образа жизни.

Полученные в ходе эксперимента данные позволяют сделать предположение о том, что физическая активность в образе жизни современных обучающихся не зависит от возраста, а, скорее всего, является прямым следствием культуры физической активности семьи, педагогов и близких товарищей.

Список источников / References

1. Кучма В. Р. Вызовы XXI века: гигиеническая безопасность детей в изменяющейся среде (часть I). *Вопросы школьной и университетской медицины и здоровья*. 2016;(3):4–21. Режим доступа: http://schoolshealth.ru/docs/3-2016/Kuchma%20VR_3-2016_4-22.pdf
2. Guthold R., Stevens G. A., Riley L. M., Bull F. C. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1,6 million participants. *Lancet Child & Adolescent Health*. 2020;4(1):23–35. DOI: 10.1016/S2352-4642(19)30323-2
3. Соколова С. Б. Распространенность поведенческих факторов риска, определяющих здоровье, среди обучающихся 7–8 и 10–11 классов г. Москвы. *Здоровье населения и среда обитания*. 2018;(8):4–10. Режим доступа: <https://zniso.fcgie.ru/jour/article/view/398/391>
4. Sokolova S. B. The prevalence of behavioral risk factors, determining health state, among Moscow schoolchildren of 7–8 and 10–11 grades. *Population Health and Life Environment*. 2018;(8):4–10. Available at: <https://zniso.fcgie.ru/jour/article/view/398/391>
5. Tarp J., Child A., White T., et al. Physical activity intensity, bout-duration, and cardiometabolic risk markers in

- children and adolescents. *International Journal of Obesity*. 2018;42(9):1639–1650. DOI: 10.1038/s41366-018-0152-8
6. Pop C. L. Physical and health education facing the technology challenge. *Physical Education of Students*. 2016;20(2):45–49. DOI: 10.15561/20755279.2016.0207
7. Pindus D. M., Drollette E. S., Raine L. B., Kao Shih-Chun, Khan N., Westfall D. R., Hamill M., Shorin R., Calobrisi E., Dinesh J., Kramer A. F., Hillman C. H. Moving fast, thinking fast: the relations of physical activity levels and bouts to neuroelectric indices of inhibitory control in preadolescents. *Journal of Sport and Health Science*. 2019;8(4):301–314. DOI: 10.1016/j.jshs.2019.02.003
8. Leis R., Jurado-Castro J. M., Llorente-Cantarero F. J., Anguita-Ruiz A., Iris Rupérez A., Bedoya-Carpente J. J., Vázquez-Cobela R., Aguilera C. M., Bueno G., Gil-Campos M. Cluster analysis of physical activity patterns, and relationship with sedentary behavior and healthy lifestyles in prepubertal children: Genobox cohort. *Nutrients*. 2020;12(5):1288–1302. DOI: 10.3390/nu12051288
9. Лигута В. Ф., Лигута А. В. Двигательная активность и досуговая деятельность школьников как основа организации физической культуры и спорта по месту жительства. *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2017;(3-4):107–111.
10. Liguta V. F., Liguta A. V. Physical activity and leisure activities of schoolchildren as the basis for the organization of physical culture and sports at the place of residence. *Actual Problems of the Humanities and Natural Sciences*. 2017;(3-4):107–111.
11. Щуров А. Г., Чурганов О. А., Гаврилова Е. А. Динамика показателей физической активности школьников в свободное от учебных занятий время. *Ученые записки университета им. П. Ф. Лесгафта*. 2015;(12):296–301. Режим доступа: <http://lesgaft-notes.spb.ru/files/12-130-2015/p296-301.pdf>
12. Shchurov A. G., Churganov O. A., Gavrilova E. A. Dynamics of physical activity indicators among the schooled children in their free from school time. *Uchenye zapiski universiteta imeni P. F. Lesgafta (Scientific Notes of the P. F. Lesgaft University)*. 2015;(12):296–301. Available at: <http://lesgaft-notes.spb.ru/files/12-130-2015/p296-301.pdf>
13. Кучма В. Р. Популяционная и персонализированная гигиена детей и подростков в обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия подрастающего поколения страны. *Прикладные информационные аспекты медицины*. 2018;21(3):16–27. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_35129831_76255471.pdf
14. Kuchma V. R. Population and personalized hygiene of children and adolescents in providing sanitary and epidemiological wellbeing of the country's growing generation. *Applied Information Aspects of Medicine*. 2018;21(3):16–27. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_35129831_76255471.pdf
15. Карманова Е. В., Шелеметьева В. А. Тяжелая и легкая геймификация при обучении: что выбрать? *Информатика и образование*. 2020;35(1):20–27. DOI: 10.32517/0234-0453-2020-35-1-20-27
16. Karmanova E. V., Shelemetyeva V. A. Hard and light gamification education: Which one to choose? *Informatika and Education*. 2020;35(1):20–27. DOI: 10.32517/0234-0453-2020-35-1-20-27
17. Stradze A. E., Pushkina V. N., Fedorova E. Yu., Gernet I. N., Sizov A. E., Emelyanov A. V. Study of school child motor activity using individual wearable devices — fitness-trackers. *Religación. Revista De Ciencias Sociales Y Humanidades*. 2019;4(20):138–143. Available at: <https://revista.religacion.com/index.php/religacion/article/view/486>
18. Кисарин А. С. Проблемы инноваций в дополнительном образовании в условиях цифровизации образования. *Заметки ученого*. 2021;(6-1):159–162. Режим доступа: <http://nauka-prioritet.ru/wp-content/uploads/2021/06/Май-2021-6-часть-1.pdf>

Kisarin A. S. Problems of innovation in additional education in the context of digitalization of education. *Scientist Notes*. 2021;(6-1):159–162. Available at: <http://наука-prioritet.ru/wp-content/uploads/2021/06/Май-2021-6-часть-1.pdf>

14. Бозачёва В. В. Дистанционное образование для детей дошкольного возраста как инновация в системе дополнительного образования. *Вестник педагогических наук*. 2019;(3):4–9. Режим доступа: <http://vpn-journal.ru/wp-content/uploads/2020/08/vestnik-pedagogicheskikh-nauk-3-2019.pdf>

Bogachyova V. V. Distance education for preschool children as an innovation in the system of additional education. *Bulletin of Pedagogical Sciences*. 2019;(3):4–9. Available at: <http://vpn-journal.ru/wp-content/uploads/2020/08/vestnik-pedagogicheskikh-nauk-3-2019.pdf>

15. Beltran-Valls M. R., Janssen X., Abdulaziz F., Adamson A. J., Pearce M. S., Reilly J. K., Basterfield L., Reilly J. J. Longitudinal changes in vigorous intensity physical activity from childhood to adolescence: Gateshead Millennium Study. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2019;22(4):450–455. DOI: 10.1016/j.jsams.2018.10.010

16. Sigmund E., Sigmundová D., Badura P., et al. Time trends: a ten-year comparison (2005–2015) of pedometer-determined physical activity and obesity in Czech preschool children. *BMC Public Health*. 2016;16(1):560–570. DOI: 10.1186/s12889-016-3269-5

17. Mitchell J. A., Dowda M., Pate R. R., Kordas K., Froberg K., Sardinha L. B., Kolle E., Page A. Physical Activity and Pediatric Obesity: a Quantile Regression Analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2017;49(3):466–473. DOI: 10.1249/MSS.0000000000001129

18. Laranjo L., Ding D., Heleno B., et al. Do smartphone applications and activity trackers increase physical activity in adults? Systematic review, meta-analysis and metaregression. *British Journal of Sports Medicine*. 2020;55(8):422–432. DOI: 10.1136/bjsports-2020-102892

19. Фесенко М. А., Геворкян Э. В., Рыбаков И. А. Оценка эффективности программ профилактики низкой физической активности с использованием фитнес-трекеров у офисных работников. *Здоровье населения и среда обитания*. 2017;(9):43–46. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_30149951_92612740.pdf

Fesenko M. A., Gevorkyan E. V., Rybakov I. A. Assessment of effectiveness of programs of prophylaxis of low physical activity with use of fitness trackers at office workers. *Population Health and Life Environment*. 2017;(9):43–46. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_30149951_92612740.pdf

20. Liao A. K., Neihart M., Chua Tee Teo, Li Shan Goh, Pony Chew. A quasi-experimental study of a fitbit-based self-regulation intervention to improve physical activity, well-being, and mental health. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*. 2018;21(11):727–734. DOI: 10.1089/cyber.2016.0502

21. Закиров Ф. Х., Красильников А. А., Лубышев Е. А. Фитнес-трекеры на уроках физической культуры: примеры и перспективы. *Московский экономический журнал*. 2020;(4):584–592. DOI: 10.24411/2413-046X-2020-10244

Zakirov F. H., Krasil'nikov A. A., Lubyshchev E. A. Fitness-trackers in physical education: examples and perspectives. *Moscow Economic Journal*. 2020;(4):584–592. DOI: 10.24411/2413-046X-2020-10244

22. Солодовник Е. М. Дистанционные проекты кафедры физической культуры, направленные на улучшение двигательной активности школьников в период дистанционного обучения. *Вопросы педагогики*. 2021;(2-1):164–167.

Solodovnik E. M. Distance projects of the Department of Physical Culture, aimed at improving the motor activity of schoolchildren during distance learning. *Questions of Pedagogy*. 2021;(2-1):164–167.

23. Буторин А. Н. Программа дополнительного образования детей «Программируйте на здоровье!». Режим доступа: <https://navigator.dvpion.ru/program/21658-programmiruite-na-zdorove>

Butorin A. N. Program of additional education for children “Program for health!”. Available at: <https://navigator.dvpion.ru/program/21658-programmiruite-na-zdorove>

24. Paluch A. E., et al. Steps per day and all-cause mortality in middle-aged adults. *JAMA Network Open*. 2021;4(9):1–12. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2021.24516

Информация об авторах

Рущая Ксения Анатольевна, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий обучения и непрерывного образования, Институт педагогики, психологии и социологии, Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-1989-553X>; *e-mail*: kbazhenova@sfu-kras.ru

Буторин Александр Николаевич, педагог дополнительного образования, Станция юных техников, г. Назарово, Красноярский край, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-0000-8128>; *e-mail*: videonazarovo@mail.ru

Information about authors

Kseniya A. Rutskaya, Candidate of Sciences (Education), Docent, Associate Professor at the Department of Information Technologies in Education and Lifelong Learning, Institute of Education, Psychology and Sociology, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-1989-553X>; *e-mail*: kbazhenova@sfu-kras.ru

Alexander N. Butorin, Teacher of Supplementary Education, Station of Young Technicians, Nazarovo, Krasnoyarsk Region, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-0000-8128>; *e-mail*: videonazarovo@mail.ru

Поступила в редакцию / Received: 15.09.2021.

Поступила после рецензирования / Revised: 18.10.2021.

Принята к печати / Accepted: 19.10.2021.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-31-39

НЕЗАВИСИМАЯ ОЦЕНКА СФОРМИРОВАННОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ ЦИФРОВЫХ НАВЫКОВ ОБУЧАЮЩИХСЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ: ПОДХОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

И. П. Половина¹, А. П. Шестаков² ✉, В. А. Захарова¹, К. Б. Егоров¹

¹ Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия

² Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

✉ shestakov@pspu.ru

Аннотация

Цель статьи — представить и осмыслить результаты независимой оценки сформированности отдельных цифровых навыков учащихся общеобразовательных организаций. Проблема оценки цифровых навыков актуальна в свете международных исследований качества образования PISA, включающих изучение данной компетенции в различных аспектах. Цифровая грамотность является стратегическим направлением развития системы образования Российской Федерации, Пермского края, города Перми.

В исследовании представлена оценка цифровых навыков учащихся восьмых классов в аспектах умения решать задачи в цифровом контексте и безопасного поведения в цифровой среде (на примере школьников города Перми).

Основой исследования являются: компетентностный подход, рассмотрение цифровых навыков в контексте оценки функциональной грамотности, использование больших данных для принятия управленческих решений в сфере образования, подходы к реализации независимой оценки в сфере образования.

Выделены наиболее дефицитные навыки обучаемых в аспектах цифровой безопасности и решения задач в цифровом контексте: критическое отношение к информации в сети Интернет; подбор интернет-источников под практическую задачу; оценка возможностей цифровых инструментов для решения практических задач. Исследование показало необходимость совершенствования подготовки учащихся к использованию цифровых технологий для решения практических задач. Результаты проделанной работы позволили сформулировать рекомендации по подготовке учителей общеобразовательных организаций, преподающих различные предметы, а также студентов, обучающихся по педагогическим направлениям подготовки. Выявленные дефицитные навыки учащихся показывают необходимость совершенствования методики преподавания информатики.

Авторы подчеркивают потребность в осмыслении проблемы независимой оценки цифровых навыков как междисциплинарной проблемы, затрагивающей вопросы общей педагогики, методики преподавания информатики, педагогики профессионального образования, метапедагогики и метаметодики, проблемы анализа больших данных для принятия управленческих решений в сфере образования.

Ключевые слова: цифровые навыки, независимая оценка качества образования, анализ больших данных, общее образование, профессиональное образование по педагогическим направлениям подготовки, функциональная грамотность, цифровая безопасность, решение задач в цифровом контексте.

Для цитирования:

Половина И. П., Шестаков А. П., Захарова В. А., Егоров К. Б. Независимая оценка сформированности отдельных цифровых навыков обучающихся общеобразовательных организаций: подходы и результаты. *Информатика и образование*. 2021;36(9):31–39. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-31-39

INDEPENDENT ASSESSMENT OF THE SEVERAL DIGITAL SKILLS OF SECONDARY SCHOOL STUDENTS: APPROACHES AND RESULTS

I. P. Polovina¹, A. P. Shestakov² ✉, V. A. Zakharova¹, K. B. Egorov¹

¹ Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia

² Perm State University, Perm, Russia

✉ shestakov@pspu.ru

Abstract

The article presents and comprehends the results of an independent assessment of several digital skills of students of general education organizations. The problem of assessing digital skills is relevant the PISA international research on the quality of education,

which includes the study of this competence various aspects. Digital literacy is a strategic education system direction of the Russian Federation, the Perm Region, and the city of Perm.

The study provides an assessment of the digital skills of eighth graders in terms of the computational thinking and safe behavior in a digital environment (sample of schoolchildren in the city of Perm).

The research is based on a competence-based approach, consideration of digital skills in the context of assessing functional literacy, the use of big data for making management decisions in education, approaches to implementing an independent assessment in education.

The most scarce trainees' skills in the aspects of digital security and computational thinking are highlighted: critical attitude to information on the Internet; selection of Internet sources for a practical task; assessment of the capabilities of digital tools for solving practical problems. The study shows the need to improve the training of students in the use of digital technologies for solving practical problems. The authors formulate recommendations for the training of teachers of general education organizations teaching various subjects, as well as students studying in pedagogical areas of training. The revealed deficient skills of students show the need to improve the methods of teaching informatics.

The authors emphasize the need to comprehend the problem of independent assessment of digital skills as an interdisciplinary problem affecting general pedagogy, teaching methods of informatics, pedagogy of vocational education, meta-pedagogy and meta-methodology, big data analysis for making management decisions in education.

Keywords: digital skills, independent assessment of quality of education, big data analysis, general education, vocational education in pedagogical areas of training, functional literacy, digital security, computational thinking.

For citation:

Polovina I. P., Shestakov A. P., Zakharova V. A., Egorov K. B. Independent assessment of the several digital skills of secondary school students: Approaches and results. *Informatics and Education*. 2021;36(9):31–39. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-31-39 (In Russian.)

1. Введение

Стратегическим направлением развития системы образования в Российской Федерации является формирование и совершенствование цифровых навыков граждан и школьников [1], что также проецируется и на планы Пермского края [2] и города Перми [3].

Значимость формирования умения действовать в цифровой образовательной среде подчеркивается в государственной программе Российской Федерации «Развитие образования», утвержденной Постановлением Правительства РФ от 26 декабря 2017 года № 1642 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» [1]. В число проектов программы входит Федеральный проект «Цифровая образовательная среда», цель которого — создание условий для внедрения к 2024 году современной и безопасной цифровой образовательной среды, обеспечивающей формирование внутренней потребности к саморазвитию и самообразованию у обучающихся образовательных организаций всех видов и уровней, путем обновления информационно-коммуникационной инфраструктуры, подготовки кадров, создания федеральной цифровой платформы [1].

Более сотни инициатив во всем мире, направленных на формирование и оценку цифровых навыков учащихся общеобразовательных школ, подчеркивают важность данного вопроса с точки зрения стратегии развития общества и образовательной политики.

Актуальность оценки и формирования цифровых навыков в современных условиях отмечается в исследованиях Кембриджского университета, которые включают цифровые навыки в число важнейших составляющих функциональной грамотности наряду с владением языком и математической грамотностью. Так, система оценки функциональных навыков для детей и молодежи 14–19 лет имеет исходным пунктом компетенции использования цифровых знаний и навыков для работы и для повседневной жизни. Предварительная оценка цифровой грамотности позволит учащемуся увидеть свои возможности и понять перспективы роста там, где функциональная грамот-

ность связана с практическим умением применять цифровые навыки в повседневных ситуациях [4].

Международные исследования качества образования PISA, проведенные в 2018 году, содержали оценку ИКТ-компетенций как составляющих читательской грамотности и включали в себя оценку знаний, понимания, отношения, опыта использования и навыков работы в наступающей цифровой эпохе [5]. Согласно результатам этих исследований, обучающиеся российских школ оказались недостаточно успешными — результаты российских школьников ухудшились на 16 пунктов в сравнении с аналогичным исследованием 2015 года [6]. И если в 2018 году исследование PISA было ориентировано на проверку доступности и использования информационно-коммуникационных технологий, способности учащихся решать компьютерные задачи и их отношения к использованию компьютера, то в исследовании PISA, которое планируется провести в 2022 году в рамках оценки математической грамотности, представлен еще более широкий перечень направлений оценки цифровых навыков.

Проблемы формирования и оценки цифровых навыков активно обсуждаются в международном научном педагогическом сообществе. Применительно к старшей школе отмечается, что компьютерная грамотность выступает одной из важнейших составляющих навыков XXI века, исследуются факторы, влияющие на умение старшеклассников решать задачи в цифровом контексте (computational thinking) [7]. Рассматривается возможность использования компьютерных игр для развития цифровой грамотности молодежи в возрасте от 20 до 29 лет [8]. Применительно к категории учащихся VIII—IX классов исследуется проблема взаимосвязи цифровой вовлеченности и ориентации на достижение цели [9]. Исследования сформированности цифровых навыков учащихся основной школы остаются мало освещенными в научных источниках.

Согласно рассчитанному за 2018 год индексу «Цифровая Россия», Пермский край находится на 16-м месте из 85 субъектов Российской Федера-

ции [2]. По сравнению с 2017 годом Пермский край улучшил свои позиции на 19 пунктов, поднявшись с 35-го места. Динамичное развитие региона ведется согласно принятой в 2018 году Концепции развития цифровой экономики Пермского края в 2018–2024 годах. Аналитиками отмечается, что цифровизация экономики позволит вывести Пермский край на новые конкурентные рынки, но в то же время увеличение доли информационно-коммуникационных технологий требует внимания к вопросам кибербезопасности, защиты интеллектуальных прав и персональных данных. Важно предусматривать указанные риски и вовремя реагировать на возникающие проблемы [2].

На данный момент существует потребность в оценке текущей сформированности цифровых навыков населения, в том числе школьников. В 2020 году по заказу департамента образования администрации города Перми ФГБОУ «Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет» (ПГГПУ) проведена независимая оценка цифровых навыков учащихся восьмых классов общеобразовательных организаций города Перми.

Ранее полученные результаты обследования цифровой безопасности ряда общеобразовательных учебных заведений Перми и Пермского края показали, что большинство школ (70 % от числа обследованных) демонстрируют высокий уровень обеспечения цифровой безопасности. При этом тенденция такова, что наиболее высокий уровень у таких образовательных учреждений, как лицеи, гимназии, НОЦ. Остальные 30 % школ находятся на уровне повышенных угроз и рисков.

На основании вышесказанного можно утверждать, что оценка цифровых навыков обучаемых актуальна.

Основаниями для исследования выступают подходы к формированию и оценке цифровых навыков как составляющей функциональной грамотности, рассматриваемой в контексте применения полученных при изучении школьных предметов и во внеурочной деятельности знаний, умений и навыков для решения практических ежедневных задач [10]. Можно сформулировать следующее детализирующее определение: **цифровые навыки** — *навыки, связанные с безопасным применением цифровых технологий при управлении и обмене информацией, при цифровом взаимодействии, при создании и преобразовании цифрового контента, в процессе решения задач в цифровом контексте.*

Теоретические и методические основания построения заданий для оценки цифровых навыков учащихся определены нами ранее, обоснована актуальность формирования и оценки следующих аспектов цифровой грамотности:

- решение задач в цифровом контексте [11];
- безопасное поведение в интернете [12–13].

В качестве основного подхода к построению измерительных материалов использован компетентностный подход в обучении [11]. Авторы опирались

также на методологию работы с большими данными в сфере образования [14–17].

Следует особо отметить технологию подготовки полученных данных к статистической обработке. Для обработки файлов данных с оценкой результатов тестирования обучаемых из разных образовательных организаций использовалась надстройка Power Query для MS Excel. Надстройка позволяет [18]:

- загружать данные в MS Excel из различных источников, включая интернет-сервисы;
- собирать данные из файлов всех основных типов данных (как по одному, так и пакетом — из всех файлов);
- очищать полученные данные от «мусора» (лишних столбцов или строк, повторов, служебной информации, лишних пробелов или непечатаемых символов и т. п.);
- приводить данные к нужному формату (исправлять регистр, числа-как-текст, заполнять пробелы, разбирать «слипшийся» текст на столбцы и склеивать обратно и т. п.);
- различным образом трансформировать таблицы, приводя их в желаемый вид;
- подставлять данные из одной таблицы в другую по совпадению одного или нескольких параметров.

Использование надстройки Power Query позволило «очистить» исходные файлы данных от лишней информации, преобразовать типы данных и подготовить файлы к статистической обработке данных.

Методология независимой оценки определена как парциальная оценка (оценка одного аспекта образовательной программы основной школы), проводимая с целью выявления дефицитных умений и получения конкурентных преимуществ для развития системы образования города Перми в соответствии со стратегией развития системы образования города Перми [19].

2. Материалы и методы

Мониторинг умения действовать в цифровой среде — новое направление в оценке качества образования, актуальность которого задана федеральными, региональными документами и стратегией развития образования города Перми [3].

Для оценки достижения стратегической цели развития системы образования города Перми разработаны контрольно-измерительные материалы (КИМ) для изучения уровня сформированности цифровых навыков учащихся восьмых классов. Выбор возрастной группы — учащиеся восьмых классов, как правило, в возрасте 14 лет — обусловлен международным опытом (оценка функциональных навыков Кембриджским университетом) [4] и потребностью в независимой оценке рисков участия в международном исследовании функциональной грамотности PISA в аспекте ИКТ, которое проводится на выборке 15-летних детей.

Оценка уровня цифровых навыков учащихся восьмых классов в соответствии с разработанными КИМ проведена по следующим разделам:

- **раздел 1 «Решение задач в цифровом контексте»** (как приспособить цифровые технологии для решения учебных, практических и профессиональных задач);
- **раздел 2 «Безопасность цифровых технологий»** (как соблюдать правила личной и общественной безопасности при применении цифровых технологий).

Оцениваемые аспекты определены на основе:

- материалов международных исследований качества образования [5];
- Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования (приказ Минобрнауки России от 17.12.2010 № 1897) [20];
- Федерального компонента государственного стандарта основного общего образования по информатике (приказ Минобрнауки России от 05.03.2004 № 1089 «Об утверждении Федерального компонента государственных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования») [21].

Приведем по одному примеру заданий выделенных разделов.

Пример 1 (из раздела 1 «Решение задач в цифровом контексте»).

Вы и ваш друг проживаете примерно на одинаковом расстоянии от школы, но по разные стороны от нее. Возник спор: расстояние до чьего дома от школы все-таки больше. Каким инструментом вы воспользуетесь для его разрешения? (Выбрать один или несколько ответов.)

Варианты ответов:

- а) 2gis
- б) Засечь по спидометру мопеда
- в) Яндекс.Карты
- г) Google Карты
- д) Использовать квадрокоптер, по его скорости и времени полета вычислить расстояние

Ответы: а, в, г.

Пример 2 (из раздела 2 «Безопасность цифровых технологий»).

Если при общении в сети Интернет некто восхищается вашими способностями и настойчиво предлагает встретиться, необходимо (выбрать один или несколько ответов):

Варианты ответов:

- а) Сообщить родным
- б) Написать заявление в полицию
- в) Пригласить незнакомца в гости и пообщаться с ним
- г) Встретиться с незнакомцем в уединенном парке и пообщаться с ним
- д) Насторожиться и прекратить общение

Ответы: а, д.

На основе КИМ было проведено тестирование учащихся восьмых классов, в котором приняли участие обучающиеся 94 муниципальных общеобразовательных организаций города Перми.

Доступными для анализа и обработки стали результаты 3917 учащихся — 36,6 % всей совокупности учеников восьмых классов. Результаты были интерпретированы путем распределения итоговых оценок и оценок по разделам теста по уровням: высокий, выше среднего, средний, ниже среднего, низкий. Анализ результатов теста позволил сделать представленные ниже выводы.

3. Результаты исследования

Итоговые оценки, характеризующие выполнение теста в целом, свидетельствуют, что учащиеся большинства общеобразовательных организаций — 85 (90 %) — показали средний уровень выполнения теста. Удельный вес образовательных организаций, учащиеся которых показали уровень выше среднего и ниже среднего, невелик — четыре организации (4 %). Высокий уровень показали учащиеся одной организации (1 %). При этом ни в одной образовательной организации в среднем не выявлен низкий уровень результатов учащихся.

Количественный анализ результатов диагностики цифровых навыков учащихся восьмых классов в целом по тесту представлен в таблице 1.

Анализ оценок, характеризующих выполнение раздела теста «Решение задач в цифровом контексте» (табл. 2), свидетельствует, что учащиеся большинства общеобразовательных организаций — 78 (83 %) — показали средний уровень выполнения теста. Уровень выше среднего показали учащиеся 14 образовательных организаций (14 %), высокий уровень — 2 (2 %). При этом ни в одной школе в среднем учащиеся не показали низкий уровень результатов и уровень ниже среднего.

Анализ оценок, характеризующих выполнение раздела теста «Безопасность цифровых технологий» (табл. 3), свидетельствует, что учащиеся большинства общеобразовательных организаций — 75 (80 %) — показали средний уровень выполнения теста. Уровень выше среднего показали учащиеся 15 организаций (16 %). Высокий уровень показали учащиеся одной организации (1 %). Уровень ниже среднего показали учащиеся трех организаций (3 %). При этом ни в одной школе в среднем учащиеся не показали низкий уровень результатов.

Сопоставление результатов диагностики цифровых навыков учащихся восьмых классов в целом по тесту и по разделам «Решение задач в цифровом контексте» и «Безопасность цифровых технологий» (%) представлены в таблице 4.

Сопоставление результатов учащихся восьмых классов по разделам «Решение задач в цифровом контексте» и «Безопасность цифровых технологий» показывает, что результаты, исходя из средней оценки по школе, близки.

Таблица 1 / Table 1

Результаты диагностики цифровых навыков учащихся восьмых классов (количество, % образовательных организаций)
Results of the diagnosis of digital skills in eighth grade students (number, % of educational organizations)

Уровень	Итоговая оценка*
Высокий	1 (1 %)
Выше среднего	4 (4 %)
Средний	85 (90 %)
Ниже среднего	4 (4 %)
Низкий	0 (0 %)

* Данные в процентах округлены до целых чисел.

Таблица 3 / Table 3

Результаты диагностики цифровых навыков учащихся восьмых классов по разделу «Безопасность цифровых технологий» (количество, % образовательных организаций)
Results of the diagnosis of digital skills in eighth grade students for the section "Digital security" (number, % of educational organizations)

Уровень	Безопасность цифровых технологий*
Высокий	1 (1 %)
Выше среднего	15 (16 %)
Средний	75 (80 %)
Ниже среднего	3 (3 %)
Низкий	0 (0 %)

* Данные в процентах округлены до целых чисел.

Качественный анализ выполнения заданий раздела «Решение задач в цифровом контексте» проведен на основе баллов, полученных учащимися за выполнение заданий данного раздела.

Из числа всех заданий раздела «Решение задач в цифровом контексте» наиболее успешно учащиеся справились со следующими заданиями:

- заданиями 8, 4, 6, проверяющими умение подбирать цифровой инструмент под задачу (соответственно каждое из трех заданий: 81 %; 73 %; 59 %);
- заданием 7, проверяющим умение оценивать возможности цифровых инструментов при решении практических задач (70 %);
- заданием 2, проверяющим умение использовать геоинформационные системы (ГИС) для решения практических задач (53 %).

Таблица 2 / Table 2

Результаты диагностики цифровых навыков учащихся восьмых классов по разделу «Решение задач в цифровом контексте» (количество, % образовательных организаций)
Results of the diagnosis of digital skills in eighth grade students for the section "Solving problems in a digital context" (number, % of educational organizations)

Уровень	Решение задач в цифровом контексте*
Высокий	2 (2 %)
Выше среднего	14 (14 %)
Средний	78 (83 %)
Ниже среднего	0 (0 %)
Низкий	0 (0 %)

* Данные в процентах округлены до целых чисел.

Таблица 4 / Table 4

Сопоставление результатов диагностики цифровых навыков учащихся восьмых классов в целом по тесту и по разделам (количество, % образовательных организаций)
Comparison of digital skills diagnosis results of eighth grade students in general by test and by sections (number, % of educational organizations)

Уровень	Решение задач в цифровом контексте	Безопасность цифровых технологий*
Высокий	2 (2 %)	1 (1 %)
Выше среднего	14 (14 %)	15 (16 %)
Средний	78 (83 %)	75 (80 %)
Ниже среднего	0 (0 %)	3 (3 %)
Низкий	0 (0 %)	0 (0 %)

* Данные в процентах округлены до целых чисел.

Из числа всех заданий раздела «Решение задач в цифровом контексте» наименее успешно учащиеся справились со следующими заданиями:

- заданием 1, проверяющим умение критически относиться к информации из сети Интернет (35 %);
- заданием 3, проверяющим умение подбирать интернет-источники под практическую задачу (33 %);
- заданием 5, проверяющим умение оценивать возможности цифровых инструментов при решении практических задач (47 %).

Успешность выполнения заданий раздела «Решение задач в цифровом контексте» отражена на рисунке 1.

На основе баллов, полученных учащимися за выполнение заданий раздела «Безопасность цифровых



Рис. 1. Анализ качества выполнения учащимися заданий раздела «Решение задач в цифровом контексте»
 Fig. 1. Analysis of the quality of students' performance of tasks of the section "Solving problems in a digital context"

технологий», проанализируем качество выполнения заданий данного раздела.

Из числа всех заданий раздела «Безопасность цифровых технологий» наиболее успешно учащиеся справились со следующими заданиями:

- заданием 4, проверяющим умение подобрать адекватный цифровой инструмент противодействия угрозам информационной безопасности (86 %);
- заданиями 2, 3, проверяющими умение обеспечить личную безопасность при работе в сети Интернет (соответственно каждое из двух заданий: 80 %, 79 %);
- заданием 7, проверяющим знание способов отражения угрозы кражи персональных данных при работе в сети Интернет (76 %).

Из числа всех заданий раздела «Безопасность цифровых технологий» наименее успешно учащиеся справились со следующими заданиями:

- заданием 1, проверяющим знание цифровых инструментов обеспечения безопасности информации (63 %);
- заданиями 6, 5, проверяющими знание способов отражения угрозы заражения цифровой системы компьютерным вирусом и признаков заражения (соответственно каждое из двух заданий: 67 %, 64 %).

Выполнение заданий раздела «Безопасность цифровых технологий» представлено на рисунке 2.

Таким образом, задания раздела «Безопасность цифровых технологий» выполнены учащимися более качественно (от 63 % до 86 %), задания раздела



Рис. 2. Анализ качества выполнения учащимися заданий раздела «Безопасность цифровых технологий»
 Fig. 2. Analysis of the quality of students' performance of tasks of the section "Digital security"

«Решение задач в цифровом контексте» — менее качественно (от 33 % до 81 %). Это обусловлено системной работой, которая ведется на всех уровнях управления образованием в течение нескольких лет по направлению обеспечения безопасности детей в сети Интернет, а также особым вниманием, которое уделяется данной проблеме в Пермском крае.

4. Выводы

Проведенное исследование отдельных цифровых навыков учащихся общеобразовательных организаций позволяет признать актуальность проблемы формирования и оценки цифровых компетенций как междисциплинарной научной проблемы, затрагивающей сферы:

- общей педагогики в аспекте метапедагогики — формирования функциональной грамотности учащихся;
- методики преподавания в аспекте методики преподавания информатики и метапредметной методики;
- педагогики профессионального образования в аспекте соответствующей подготовки и переподготовки педагогов;
- информационных систем и работы с большими данными в аспекте выбора систем и инструментария получения данных, обработки и анализа больших данных.

Проведенный качественный анализ выполнения заданий по разделам учащимися восьмых классов позволяет сформулировать следующие **выводы**.

1. Раздел «Решение задач в цифровом контексте» (как приспособить цифровые технологии для решения учебных, практических и профессиональных задач).

В целом цифровые компетенции обучаемых по данному разделу сформированы на среднем уровне, учитывая, что в данном разделе представлены задания исключительно базового уровня сложности.

Тем не менее можно выделить виды заданий, по которым результаты самые низкие:

- умение критически относиться к информации из сети Интернет;
- умение подбирать интернет-источники под практическую задачу;
- умение оценивать возможности цифровых инструментов при решении практических задач.

Сложности для учащихся представляют:

- так называемые обратные задания на определенные практические задачи, для решения которых можно использовать тот или иной цифровой инструмент. Подобные задания, где исходным пунктом выступает практическая ситуация, отличаются от заданий, выполняемых учащимися на уроках информатики, где исходным пунктом выступает цифровой инструмент и учащиеся овладевают данным инструментом;
- задания, совмещающие выбор цифрового инструмента с решением какой-либо практической задачи, например, выбор наиболее

экономичного способа покупки. Такие задания носят метапредметный (регулятивное умение — прогностическая оценка) и межпредметный характер (требуют соотнесения понятий и представлений из разных дисциплин: информатика и общественное знание в аспекте экономических знаний).

Полученные низкие результаты по отдельным разделам теста свидетельствуют о том, что в курсе информатики не уделяется должного внимания практическому применению теоретических знаний. Учащиеся слабо подготовлены в части материала, связанного именно с практическим применением цифровых технологий, что может рассматриваться как дефицитный аспект формирования функциональной грамотности, или, возможно, имеют низкую мотивацию. Указанный дефицит является риском при участии российских школьников в международных исследованиях функциональной грамотности PISA.

Следует также отметить, что компетенция «Решение задач в цифровом контексте» (как приспособить цифровые технологии для решения учебных, практических и профессиональных задач) является достаточно новой в исследованиях цифровых навыков. Подобных заданий мало в содержании школьного предмета «Информатика», не разработаны подобные курсы внеурочной деятельности. В то же время в связи с цифровизацией всех сфер нашей жизни актуальность формирования умений решать задачи в цифровом контексте несомненна, причем не только в отношении учащихся, ориентированных на получение профессий в сфере ИКТ, но и в отношении обучающихся, ориентированных на получение других профессий, и для обычных пользователей.

2. Раздел «Безопасность цифровых технологий» (как соблюдать правила личной и общественной безопасности при применении цифровых технологий).

В данном разделе представлены задания как базового, так и повышенного уровней сложности.

Тем не менее результаты выполнения заданий раздела «Безопасность цифровых технологий» значительно выше, чем заданий раздела «Решение задач в цифровом контексте». Это обусловлено, во-первых, системной работой с учащимися в рамках дисциплины «Информатика», во-вторых, многочисленными информационными и воспитательными мероприятиями, начиная с институционального и заканчивая федеральным уровнем управления образованием.

В то же время задания повышенного уровня, связанные с предотвращением новых угроз либо с современными средствами обеспечения безопасности в цифровой среде, для учащихся остаются сложными.

Следует отметить, что наилучший результат учащиеся восьмых классов показали также, выполняя задание повышенного уровня, которое предоставляет возможность установления соответствия между указанными угрозами и способами их предотвращения. Вероятно, задание решено методом исключения на основе определенной доли усвоенной информации о традици-

онных способах предотвращения угроз. Такой формат задания может выступать в качестве обучающего.

Следовательно, необходимо постоянно обновлять знания и навыки обучаемых по безопасности цифровых технологий, информировать о новых видах угроз и противодействии им, использовать практико-ориентированные задания, что приобретает особую значимость в свете новой редакции Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования, принятой в 2021 году и включающей соответствующие компоненты [22].

Вышеизложенное позволяет сформулировать следующие **рекомендации органам управления образования и руководителям общеобразовательных организаций, руководителям и преподавателям организаций высшего и профессионального образования, ведущим подготовку студентов по педагогическим направлениям:**

- 1) расширить формы, методы и средства обучения и воспитания в общеобразовательных организациях с целью формирования и совершенствования у учащихся умений эффективно и безопасно действовать в цифровой среде, включая практико-ориентированные задания на уроках информатики и метапредметные и межпредметные практико-ориентированные курсы внеурочной деятельности;
- 2) включить в подготовку студентов по педагогическим направлениям, переподготовку учителей информатики, в курсы повышения квалификации программы и модули, ориентированные на:
 - совершенствование методики преподавания дисциплины, использование активных практико-ориентированных технологий обучения, разработку системы мотивации обучаемых к овладению цифровыми компетенциями, подбор и разработку практико-ориентированных заданий, нацеленных на овладение обучаемыми цифровыми компетенциями;
 - расширение арсенала инструментов практико-ориентированных цифровых технологий (desktop-инструменты, онлайн-инструменты и др.);
- 3) организовать подготовку учителей различных предметов к разработке и реализации курсов внеурочной деятельности в рамках ФГОС основного общего образования, направленных на формирование умений организации учебной и практической деятельности с использованием цифровой среды.

Благодарности

Авторы благодарят Департамент образования администрации города Перми, а также учащихся и учителей школ города Перми за их активную позицию в обсуждении подходов к независимой оценке сформированности цифровых навыков.

Acknowledgments

The authors thank Department of Education of Perm City Administration as well as students and teachers of schools located in Perm city for their active position in discussing approaches to understanding an independent assessment of the digital skills.

Список источников / References

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования». Режим доступа: <https://docs.edu.gov.ru/document/3a928e13b4d292f8f71513a2c02086a3/download/1337/>
2. Сердюкова О. А. Цифровая экономика Пермского края: состояние и перспективы развития. *Экономика и бизнес*. 2019;(8):138–144. DOI: 10.24411/2411-0450-2019-11130
3. Стратегия развития системы образования города Перми до 2030 года. Режим доступа: <https://permedu.ru/Files/1302201411292767.pdf>
4. Functional Skills ICT. Available at: <https://www.ocr.org.uk/qualifications/functional-skills/ict-entry-level-09873-09874-09875/>
5. PISA 2018 Assessment and Analytical Framework. Paris, PISA, OECD Publishing; 2019. Available at: <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
6. PISA 2018 Results (Vol. I): What students know and can do. Paris, PISA, OECD Publishing; 2019. Available at: <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>. p. 330
7. Guggemos J. On the predictors of computational thinking and its growth at the high-school level. *Computers & Education*. 2021;161:104060. DOI: 10.1016/j.compedu.2020.104060
8. Soeun Yang, Jae Woo Lee, Hyoung-Jee Kim, Minji Kang, EunRyung Chong, Eun-mee Kim. Can an online educational game contribute to developing information literate citizens? *Computers & Education*. 2021;161:104057. DOI: 10.1016/j.compedu.2020.104057
9. Mädamürk K., Tuominen H., Hietajärvi L., Salmela-Aro K. Adolescent students' digital engagement and achievement goal orientation profiles *Computers & Education*. 2021;161:104058. DOI: 10.1016/j.compedu.2020.104058
10. Басюк В. С., Ковалева Г. С. Инновационный проект Министерства просвещения «Мониторинг формирования функциональной грамотности»: основные направления и первые результаты. *Отечественная и зарубежная педагогика*. 2019;1(4(61)):13–33.
11. Шестаков А. П. Компетентностный подход в обучении информатике: контрольно-измерительные материалы. *Информатика и образование*. 2010;25(6):57–65.
12. Шестаков А. П. Компетентностный подход в обучении информатике: Test and measurement materials. *Informatics and Education*. 2010;25(6):57–65.
13. Шестаков А. П. Информационная безопасность как неотъемлемая составляющая безопасной образовательной среды: методические материалы по самообследованию образовательной организации. Пермь: Мин-во информ. развития и связи Перм. края; 2014. 20 с.
14. Шестаков А. П. Information security as an integral part of a safe educational environment: Methodological materials for self-examination of an educational organization. Perm, Ministry of Information Development and Communications of the Perm Territory; 2014. 20 p.

13. Егоров К. Б., Баталова Е. С., Козьминых Д. А., Фазлыева В. Ф. Дети в интернете: Проблемы безопасности. Безопасное детство как правовой и социально-педагогический концепт. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием для студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей и специалистов. Пермь; 2016:172–174.

Egorov K. B., Batalova E. S., Koz'minyh D. A., Fazlyeva V. F. Kids on the Internet: Security issues. *Safe childhood as a legal and socio-pedagogical concept. Proc. 3d All-Russ. Conf. with Int. Part.* Perm; 2016:172–174.

14. Лебедева А. В., Половина И. П. Excel — средство обработки больших данных. Вопросы математики, ее истории, методики преподавания и цифровизации образования в учебно-исследовательских работах. Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов математических факультетов. Пермь; 2021:141.

Lebedeva A. V., Polovina I. P. Excel — a Big Data processing tool. *Mathematics, Its History, Teaching Methods and Digitalization of Education in Educational Research. Proc. All-Russ. Scientific and Practical Conf. of Students of Mathematical Faculties.* Perm; 2021:141.

15. Лебедева А. В., Половина И. П. Использование надстроек Excel для анализа больших данных. Наука и образование в обеспечении устойчивого развития региона в условиях перехода к цифровой экономике. Материалы VIII Российской с международным участием научной практической конференции. Пермь; 2021:160–165.

Lebedeva A. V., Polovina I. P. Using Excel add-ins for Big Data analysis. *Science and Education in Ensuring Sustainable Development of the Region in the Transition to a Digital Economy. Proc. 8th Russ. with Int. Part. Scientific and Practical Conf.* Perm; 2021:160–165.

16. Фиофанова О. А. Анализ больших данных в сфере образования: методология и технологии: монография. М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС; 2020. 200 с. Режим доступа: <https://rffi.1sept.ru/file/2020/12/7ff9760a-2286-43a0-8b3d-63f085487c22.pdf>

Fiofanova O. A. Big Data analysis in education: Methodology and technologies. Moscow, Publishing House “Delo” of RANEPa; 2020. 200 p. Available at: <https://rffi.1sept.ru/file/2020/12/7ff9760a-2286-43a0-8b3d-63f085487c22.pdf>

17. Фиофанова О. А., Топоркова Е. С. International analysis of national databases of educational statistics and analysis of the technologies' educational data in countries of the world. *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research.* 2020;10(3):90–101. Available at: <https://japer.in/en/article/international-analysis-of-national-databases-of-educational-statistics-and-analysis-of-the-technologies-educational-data-in-countries-of-the-world>

18. Павлов Н. Планета Excel. Приемы. Режим доступа: <http://www.planetaexcel.ru/techniques>

Pavlov N. Planeta Excel. Techniques. Available at: <http://www.planetaexcel.ru/techniques>

19. Егоров К. Б., Захарова В. А. Внешняя оценка в управлении образовательной организацией. *Вестник ПНИПУ. Проблемы языкознания и педагогики.* 2021;(2):94–110. Режим доступа: http://vestnik.pstu.ru/pedag/archives/?id=&folder_id=10204

Egorov K. B., Zakharova V. A. External evaluation in the educational organization management. *PNRPU Linguistics and Pedagogy Bulletin.* 2021;(2):94–110. Available at: http://vestnik.pstu.ru/pedag/archives/?id=&folder_id=10204

20. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 17.12.2010 № 1897). Режим доступа: <https://fgos.ru/fgos/fgos-ooo/>

Federal State Educational Standard of Basic General Education (Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated 17.12.2010 No. 1897). Available at: <https://fgos.ru/fgos/fgos-ooo/>

21. Федеральный компонент государственного стандарта основного общего образования по информатике (приказ Министерства образования Российской Федерации от 05.03.2004 № 1089 «Об утверждении Федерального компонента государственных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования»). Режим доступа: <http://www.edu.ru/documents/view/61154/>

Federal Component of the State Standard of Basic General Education in Informatics (Order of the Ministry of Education of the Russian Federation dated 05.03.2004 No. 1089 “On approval of the Federal Component of State Standards for Primary General, Basic General and Secondary (Complete) General Education”). Available at: <http://www.edu.ru/documents/view/61154/>

22. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287). Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920/>

Federal State Educational Standard of Basic General Education (Order of the Ministry of Education of the Russian Federation dated 31.05.2021 No. 287). Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920/>

Информация об авторах

Половина Изабелла Петровна, канд. тех. наук, доцент, и. о. зав. кафедрой информатики и вычислительной техники, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия; *ORCID:* <http://orcid.org/0000-0002-5441-700X>; *e-mail:* polovina@pspu.ru

Шестаков Александр Петрович, канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия; *ORCID:* <http://orcid.org/0000-0001-8574-7514>; *e-mail:* shestakov@pspu.ru

Захарова Вера Анатольевна, канд. пед. наук, доцент кафедры теории и технологии обучения и воспитания младших школьников, руководитель центра независимой оценки качества образования, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия; *ORCID:* <http://orcid.org/0000-0003-1647-4553>; *e-mail:* zaharova_va@pspu.ru

Егоров Константин Борисович, канд. ист. наук, доцент, ректор, Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь, Россия; *ORCID:* <https://orcid.org/0000-0001-6696-6332>; *e-mail:* egorov@pspu.ru

Information about the authors

Isabella P. Polovina, Candidate of Sciences (Engineering), Docent, Acting Head of the Department of Informatics and Computer Engineering, Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia; *ORCID:* <http://orcid.org/0000-0002-5441-700X>; *e-mail:* polovina@pspu.ru

Alexander P. Shestakov, Candidate of Sciences (Education), Docent, Associate Professor at the Department of Information Technologies, Perm State University, Perm, Russia; *ORCID:* <http://orcid.org/0000-0001-8574-7514>; *e-mail:* shestakov@pspu.ru

Vera A. Zakharova, Candidate of Sciences (Education), Associate Professor at the Department of Elementary Education Pedagogy, Head of Education Quality Assessment Center, Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia; *ORCID:* <http://orcid.org/0000-0003-1647-4553>; *e-mail:* zaharova_va@pspu.ru

Konstantin B. Egorov, Candidate of Sciences (History), Docent, Rector, Perm State Humanitarian Pedagogical University, Perm, Russia; *ORCID:* <https://orcid.org/0000-0001-6696-6332>; *e-mail:* egorov@pspu.ru

Поступила в редакцию / Received: 27.07.2021.

Поступила после рецензирования / Revised: 15.10.2021.

Принята к печати / Accepted: 19.10.2021.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-40-46

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ СТУДЕНТОВ УНИВЕРСИТЕТОВ

Р. Б. Куприянов¹ ✉, Д. Ю. Звонарев¹

¹ *Московский городской педагогический университет, г. Москва, Россия*

✉ kupriyanovrb@mgpu.ru

Аннотация

Прогнозирование образовательных успехов обучающихся является одной из актуальных задач интеллектуального анализа образовательных данных. В данной работе рассмотрено два исследовательских вопроса: повышение качества модели прогнозирования образовательных результатов обучающихся университета и внедрение разработанной модели в реальный образовательный процесс университета. Исследуемые модели прогнозирования основаны на алгоритмах градиентного бустинга над решающими деревьями и линейной регрессии. По результатам проведенного исследования было выявлено, что данные по использованию электронной и университетской библиотек позволяют повысить качество прогнозирования образовательных результатов обучающихся, а также подтверждается факт, что мониторинг образовательных результатов учащихся в динамике оказывается информативнее при принятии управленческих решений в образовательном процессе, чем ориентир на итоговые результаты по успеваемости. Изученные в настоящей работе модели прогнозирования образовательных результатов обучающихся могут быть использованы в образовательных организациях высшего образования для своевременного выявления обучающихся с высоким риском отчисления, предоставления обратной связи студентам и преподавателям в части образовательных успехов обучающихся и управления образовательным процессом.

Ключевые слова: цифровая трансформация образовательного процесса, прогнозирование, интеллектуальный анализ образовательных данных.

Для цитирования:

Куприянов Р. Б., Звонарев Д. Ю. Повышение качества модели прогнозирования образовательных результатов студентов университетов. *Информатика и образование*. 2021;36(9):40–46. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-40-46

IMPROVING THE QUALITY OF THE UNIVERSITY STUDENTS' ACADEMIC PERFORMANCE PREDICTION MODEL

R. B. Kupriyanov¹ ✉, D. Yu. Zvonarev¹

¹ *Moscow City University, Moscow, Russia*

✉ kupriyanovrb@mgpu.ru

Abstract

Predicting the educational success of students is one of the actual tasks of the intellectual analysis of educational data. In this article, two research issues are considered: improving the quality of the university students' academic performance prediction model and implementation of the developed model into the real university educational process. The models predicting academic performance are based on XGBoost algorithm and the linear regression algorithm. According to the results of the study, it was revealed that data on the use of electronic and university libraries make it possible to improve the quality of predicting the students' academic performance, and also confirm the fact that monitoring the students' academic performance in dynamics is more informative in making managerial decisions in the educational process than the absolute values of the academic performance results. The models for predicting the students' academic performance studied in this work can be used in educational institutions of higher education for the timely identification of at-risk students, providing feedback to students and teachers regarding the educational success of students and managing the educational process.

Keywords: digital transformation of educational process, predicting model, educational data mining.

For citation:

Kupriyanov R. B., Zvonarev D. Yu. Improving the quality of the university students' academic performance prediction model. *Informatics and Education*. 2021;36(9):40–46. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-40-46 (In Russian.)

1. Введение

Развитие цифровых технологий и средств коммуникации позволяет учащимся получить неограниченный доступ к образовательным материалам и способствует их самореализации. Одной из реакций системы высшего образования на комплекс явлений, связанных с резким ростом доступности знаний и обобщаемых понятием «интернет-революция в образовании», становится переход от статичных образовательных программ к гибким индивидуальным образовательным траекториям, формирующимся вокруг ядра образовательной программы и сочетающим в себе вариативность профессионального образования с реальными потребностями компаний из различных секторов экономики. Так, в работе [1] Дж. Беккер, рассматривая проблему индивидуальных образовательных траекторий в контексте реализации университетами системы свободных искусств и наук, определяет свободу выбора обучающимися как основополагающий элемент данной системы и указывает на необходимость отсутствия единого для всех обучающихся учебного плана и универсального пути к получению высшего образования.

Внедрение индивидуальных образовательных траекторий ведет к существенному усложнению образовательной программы, сказывается на трудозатратах на ее реализацию и администрирование.

Качество образовательной программы, как комплексная характеристика, требует одновременного анализа множества аспектов ее реализации, а рост сложности персональных образовательных треков существенно усложняет возможность экспертного прогнозирования результатов обучения. Перспективным направлением повышения уровня подготовки специалистов в системе высшего образования в современных условиях является разработка новых подходов к реализации педагогического мониторинга и прогнозирования образовательных успехов обучающихся с использованием средств современных информационных технологий [2].

Одним из методов, используемых для достижения данной цели, является **интеллектуальный анализ образовательных данных** [3], который позволяет решать следующие задачи:

- выявление студентов, входящих в группу риска отчисления;
- своевременный анализ большого объема данных;
- отслеживание отклонений от нормального хода образовательного процесса;
- поиск проблемных ситуаций в учебном процессе и анализ причин их возникновения;
- обработка и систематизация накопленных данных с целью трансформации образовательного процесса.

Следует отметить, что анализ и оценка образовательных результатов в силу специфики данного объекта исследования всегда подвержены суще-

ственному воздействию человеческого фактора — как со стороны обучающихся, так и со стороны педагогов. Использование методов искусственного интеллекта и интеллектуального анализа данных нивелирует вероятность субъективной интерпретации данных [4]. Экстраполируя этот вывод на проблему в целом, можно предположить, что применение технологии больших данных позволит обеспечить достоверность и объективность полученных результатов.

Целью настоящего исследования является изучение следующих вопросов:

1. Можно ли повысить качество ранее разработанной нами модели прогнозирования образовательных результатов обучающихся [5] за счет добавления данных о пользовании электронными и университетской библиотеками?
2. Является ли мониторинг образовательных результатов учащихся в динамике информативнее для принятия управленческих решений в образовательном процессе, чем ориентир на итоговые результаты по успеваемости?

2. Обзор литературы

Можно выделить ряд работ, посвященных проблематике исследования в области прогнозирования образовательных результатов обучающихся.

Так, проблему прогнозирования предметной обучаемости изучали Я. В. Луценко и В. Е. Коржаков [6]. Они предложили интеллектуальную технологию синтеза типовых моделей детерминации уровней предметной обученности студентов. В данном исследовании анализируются данные о социальном статусе студента и выполняется их сопоставление с учебными достижениями, где среди наиболее значимых обобщенных признаков присутствуют «социальное положение матери», «социальное положение отца», «количество детей в семье», «место рождения».

В статье [7] описано, как исследователи используют психологические факторы для прогнозирования образовательных достижений студентов, осуществляя их проверку на данных, полученных по результатам экзаменов.

Другое исследование предсказывало успеваемость обучающихся с помощью систем онлайн-обучения 145 студентов, используя данные онлайн-учебных мероприятий и форумов [8].

В исследовании [9] анализируется поведение учащихся в процессе обучения. В этом исследовании авторы применяют метод отслеживания взгляда для определения поведения учащегося при чтении. Эти данные помогли создать индивидуальную обратную связь между особенностями виртуальной реальности и обучением для улучшения навыков обучения студентов.

Существуют и другие подходы, направленные на совершенствование моделей прогнозирования. В работе [10] рассматривается применение нейронных

сетей, SVM* и алгоритмов дерева решений к трем академическим наборам данных. Согласно исследованию [11], в моделях прогнозирования также часто используются ансамблевые методы, которые объединяют несколько простых алгоритмов. Такой подход приводит к повышению точности по сравнению с простыми алгоритмами. Для восстановления пропорций между классами в несбалансированных наборах данных ученые обычно используют процедуры фильтрации примеров мажоритарного класса, кроме того, дублируются примеры миноритарного класса [12].

Обзор литературы приводит нас к выводу, что большинство исследователей применяют расширенные методы интеллектуального анализа данных, включающих как образовательные, так и личные данные учащихся. Решение проблемы объективной оценки успеваемости студентов и раннего выявления студентов из группы риска лежит в рамках многокритериального подхода к анализу педагогических процессов и явлений.

3. Методология

3.1. Модель данных и выборки

Выборка данных исследования составила 3695 студентов 2016–2018 годов поступления.

Из базы данных Московского городского педагогического университета для каждого студента были извлечены следующие метаданные:

- институт, в котором обучается студент;
- год, в котором студент поступил в университет;
- учебные дисциплины;
- баллы ЕГЭ;
- успеваемость по каждой учебной дисциплине за все периоды обучения;
- пол;
- город, в котором зарегистрирован студент;
- город, в котором проживает студент;
- участие в общественной деятельности;
- активность в использовании цифровой образовательной среды;
- использование книг из электронной или университетской библиотеки.

В качестве общественной деятельности рассматривались работа студента в качестве вожакого в летнем лагере, волонтерская деятельность, а также участие в университетских мероприятиях.

Для проверки первого исследовательского вопроса была использована вся выборка данных.

Для проверки второго исследовательского вопроса была выделена подвыборка данных с общей совокупностью анализируемого числа обучающихся в 1040 студентов.

3.2. Подготовка данных

В целях использования данных в модели прогнозирования образовательных результатов обучающихся была проведена предварительная обработка данных, включающая:

- общую оценку количества данных по каждому показателю;
- оценку количества данных по каждому показателю по годам поступления студентов;
- разложение поля участия в общественной деятельности в разные колонки;
- добавление колонки участия хотя бы в одном мероприятии;
- разложение поля с успеваемостью по разным колонкам таким образом, чтобы каждая оценка была в отдельной колонке;
- объединение данных с оценками по предметам с остальными данными студента.

Для проверки первого исследовательского вопроса были подготовлены два набора данных:

- первый набор данных (*набор данных 1*) был эквивалентен набору данных из нашего предыдущего исследования [5] и не содержал данные об использовании книг из электронной или университетской библиотеки;
- второй набор данных (*набор данных 2*) был эквивалентен набору данных из нашего предыдущего исследования [5], но содержал данные об использовании книг из электронной или университетской библиотеки.

3.3. Алгоритмы прогнозирования

Согласно нашему предшествующему исследованию [5], модель прогнозирования образовательных результатов обучающихся состояла из двух последовательных блоков:

- 1) прогнозирование образовательных успехов обучающихся;
- 2) кластеризация обучающихся на основе прогнозных значений их образовательных успехов.

Для изучения первого исследовательского вопроса были применены три модели прогнозирования.

Первая модель была основана на линейной регрессии. Для построения данной модели был использован набор данных 1.

Вторая и третья модели были основаны на алгоритме градиентного бустинга над решающими деревьями (XGBoost) [13–15]. При этом вторая модель была обучена на наборе данных 1, а третья модель — на наборе данных 2.

Все модели использовались для прогнозирования образовательных успехов студентов на один семестр вперед.

Для обучения каждой модели исходные выборки данных были разделены на обучающее и тестовое множества в соотношении 70:30. Для предотвращения переобучения моделей [16] и правильности оценки точности предсказания использовалась кросс-валидация с контрольной подвыборкой объемом в 20 %.

* SVM (англ. Support Vector Machine) — метод опорных векторов — один из наиболее популярных методов обучения, который применяется для решения задач классификации и регрессии.

Для кластеризация обучающихся на основе прогнозных значений их образовательных успехов был применен алгоритм k-средних [17, 18]. Согласно нашему предыдущему исследованию [19], кластеризация образовательных успехов обучающихся проводилась на четыре кластера.

3.4. Апробация модели прогнозирования

Для изучения второго исследовательского вопроса была проведена апробация модели прогнозирования, основанной на алгоритме градиентного бустинга над решающими деревьями, в четырех независимых подразделениях Московского городского педагогического университета.

Из исследуемой совокупности была выделена **выборка, сформированная из трех категорий студентов:**

1. Студенты с низкими текущими образовательными результатами:

$$\frac{\sum_{i=1}^m S_{ij}}{m} < X_{cr},$$

где:

S_{ij} — результат изучения j -й дисциплины i -м обучающимся;

m — количество изучаемых в текущем семестре дисциплин;

X_{cr} — значение верхней границы кластера группы риска.

2. Студенты с низкими прогнозируемыми результатами:

$$X_{pr_i} < X_{cr},$$

где X_{pr_i} — прогнозируемое значение образовательного результата i -го студента на следующей семестр.

3. Обычно успевающие студенты с низкими образовательными результатами по итогам последней сессии.

Предполагается, что у данных студентов средний балл по последней сессии будет ниже прогнозируемого:

$$\frac{\sum_{i=1}^m S_{ij}}{m} - X_{pr_i} < 0.$$

Полученные в результате выборки сведения уточнялись по причине неуспеваемости. Такими причинами становились сами преподаватели и особенности их преподавания, сложный для изучения предмет

и особенность его реализации, а также некоторые другие причины. По сути данный подход является альтернативой экспертным методам анализа, ориентированным на поиск «узких» мест образовательного процесса. В традиционном подходе для получения идентичных результатов потребовалось бы провести предварительный сбор экспертных данных с их последующей обработкой, при этом локализация исследуемой выборки оказалась бы затрудненной вследствие наличия невалидных данных.

4. Результаты

4.1. Оценка качества моделей прогнозирования

Оценка качества моделей прогнозирования позволяет ответить на первый исследовательский вопрос. Для оценки качества применяемых моделей прогнозирования были использованы общепринятые метрики оценки точности прогнозных моделей [20]: точность (Precision), полнота (Recall), F1-мера (F1 measure). Результаты оценки качества применяемых моделей прогнозирования представлены в таблице 1.

Данные в таблице 1 показывают заметный прирост качества модели прогнозирования на наборе данных 2, что подтверждает целесообразность применения данных о пользовании книгами из электронной или университетской библиотеки в задачах прогнозирования образовательных результатов обучающихся.

4.2. Результат апробации модели прогнозирования

По выделенным критериям (см. п. 3.4) были получены результаты, представленные в таблице 2.

Следует отметить, что студенты, имеющие критически низкие образовательные результаты, не всегда попадают в группу риска отчисления, тогда как студенты, демонстрирующие достаточно резкое снижение образовательных результатов, сопровождающееся переходом в другой кластер, имеют более высокие шансы быть отчисленными.

Дальнейший анализ осуществлялся путем сравнения среднего арифметического выборки (определенного по таблице 3) со средним по каждой дисциплине сессии и средним баллом проблемных студентов.

Формируемая структура текущей успеваемости в студенческой группе позволяет выделить направ-

Таблица 1 / Table 1

Оценка качества моделей прогнозирования Assessment of the quality of forecasting models

№ п/п	Модель	Точность (Precision)	Полнота (Recall)	F1-мера (F1 measure)
1	Линейная регрессия	0.662	0.627	0.640
2	XGBoost (набор данных 1)	0.698	0.677	0.673
3	XGBoost (набор данных 2)	0.710	0.716	0.711

Таблица 2 / Table 2

Результаты предварительного анализа успеваемости студентов

Results of the preliminary analysis of student performance

Критерии	Институт 1	Институт 2	Институт 3	Институт 4
$\frac{\sum_{i=1}^m S_{ij}}{m} < X_{cr}$	6,2 %	3,3 %	0,9 %	3,5 %
$X_{pr_i} < X_{cr}$	8,4 %	3,3 %	1,4 %	6,3 %
$\frac{\sum_{i=1}^m S_{ij}}{m} - X_{pr_i} < 0$	7,5 %	2,0 %	0,9 %	4,8 %

Таблица 3 / Table 3

Структура данных для детализированного анализа образовательных успехов обучающихся

Data structure for detailed analysis of students' educational success

	Наименование дисциплины					Среднее по семестру	Прогнозируемое
	S_1	...	S_j	...	S_m		
ФИО студента	L_1					$\sum_{i=1}^m S_{1j}$	X_{pr_1}

	L_i						...

	L_n						...
Средний балл по дисциплине	$\frac{\sum_{i=1}^n S_{j1}}{n}$						
Средний балл по группе	$\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_{ij}}{m}$						

ления для персонализированной работы со студентами.

Также представляется возможным выделить дисциплины, вызывающие у обучающихся проблемы с освоением. Далее причины неуспеваемости по отдельным дисциплинам могут быть уточнены по иным признакам: технологии преподавания, методические материалы и т. д. Отдельно следует обратить внимание на повторяемость низких образовательных результатов по дисциплине.

Помимо непосредственно анализа результатов причин низкой успеваемости был проведен опрос студентов, отобранных по критериям низкой успеваемости (см. табл. 3). В качестве дополнительных факторов, которые могут повлиять на улучшение образовательных результатов, студенты выделили следующие организационные факторы:

- изменение времени начала занятий;
- оптимизация расписания занятий с целью уменьшения количества учебных дней;

- реализация части практических и семинарских занятий с использованием технологий электронного обучения или дистанционных образовательных технологий.

Проведенная оценка уровня отчислений обучающихся в контрольных группах, обусловленных неудовлетворительными образовательными результатами, зафиксирована на уровне следующих значений:

- институт 1 — 1,4 %;
- институт 2 — 1,5 %;
- институт 3 — 0 %;
- институт 4 — 0,9 %.

Также были проведены интервью с обычно успевающими студентами с низкими образовательными результатами по итогам последней сессии. Было установлено, что значительное число респондентов рассматривают вариант прекращения своего образования. В связи с этим был проведен отдельный анализ причин отчисления и структуры контин-

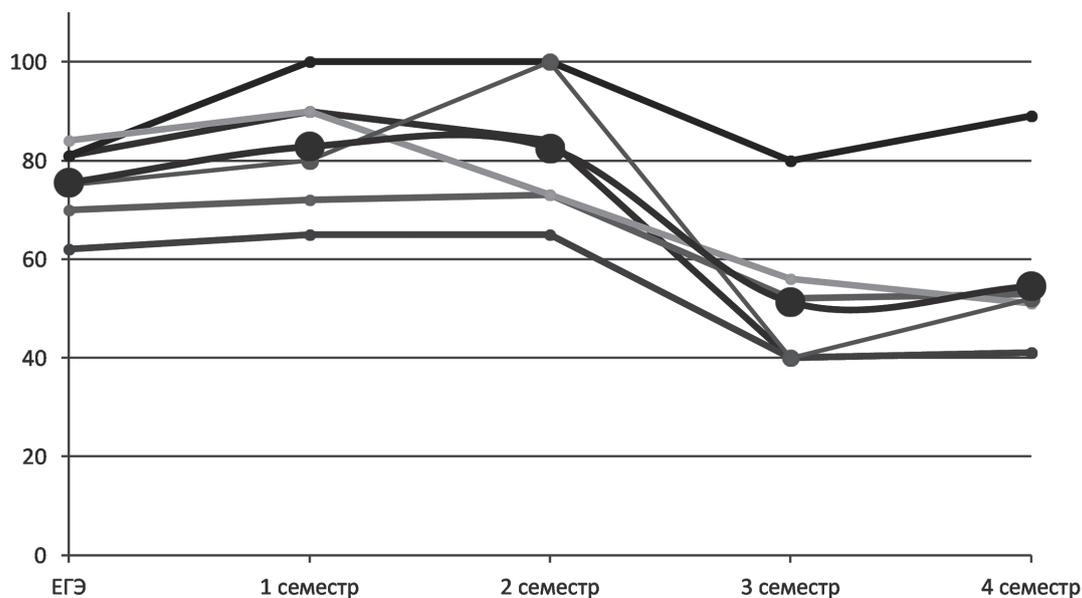


Рис. Кривые образовательных результатов, типичные для студентов, планирующих прекратить обучение (линией с крупными маркерами показана обобщенная кривая)

Fig. Learning outcome curves typical for students planning to drop out (the line with large markers shows the generalized curve)

гента обучающихся, отчисленных из университета по собственному желанию (объем исследуемой совокупности составил 46 обучающихся, данная выборка сформирована из исходной совокупности в 3695 обучающихся). В качестве причин нежелания продолжать обучение в вузе обучающимися были указаны следующие:

- ошибка в выборе будущей профессии (57 %);
- необходимость сократить время, затрачиваемое на дорогу в университет (12 %);
- сложность совмещения учебы и работы (9 %);
- иные причины (22 %).

Характерным маркером потери интереса к профессии оказалось снижение образовательных результатов по ядерным курсам образовательной программы, что особенно характерно для студентов «высоких» кластеров. Типичная траектория образовательных результатов представлена на рисунке.

Как правило, студенты демонстрируют стабильные или растущие образовательные результаты, после чего характерно резкое снижение этих результатов, часто сопровождающееся переходом в зону низких и крайне низких образовательных результатов.

5. Заключение

Обобщение полученных результатов исследования показывает, что интеллектуальный анализ данных об образовательных успехах обучающихся и последующая интерпретация результатов такого анализа могут быть успешно применены для решения различных управленческих, педагогических и образовательных задач: администрацией университета, преподавателями и студентами.

Преподаватель, читающий дисциплину, получает не обобщенный результат своей деятельности,

а стратифицирует его по выделенным адресным группам обучающихся, соизмеряет результат своего труда с аналогичной деятельностью других преподавателей. Он получает эффективный инструмент для самооценки и может искать новые педагогические подходы с учетом структуры обучаемых групп.

В свою очередь студенты могут объективно оценивать себя, не утрачивая при этом уверенности в своих силах, так как понимают, что о возможных предстоящих затруднениях знает также университет. Данный факт способствует предотвращению возникновения неприятных последствий как для студента, так и для университета.

Наконец, администрация получает математически выверенный инструмент для оценки эффективности деятельности всего университета в целом и каждого сотрудника в частности.

Огромным преимуществом системы интеллектуального анализа данных является ее самообучаемость. Последовательные итерации совершенствования модели обеспечивают ее развитие совместно с процессами реализации образовательной деятельности. В итоге выработанный алгоритм сначала построения модели, а затем ее практического применения может быть направлен на поиск оптимальных путей удовлетворения запросов участников образовательного процесса, делая этот процесс комфортным и в то же время повышая его эффективность и результативность.

Список источников / References

1. Беккер Дж. Образование по системе свободных искусств и наук: ответ на вызовы XXI в. *Вопросы образования*. 2015;(4):33–61. DOI: 10.17323/1814-9545-2015-4-33-61
 Becker J. Liberal arts and sciences education: Responding to the challenges of the XXIst century. *Educational Studies*. 2015;(4):33–61. DOI: 10.17323/1814-9545-2015-4-33-61

2. Matzavela V., Alepis E. Decision tree learning through a predictive model for student academic performance in intelligent m-learning environments. *Computers & Education*. 2021;2(6):100035. DOI: 10.1016/j.caeai.2021.100035

3. Rodrigues M. W., Zárate L. E., I sotani S., Educational Data Mining: A review of evaluation process in the e-learning. *Telematics and Informatics*. 2018;35(6):1701–1717. DOI: 10.1016/j.tele. 2018.04.015

4. Прошкина Е. Н., Балашова И. Ю. Анализ прогнозирования успеваемости студентов на основе радиальной базисной нейросети. *Технические науки: традиции и инновации. Материалы III Международной научной конференции*. Казань: Молодой ученый; 2018:24–27. Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/287/13683/>

Proshkina E. N., Balashova I. Yu. Analysis of the academic success prediction based on the radial basis neural network. *Engineering Sciences: Tradition and Innovation. Proc. 3d Int. Scientific Conf.* Kazan, Molodoy uchenyj; 2018:24–27. Available at: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/287/13683/>

5. Куприянов Р. Б., Звонарев Д. Ю. Разработка модели прогнозирования образовательных результатов обучающихся для университетов. *Искусственный интеллект и принятие решений*. 2021;(2):11–20. DOI 10.14357/20718594210202

Kupriyanov R. B., Zvonarev D. Yu. Developing of the student's educational success prediction model for universities. *Artificial Intelligence and Decision Making*. 2021;(2):11–20. DOI 10.14357/20718594210202

6. Луценко Я. В., Коржаков В. Е. Прогнозирование уровня предметной обученности студентов путем СК-анализа данных об их социальном статусе. *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия: Педагогика и психология*. 2007;(3):53–61. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_11933816_22068154.pdf

Lutsenko Ya. V., Korzhakov V. E. Predicting the level of students' subject proficiency by using the social cognitive method to analyze their social status data. *The Bulletin of the Aдыghe State University. Series: Pedagogy and Psychology*. 2007;(3):53–61. Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_11933816_22068154.pdf

7. Halde R. R., Deshpande A., Mahajan A. Psychology assisted prediction of academic performance using machine learning. Psychology assisted prediction of academic performance using machine learning. *2016 IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT)*. P. 431–435. DOI: 10.1109/RTEICT.2016.7807857

8. Pardo A., Han F., Ellis R. A. Combining university student self-regulated learning indicators and engagement with online learning events to predict academic performance. *IEEE Transactions on Learning Technologies*. 2016;10(1):82–92. DOI: 10.1109/TLT.2016.2639508

9. Ramkumar Rajendran, Anurag Kumar, Carter K. E., Levin D. T., Biswas G. Predicting learning by analyzing eye-gaze data of reading behavior. *EDM*. 2018.

10. Czubala G., Mihai A., Crivei L. S PRAR: A novel relational association rule mining classification model applied for academic performance prediction. *Procedia Computer Science*. 2019;(159):20–29. DOI: 10.1016/j.procs.2019.09.156

11. Ajibade S.-S. M., Nor Bahiah Hj. A., Siti M. Hj. Sh. A data mining approach to predict academic performance of students using ensemble techniques. *Proc. Int. Conf. on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA)*. 2018:749–760. DOI: 10.1007/978-3-030-16657-1_70

12. Mudasar Ashraf, Majid Zaman, Muheet Ahmed. An intelligent prediction system for educational data min-

ing based on ensemble and filtering approaches. *Procedia Computer Science*. 2020;(167):1471–1483. DOI: 10.1016/j.procs.2020.03.358

13. Breiman L. Random forests. *Machine Learning*. 2001;(45):5–32. Available at: https://www.cise.ufl.edu/~anand/fa11/Breiman_Random_Forests.pdf

14. Friedman J. H. Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *The Annals of Statistics*. 2001;29: 1189–1232. Available at: <https://www.jstor.org/stable/2699986?origin=JSTOR-pdf>

15. Friedman J. H. Stochastic gradient boosting. *Computational Statistics & Data Analysis*. 2002;38:367–378. DOI: 10.1016/S0167-9473(01)00065-2

16. Helmrich I. R., van Klaveren D., Steyerberg E. W. Research Note: Prognostic model research: overfitting, validation and application. *Journal of Physiotherapy*. 2019;65(4):243–245. DOI: 10.1016/j.jphys.2019.08.009

17. Lloyd S. P. Least squares quantization in PCM. *IEEE Transactions on Information Theory*. 1982;28(2):129–137. DOI: 10.1109/TIT.1982.1056489

18. MacQueen J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. *Proc. 5th Berkeley Symp. on Math. Statistics and Probability*. 1967:281–297. Available at: <http://www.cs.cmu.edu/~bhiksha/courses/mlsp.fall2010/class14/macqueen.pdf>

19. Куприянов Р. Б., Семенов А. Л. Анализ динамики образовательных результатов студентов крупного педагогического университета. *Вестник Московского городского университета. Серия: Информатика и информатизация образования*. 2018;(1 (43)):66–71. Режим доступа: <https://www.mgpu.ru/wp-content/uploads/2018/06/Vestnik-MGPU-Informatika-1-2018.pdf>

Kupriyanov R. B., Semenov A. L. The analysis of dynamics of educational results of students of a large teacher training university. *Vestnik of Moscow City University. Series: Informatics and Informatization of Education*. 2018;(1 (43)):66–71. Available at: <https://www.mgpu.ru/wp-content/uploads/2018/06/Vestnik-MGPU-Informatika-1-2018.pdf>

20. Luque A., Carrasco A., Martín A., de las Heras A. The impact of class imbalance in classification performance metrics based on the binary confusion matrix. *Pattern Recognition*. 2019;91:216–231. DOI: 10.1016/J.PATCOG.2019.02.023

Информация об авторах

Куприянов Роман Борисович, зам. начальника управления информационных технологий, Московский городской педагогический университет, г. Москва, Россия; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5153-4334>; e-mail: kupriyanovrb@mgpu.ru

Звонарев Дмитрий Юрьевич, канд. тех. наук, доцент, директор многофункционального студенческого центра, Московский городской педагогический университет, г. Москва, Россия; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6520-0746>; e-mail: zvonarevd@mgpu.ru

Information about the authors

Roman B. Kupriyanov, Deputy Head of the IT Department, Moscow City University, Moscow, Russia; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5153-4334>; e-mail: kupriyanovrb@mgpu.ru

Dmitry Yu. Zvonarev, Candidate of Sciences (Engineering), Docent, Head of the Multifunctional Student Center, Moscow City University, Moscow, Russia; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6520-0746>; e-mail: zvonarevd@mgpu.ru

Поступила в редакцию / Received: 13.10.2021.

Поступила после рецензирования / Revised: 08.11.2021.

Принята к печати / Accepted: 09.11.2021.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-47-54

THE VIRTUAL EDUCATION SPACE: CONCEPT, ARCHITECTURE, APPLICATION

S. N. Stoyanov¹ ✉, T. A. Glushkova¹, A. G. Stoyanova-Doycheva¹, I. K. Krasteva¹

¹ University of Plovdiv "Paisii Hilendarski", Plovdiv, Bulgaria

✉ stani@uni-plovdiv.net

Abstract

The e-learning environment known as VES (the Virtual Education Space) was created at the University of Plovdiv "Paisii Hilendarski" in Bulgaria step by step for years as each subsequent version was built on the previous one. Initially a learning system called DeLC (the Distributed e-Learning Center) has been implemented to support blended and independent learning at the Faculty of Mathematics and Informatics at the university. DeLC was a successful project, but we identified some problems, connected with interactions between the virtual and the physical world where in fact the learning process takes place. In the following period, we started the development of ViPS (the Virtual Physical Space) based on concepts of CPSS (Cyber-Physical-Social System) and IoT (Internet of Things). VES is the ViPS adaptation to education. VES is the successor to DeLC, it provides e-learning content and e-learning education services for planning, organizing, and conducting the learning process at the Faculty of Mathematics and Informatics of the University of Plovdiv.

VES supports various forms of e-learning such as blended learning, self-paced learning, lifelong learning, inclusive and game-based learning (GBL). The following aspects of VES are essential: 1) users are the focus of attention; 2) physical "things" are virtualized; 3) there is integration between the virtual and the physical worlds. Since ViPS is developed as a CPSS ecosystem, users are the focus of attention. This determines the need to develop personal assistants to participate in the processes of the ViPS space on behalf of and in the interest of users. Three intelligent agents are modeled in VES: an internal educational agent, an external educational agent, and a career consultant. MATE (the Multi-Agent Testing Environment) is a component supported in the ViPS space for training and testing of students in a game-based manner. MATE is a set of autonomous agents, each one of which has responsibilities in the common architecture that arise from training and testing needs.

As a CPSS space, VES introduces new approaches and scenarios to solve complex problems in the field of e-learning. VES provides a reference architecture, which can be adapted for various forms of education supported by information and communication technologies.

Keywords: cyber-physical-social system, CPSS, e-learning, virtual education space, intelligent agent.

For citation:

Stoyanov S. N., Glushkova T. A., Stoyanova-Doycheva A. G., Krasteva I. K. The virtual education space: Concept, architecture, application. *Informatics and Education*. 2021;36(9):47–54. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-47-54

ВИРТУАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО: КОНЦЕПЦИЯ, АРХИТЕКТУРА, ПРИМЕНЕНИЕ

С. Н. Стоянов¹ ✉, Т. А. Глушкова¹, А. Г. Стоянова-Дойчева¹, И. К. Крастева¹

¹ Пловдивский университет «Паисий Хилендарский», г. Пловдив, Болгария

✉ stani@uni-plovdiv.net

Аннотация

Среда электронного обучения VES (Virtual Education Space — виртуальное образовательное пространство) создавалась в Пловдивском университете «Паисий Хилендарский» в Болгарии шаг за шагом в течение многих лет, при этом каждая последующая версия была построена на предыдущей. Первоначально была внедрена система обучения под названием DeLC (Distributed e-Learning Center — Центр распределенного электронного обучения) для поддержки смешанного и самостоятельного обучения на факультете математики и информатики университета. DeLC оказался успешным проектом, но мы выявили некоторые проблемы, связанные с взаимодействием виртуального и физического миров, в котором фактически происходит процесс обучения. В последующий период мы начали разработку ViPS (Virtual Physical Space — виртуальное физическое пространство) на основе концепций CPSS (Cyber-Physical-Social System — кибер-физическая социальная система) и IoT (Internet of Things — интернет вещей). VES — это адаптация ViPS к образованию. VES является преемником DeLC, оно предоставляет контент и образовательные услуги электронного обучения для планирования, организации и проведения учебного процесса на факультете математики и информатики Пловдивского университета.

VES поддерживает различные формы электронного обучения, такие как смешанное обучение, самостоятельное обучение, обучение на протяжении всей жизни, инклюзивное обучение и обучение на основе игр. Важны следующие аспекты VES: 1) пользователи в центре внимания; 2) физические «вещи» виртуализированы; 3) существует интеграция между виртуальным и физическим мирами. Поскольку ViPS разрабатывается как экосистема CPSS, пользователи находятся в центре внимания. Это определяет необходимость разработки персональных помощников для участия в процессах пространства ViPS от имени

и в интересах пользователей. В VES моделируются три интеллектуальных агента: внутренний образовательный агент, внешний образовательный агент и консультант по вопросам карьеры. MATE (Multi-Agent Testing Environment — мультиагентная среда тестирования) — поддерживаемый в пространстве ViPS компонент для обучения и тестирования студентов в игровой форме. Это набор автономных агентов, каждый из которых имеет обязанности в общей архитектуре, возникающие в связи с потребностями обучения и тестирования.

Как пространство CPSS, VES представляет новые подходы и сценарии для решения сложных проблем в области электронного обучения. VES предоставляет эталонную архитектуру, которую можно адаптировать для различных форм обучения, поддерживаемых информационно-коммуникационными технологиями.

Ключевые слова: кибер-физическая социальная система, электронное обучение, виртуальное образовательное пространство, интеллектуальный агент.

Для цитирования:

Стоянов С. Н., Глушкова Т. А., Стоянова-Дойчева А. Г., Крстева И. К. Виртуальное образовательное пространство: концепция, архитектура, применение. *Информатика и образование*. 2021;36(9):47–54. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-47-54 (На англ.)

1. Introduction

The possibilities of modern digital technologies and their application in the educational process is a subject of growing interest, especially in the global COVID'19 pandemic. Software companies and universities develop different educational environments, which, despite their unconditional advantages, have a number of shortcomings related to didactics, methodology, pedagogy, and psychology. There are various specifications (e. g. SCORM, QTI) that encourage the integration of methodological and pedagogical models in the educational environment and solve this problem to some extent. The fact is that face-to-face learning has no effective alternative and the use of appropriate educational environments can support and enrich the learning process as an additional didactic technology.

In this article, we will introduce an e-learning environment known as VES (the Virtual Education Space). The above considerations are embodied in the construction of VES. This space was created step by step for years as each subsequent version was built on the previous one. We initially implemented a learning system called DeLC (the Distributed e-Learning Center) to support blended and independent learning at the Faculty of Mathematics and Informatics at the University of Plovdiv. DeLC functions as a network from individual e-learning nodes that support a full or partial cycle of training in different laboratories, departments, faculties, colleges, schools, and universities. Each e-learning node is a standalone host of a set of e-learning services [1]. DeLC was a successful project, but we identified some problems, connected with interactions between the virtual and the physical world where in fact the learning process takes place.

In the following period, we started the development of ViPS (the Virtual Physical Space) based on concepts of CPSS (Cyber-Physical-Social Systems) [2] and IoT (Internet of Things) [3]. ViPS is a reference infrastructure to support the development of CPSS-like applications [4]. The main challenge to consider is the integration of the virtual and the physical world in both directions. The first bottom-up direction focuses on the virtualization of physical “things”. The top-down direction aims to “locate” system intelligence close to

the physical world. In this aspect, special attention is paid to the support of different user groups.

As a reference architecture, ViPS has to be adapted to the different domains. VES is the ViPS adaptation to education; it supports various forms of e-learning such as self-paced learning, blended learning, lifelong learning, and inclusive learning.

The rest of the paper is organized as follows: a short review of ViPS is considered in Section 2, Section 3 presents selected applications operating in VES, and finally, Section 4 concludes the paper.

2. ViPS infrastructure

According to the concept presented above, the ViPS architecture needs to provide virtualization of real objects that are important for the current domain. In this aspect, the architecture reflects and presents in the virtual world an essentially identical model of the real physical world, in which the processes, users, objects, and the interaction between them are realized dynamically in a personalized and context-aware way. During this virtualization, appropriate digital presentations are generated, which consist of two parts:

- A model of the significant inherent attributes of the physical objects;
- A model of some additional attributes for the object, usually characterizing its presence in the physical space as events, time, space, and location.

In practice, the virtualization of “things” is supported by the ViPS middleware, which includes two subspaces: the Analytical Subspace and the Digital Libraries Subspace, as well as the Event Engine and the Operative Assistants with different functionalities and responsibilities (Figure 1).

The Digital Libraries Subspace was created as a structure of open digital repositories with information specific to the respective domain. New domain-specific components are periodically archived and stored in separate libraries (DoLs) and they become a part of ViPS. In this way, ViPS is enriched with information about each new application.

The Analytical Subspace provides tools for digitizing and presenting information related to the

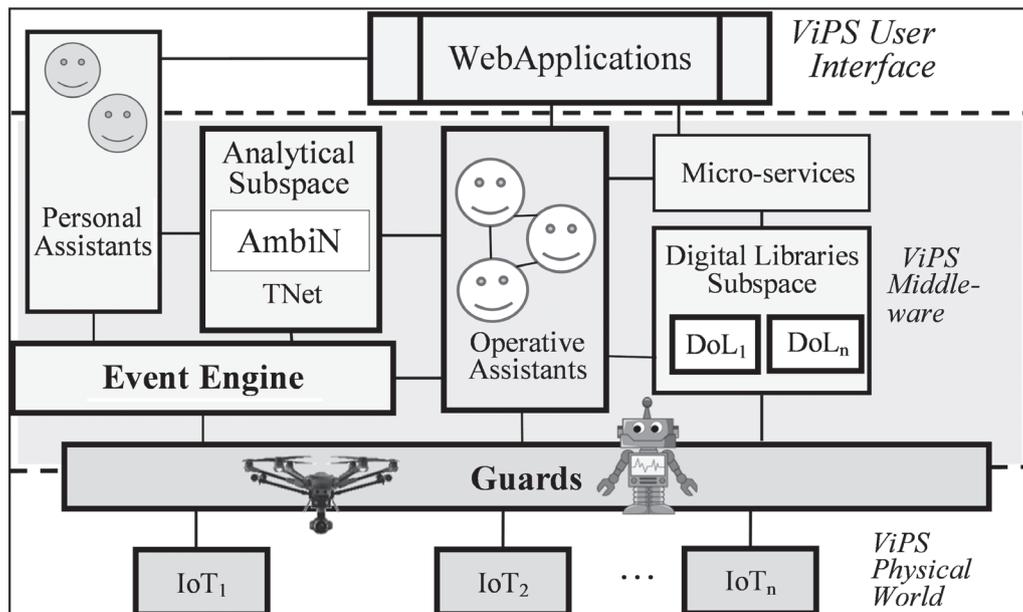


Fig. 1. The ViPS software architecture

time, space, and location of objects. In this sense, the Analytical Subspace is made up of the following basic components — TNet, AmbiNet, and the Event Engine:

- TNet provides an opportunity to present the temporal aspects of things, events, and locations.
- AmbiNet provides the ability to model the spatial characteristics of “things” and events through context-aware ambients [5].
- The Event Engine models and interprets different types of events that are relevant to the current domain.

Since ViPS is developed as a CPSS ecosystem, users are the focus of attention. This determines the need to develop personal assistants to participate in the processes of the ViPS space on behalf of and in the interest of users. Each PA prepares and manages a structure known as a personal schedule that includes completed and upcoming user activities.

Guards act as an intelligent interface between the virtual and the physical worlds. They provide data on the state of the environment in the physical world, which, after processing, transmit to the virtual environment of space. Many IoT nodes are integrated into the architecture of the Guards, which provide access to sensors and actuators of the “things” of the physical world.

Operative Assistants provide access to the resources of the two subspace and interact with Personal Assistants and Web applications. In addition, Operative Assistants interact with the Guards to provide ViPS with the necessary data from the physical world. The public information resources of the space are open and accessible through appropriate Web Applications, which are usually applied in a certain domain.

Several ViPS adaptations are currently being developed in the domains of smart farming, smart cities, and e-learning.

3. Virtual education space: architecture and applications

The Virtual Education Space (VES) is a ViPS adaptation in the e-learning domain. The following aspects of VES are essential:

- Users are the focus of attention;
- Physical “things” are virtualized;
- There is integration between the virtual and the physical worlds.

VES is the successor to the Distributed e-Learning Center (DeLC). It provides e-learning content and e-learning education services for planning, organizing, and conducting the learning process in the Faculty of Mathematics and Informatics of Plovdiv University. VES maintains the internationally accepted standards for e-learning SCORM 2004 [6] and QTI 2.1 [7] and takes into account the current trends in the development of Internet technologies, but the integration between the virtual and the physical worlds is not satisfactory. VES upgrades DeLC version 2 while retaining all its characteristics; below, we will look at some DeLC services that have been expanded in VES.

The development of VES as a CPSS-like space enhances the ability to adapt and personalize the services offered for different applications and different groups of users, especially for disadvantaged people. The main architecture of VES is presented in Figure 2. VES supports various forms of e-learning such as blended learning, self-paced learning, lifelong learning, inclusive and game-based learning.

3.1. Blended learning, e-testing

Tests are the primary mechanism for verification and control of the learners’ knowledge. That is why the electronic testing system is the kernel of VES [8]. The system allows conducting individual electronic

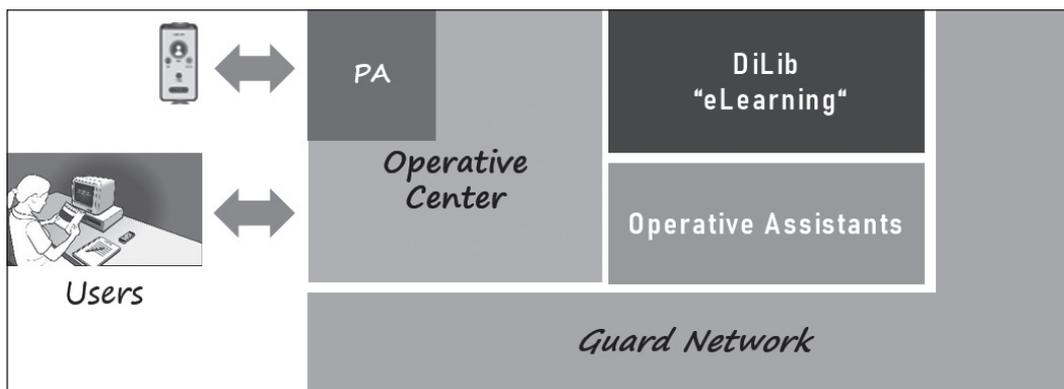


Fig. 2. The VES architecture

testing of students. Teachers prepare templates that the system uses to automatically generate individual tests in real-time during the exam. Each teacher can enrich the accessible repository of test questions in their academic discipline. The main tools supporting the testing are deployed in the DeLC 2.0 portal while the repositories (libraries) with teaching material are part of the VES Digital Library Subspace.

The VES portal provides an editor of questions, by means of which teachers can create, edit, delete, and search the questions in the database. The completed tests can be evaluated by the teachers manually or through using the system. The portal can automatically evaluate all question types other than open-ended ones. Partial evaluations of the system can be combined with assessments of open questions and a final evaluation is stored in the database. During an exam, when a test becomes valid in accordance with the rules set by the teacher, the portal generates individual tests from a test pattern that are accessible to particular users with the role of "student". After completing the test, the student receives the final result in his/her profile. In addition, the portal creates useful statistics for teachers (Figure 3).

3.2. Self-paced training

VES provides self-study training content in various formats such as .pdf, .doc, .html. However, the most

interesting format is the SCORM 2004 e-packages. The SCORM 2004 standard has been developed to assist in the creation, portable delivery, and use of reusable instructional content for application in computer-based self-study. SCORM (Sharable Content Object Reference Model) covers all the requirements of ISO/IEC 19796-1:2005. It is a part of the idea of ADL for the standardization of e-learning. SCORM is a referent model that defines the e-learning content, its naming, storage, and presentation in a distributed learning environment. The SCORM referent model is a set of interconnected technical standards, specifications, and guidelines designed to meet the high requirements on content and content management systems.

The DeLC 2.0 portal enables students to use the SCORM-textbook (Figure 4). Any student who has access to a particular academic discipline can start the learning process. Students can interrupt their work on the study material at any time since the SCORM Engine will retain its status and at a later time, the student can continue his/her training from where he/she has stopped. This enables everyone to learn at their own pace at a convenient time for them.

3.3. Lifelong learning

Lifelong learning (LLL) has been defined as all purposeful learning activity, undertaken on an ongoing basis with the aim of improving knowledge,

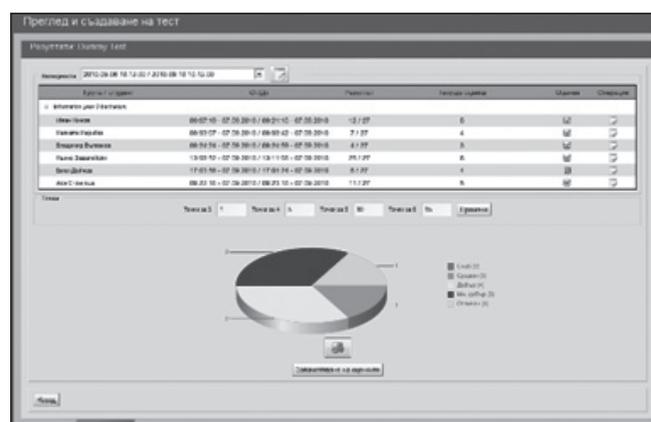


Fig. 3. Test results statistics

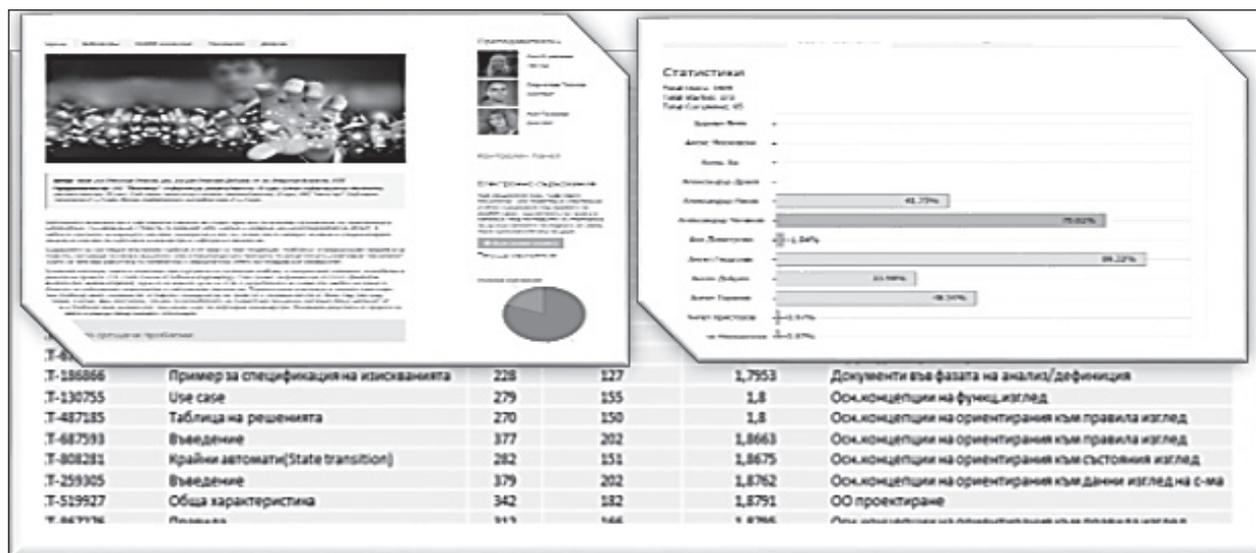


Fig. 4. SCORM-based self-paced learning

skills, and competence. According to the National and the European sustainable economy strategy [9], competences appropriate to the labor market have to be developed, which requires the acquisition of knowledge through the continuing forms of education. Lifelong learning technologies and systems are subject to intensive research and are increasingly being used to extend forms of study in universities and schools as well as in company training. The subjects of the learning content provided by such systems are expanding considerably. For example, [10] presents approaches and systems for lifelong learning. The approach suggested in VES to support lifelong learning consists of the following steps [11]:

- Presentation of topics to arouse interest in potential learners;
- Creation of a portfolio of each learner;
- Development of personalized education and training of students;
- Assessment of learners.

Three intelligent agents are modeled in VES — an internal educational agent (IEA), an external educational agent (EEA), and a career consultant (CC). The IEA will be trained to detect similarities between a user's profile and relevant courses available in the database of the space. The EEA will be trained to offer information about educational and training opportunities in addition to courses available. The career consultant will provide professional orientation to the user.

3.4. Inclusive education

Inclusive education requires a restructuring of the learning content and the learning environment so that everyone can learn and participate in the process together. It can only be successful when all learners feel that they are truly part of the educational community.

The ViPS adaptation for the secondary school has gone through several upgradeable systems. The

first one is the Distributed e-Learning Center (DeLC) education system that aims to provide e-learning resources and e-services to different user groups [12]. With the increase of the DeLC requirements and the need for a more flexible system to add even more functionality, the Virtual Education Space (VES) was created. VES integrates the DeLC functionality with the addition of a number of further services. This was made possible by the development of a system of intelligent components, on which VES was built.

Of particular importance for assisting the learning process in inclusive education are personal assistants that allow learners easy access to the space and the services that the system provides, regardless of their location in the physical world. The BLISS prototype presented here is an adaptation of ViPS for high school inclusive education [13]. BLISS is implemented as a multi-agent system, the core of which are personal assistants that interact with each other. The agent environment consists of two parts — an event-driven BLISS server and a blockchain-based school diary (Figure 5).

Teachers and learners interact in this space personally or through their personal agents that are constantly self-learning, reflecting, and serving the specific goals, interests, and desires of trainers and learners. The learning content and the learning process are dynamically adapted to the knowledge and specific characteristics of the individual students (Figure 6).

3.5. Game-based learning (GBL)

MATE (the Multi-Agent Testing Environment) is a GBL component supported in the ViPS space; it is a platform for training and testing of students in a game-based manner [14]. MATE is a set of autonomous agents, each one of which has responsibilities in the common architecture that arise from training and testing needs. In the current prototype, as shown in Figure 7, there are five active agents — two of them are client agents and three are server ones. At the

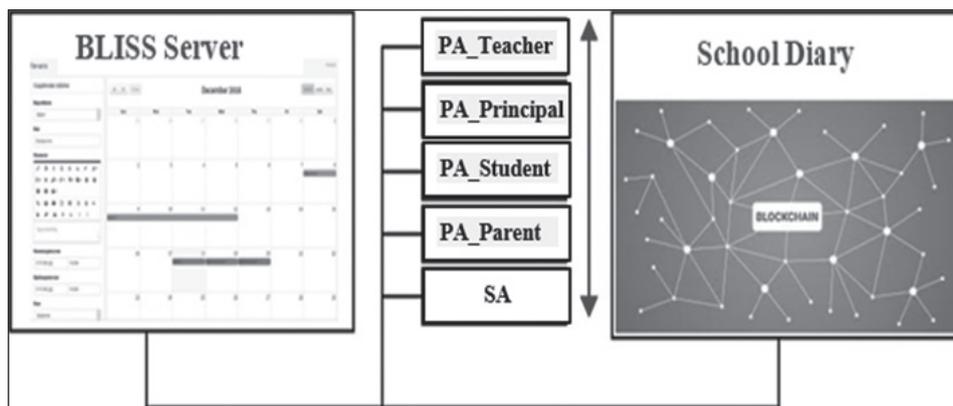


Fig. 5. The BLISS architecture

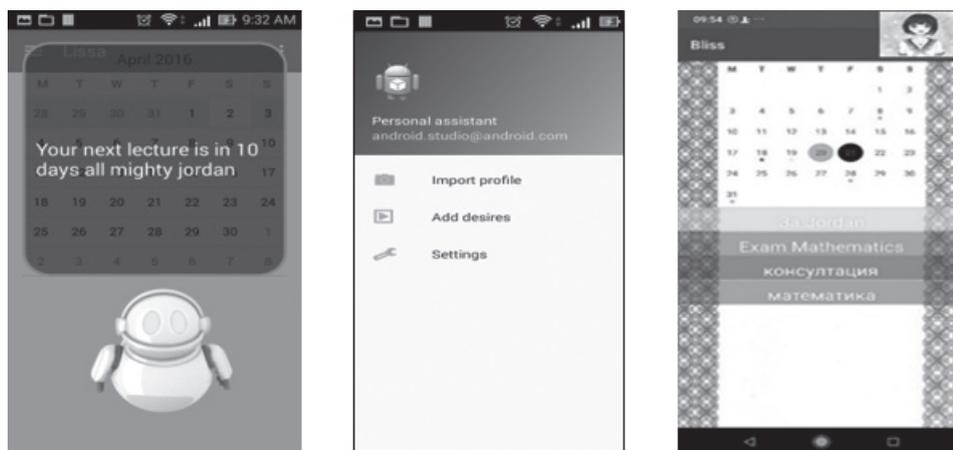


Fig. 6. Personal Assistants for different groups in the learning space – teachers, students, pupils

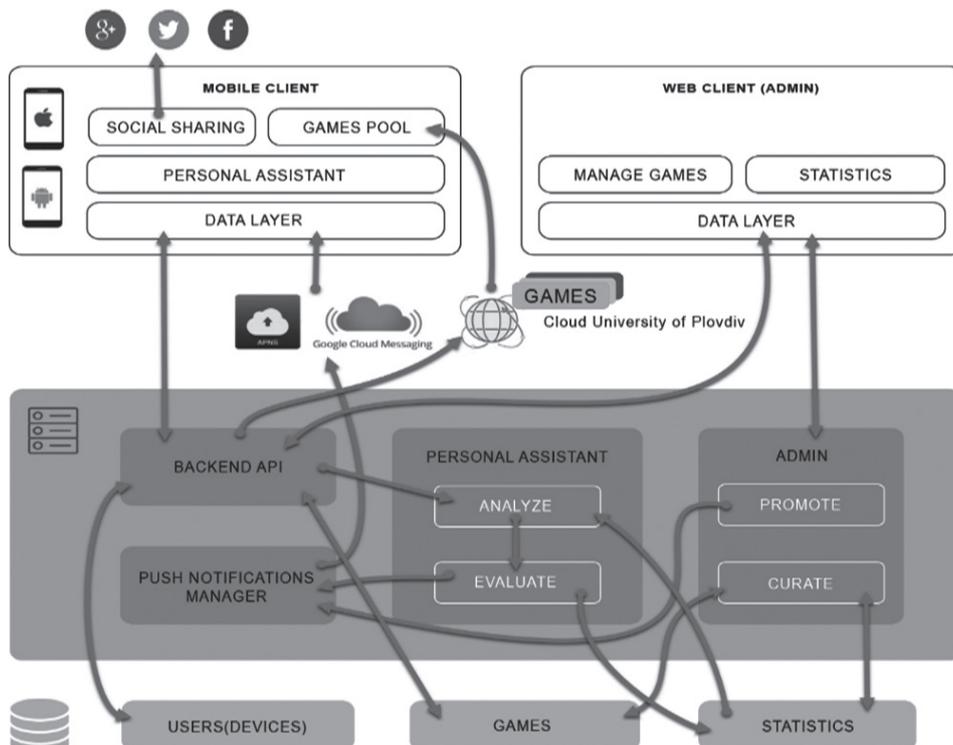


Fig. 7. The MATE architecture



Fig. 8. MATE adaptation for students with special educational needs

same time, the environment is sufficiently flexible and platform-independent, and the REST protocol of communication between the server and the client agents allows the creation of client agents on mobile phones and desktop computers in a set of programming languages.

An adaptation of MATE has been developed for the training of students with special educational needs and children from the autistic sector (Figure 8). The Student Personal Assistant (PPA) guides players to progress in educational games through voice and text messages. It builds an environment consisting of two parts: a game desk visible to the player and a game diary accessible only to the teacher.

4. Conclusions

As a CPSS space, VES introduces new approaches and scenarios to solve complex problems in the field of e-learning. By integrating different technologies for the development of VES, we expect increased commitment and interest of students to education in ways that were impossible before [15].

On the one hand, VES continues to evolve and improve as an intelligent e-learning environment, whereas, on the other hand, it is also as an experimental environment for solutions and prototype implementations related to the management of complex intelligent systems.

The applications running in VES were developed in different periods of time and their server parts are spread over different hardware configurations. Currently, a unified three-tier infrastructure is under construction, which will serve ViPS and its adaptations (including VES). The infrastructure consists of sensor networks on a low level, a cloud infrastructure on a high level, and an intermediate communication network.

Acknowledgments

The results published in this article are part of a study conducted with the financial support of project FP21-FMI-002 “Intelligent Innovative ICT in Research in Mathematics, Informatics, and Pedagogy of Education” of the Scientific Fund of Plovdiv University “Paisii Hilendarski” in Bulgaria.

References

1. Stoyanov S., Popchev I., Doychev E., Mitev D., Valkanov V., Stoyanova-Doycheva A., Valkanova V., Minov I. DeLC educational portal. *Cybernetics and Information Technologies*. 2010;10(3):49–69. Available at: http://www.cit.iit.bas.bg/CIT_2010/v10-3/49-69.pdf
2. Wang F.-Y. The emergence of intelligent enterprises: From CPS to CPSS. *IEEE Intelligent Systems*. 2010;25(4):85–88. DOI: 10.1109/MIS.2010.104
3. Perera C., Zaslavsky A., Christen P., Georgakopoulos D. Context aware computing for the Internet of Things: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2014;16(1):414–454. DOI: 10.1109/SURV.2013.042313.00197
4. Stoyanov S., Glushkova T., Stoyanova-Doycheva A., Doychev E. Virtual Physical Space — an architecture supporting internet of things applications. *2018 20th Int. Symp. on Electrical Apparatus and Technologies (SIELA)*. Bourgas, IEEE, 2018. DOI: 10.1109/SIELA.2018.8447156
5. Glushkova T., Stoyanov S., Popchev I., Cheresharov S. Ambient-oriented modeling in a virtual education space. *Comptes rendus de l' Academie bulgare des Sciences*. 2018;71(3):398–406. DOI: 10.7546/CRABS.2018.03.13
6. SCORM 2004 4th Edition. Available at: <https://scorm.com/blog/scorm-2004-4th-edition/>
7. IMS Question & Test Interoperability (QTI) Specification. Available at: <http://www.imsglobal.org/question/index.html>
8. Stancheva N., Stoyanova-Doycheva A., Stoyanov S., Popchev I., Ivanova V. A model for generation of test questions. *Comptes rendus de l' Academie bulgare des Sciences*. 2017;70(5):619–630. Available at: <http://www.proceedings.bas.bg/>
9. EUROPE 2020. A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Brussels, European Commission; 2010.

32 p. Available at: <https://ec.europa.eu/eu2020/pdf/COM-PLET%20EN%20BARROSO%20%20%20007%20-%20Europe%202020%20-%20EN%20version.pdf>

10. Isele D., Luna J. M., Eaton E., de la Cruz G. V., Irwin J., Kallaher B., Taylor M. E. Lifelong learning for disturbance rejection on mobile robots. *2016 IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS)*. 2016:3993–3998. DOI: 10.1109/IROS.2016.7759588

11. Toskova A., Doychev E., Toskov B. An idea for extension of the virtual education space for lifelong learning. *Proc. Scientific Conf. with Int. Part. "The new idea in education"*. Burgas Free University; 2016:433–437. Available at: http://research.bfu.bg:8080/jspui/bitstream/123456789/906/1/433_PDFsam_Final_Tom2.pdf

12. Glushkova T. Personalization and user modeling in adaptive e-learning systems for schools. *E-Learning — Instructional Design, Organizational Strategy and Management*. 2015:127–147. DOI: 10.5772/61084

13. Krasteva I., Todorov J., Stoyanov S. Intelligent school education space. *Education & Technologies Journal*. 2019;10(1):120–126. DOI: 10.26883/2010.191.1489

14. Petrov A., Petrov A., Valkanova V., Dimitrov I. Game based learning within virtual education space. *Proc. Scientific Conf. with Int. Part. "The new idea in education"*. Burgas Free University; 2016:451–456. Available at: http://research.bfu.bg:8080/jspui/bitstream/123456789/909/1/451_PDFsam_Final_Tom2.pdf

15. Stoyanov S., Glushkova T., Doychev E., Stoyanova-Doycheva A., Ivanova V. Cyber-physical-social systems and applications. Part I: Reference architecture. LAP LAMBERT Academic Publishing; 2019. 100 p.

Information about the authors

Stanimir Nedyalkov Stoyanov, Ph.D., Professor at the Faculty of Mathematics and Informatics, University of Plovdiv "Paisii Hilendarski", Plovdiv, Bulgaria; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-3854-4260>; *e-mail*: stani@uni-plovdiv.net

Todorica Atanasova Glushkova, Ph.D., Associate Professor at the Faculty of Mathematics and Informatics, University of Plovdiv "Paisii Hilendarski", Plovdiv, Bulgaria; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-6243-9364>; *e-mail*: glushkova@uni-plovdiv.bg

Asya Georgieva Stoyanova-Doycheva, Ph.D., Associate Professor at the Faculty of Mathematics and Informatics, University of Plovdiv "Paisii Hilendarski", Plovdiv, Bulgaria; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-0129-5002>; *e-mail*: astoyanova@uni-plovdiv.net

Irina Krasimirova Krasteva, Ph.D. student at the Faculty of Mathematics and Informatics, University of Plovdiv "Paisii Hilendarski", Plovdiv, Bulgaria; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-0842-8143>; *e-mail*: irina_krasteva@uni-plovdiv.bg

Информация об авторах

Стоянов Станимир Недялков, Ph.D., профессор факультета математики и информатики, Пловдивский университет «Паисий Хилендарский», г. Пловдив, Болгария; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-3854-4260>; *e-mail*: stani@uni-plovdiv.net

Глушкова Тодорка Атанасова, Ph.D., доцент факультета математики и информатики, Пловдивский университет «Паисий Хилендарский», г. Пловдив, Болгария; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-6243-9364>; *e-mail*: glushkova@uni-plovdiv.bg

Стоянова-Дойчева Ася Георгиева, Ph.D., доцент факультета математики и информатики, Пловдивский университет «Паисий Хилендарский», г. Пловдив, Болгария; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0002-0129-5002>; *e-mail*: astoyanova@uni-plovdiv.net

Крестева Ирина Красимирова, аспирант факультета математики и информатики, Пловдивский университет «Паисий Хилендарский», г. Пловдив, Болгария; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-0842-8143>; *e-mail*: irina_krasteva@uni-plovdiv.bg

Received / Поступила в редакцию: 07.09.2021.

Revised / Поступила после рецензирования: 14.10.2021.

Accepted / Принята к печати: 19.10.2021.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-55-62

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ С ФУНКЦИЕЙ ПРЯМОГО ИНЖИНИРИНГА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

М. В. Смирнов¹ ✉, В. М. Поленок¹

¹ МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва, Россия

✉ smirnov_m@mirea.ru

Аннотация

В статье актуализируется необходимость разработки программного обеспечения для моделирования реляционных баз данных для использования в процессе обучения студентов технических специальностей по дисциплинам, связанным с базами данных.

Проблема рассматривается с точки зрения оценки современного программного обеспечения, используемого в процессе обучения студентов навыкам проектирования баз данных. На основании выявленных в ходе обзора программного обеспечения недостатков определен ряд требований к актуальному программному обеспечению. Сформированные ключевые требования — это мобильность, доступность, универсальность и открытость платформы разработки.

В статье описывается процесс решения ключевых задач, возникших в ходе реализации проекта разработки веб-приложения для моделирования реляционных баз данных в соответствии с сформированными требованиями. Последовательно рассмотрена практическая реализация следующих функций: создание логической реляционной модели данных, создание физической модели данных, прямой инжиниринг в программное обеспечение реляционных баз данных. Описаны основные технологические решения, примененные в ходе разработки веб-приложения для обеспечения заданных в условии качества.

Итогом работы является успешная апробация результатов разработки в процессе создания реального веб-приложения — как в рамках лабораторных и практических работ дисциплин «Проектирование и администрирование баз данных» и «Управление данными», так и на этапе написания дипломных работ для технических направлений обучения.

Ключевые слова: реляционные базы данных, веб-приложение баз данных, веб-моделирование, проектирование баз данных, прямой инжиниринг, нотация Чена, нотация IDEF1x, ИТ-проект.

Для цитирования:

Смирнов М. В., Поленок В. М. Опыт разработки веб-приложения для моделирования реляционных баз данных с функцией прямого инжиниринга для обучения студентов технических специальностей. *Информатика и образование*. 2021;36(9):55–62. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-55-62

EXPERIENCE IN DEVELOPING A WEB APPLICATION FOR RELATIONAL DATABASES MODELING WITH A FORWARD ENGINEERING FUNCTION FOR TRAINING STUDENTS OF TECHNICAL SPECIALTIES

M. V. Smirnov¹ ✉, V. M. Polenok¹

¹ MIREA — Russian Technological University, Moscow, Russia

✉ smirnov_m@mirea.ru

Abstract

The article actualizes the need to develop software for modeling relational databases for use in the process of teaching students of technical specialties in disciplines related to databases.

The problem is considered from the point of view of assessing modern software used in the process of teaching students database design skills. Based on the shortcomings identified during the software review, a number of requirements for the actual software were determined. Formed key requirements are mobility, accessibility, versatility and openness of the development platform.

The article describes the process of solving key problems that arose during the implementation of a project to develop a web application for modeling relational databases in accordance with the generated requirements. The practical implementation of the following functions is sequentially considered: creation of a logical relational data model, creation of a physical data model, direct engineering into relational database software. The main technological solutions used in the development of a web application to ensure the qualities specified in the condition are described.

The result of the work is the successful testing of the development results in the process of creating a real web application, both within the framework of laboratory and practical work in the disciplines “Design and administration of databases” and “Data management”, and at the stage of writing graduate works for technical directions of training.

Keywords: relational databases, web database application, web modeling, database design, direct engineering, Chen notation, IDEF1x notation, IT project.

For citation:

Smirnov M. V., Polenok V. M. Experience in developing a web application for relational databases modeling with a forward engineering function for training students of technical specialties. *Informatics and Education*. 2021;36(9):55–62. DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-9-55-62 (In Russian.)

1. Актуальность проблемы разработки веб-приложения для моделирования баз данных для обучения студентов технических специальностей

Учебные дисциплины, связанные с проектированием информационных систем и баз данных, входят во все учебные планы по подготовке бакалавров технических специальностей. Неотъемлемой частью преподавания этих дисциплин является разработка студентами прикладного программного обеспечения для различных предметных областей.

Для классического проектирования традиционных реляционных баз данных обычно достаточно знания основ языка SQL, а также основных принципов и правил реляционной модели данных. Вместе с этим сам процесс написания кода, реализации структуры хранения данных зачастую оказывается для студента излишне трудоемким не только на этапе создания физической модели, но даже в большей степени на этапе исправления ошибок и оптимизации модели.

Данная проблема актуальна не только для процесса обучения разработке программного обеспечения, но и для процесса реализации реальных проектов по созданию приложений баз данных и информационных систем. Поэтому еще в 90-х годах прошлого века начали появляться CASE-средства моделирования данных, призванные максимально автоматизировать и облегчить процесс создания модели данных для последующей интеграции ее с соответствующим программным обеспечением. Такие CASE-средства активно используются как в университетских программах обучения, так и в реальных проектах разработки программного обеспечения баз данных и в настоящее время. Вместе с тем существует ряд ограничений и проблем, связанных с их эксплуатацией, особенно в программах обучения университетов. В первую очередь это высокая стоимость программного обеспечения, привязка к определенным операционным системам и средам, ограниченный бесплатный функционал, возможность инжиниринга результатов моделирования только в определенное ПО БД.

В данной статье будут сформулированы основные проблемы современных CASE-средств моделирования данных с точки зрения применения их в процессе обучения студентов в рамках направления «Прикладная информатика», а также описаны процесс

формулирования требований к веб-приложению логического моделирования данных с функцией прямого инжиниринга физической модели данных и реализация такого приложения.

Проблематика упрощения процесса проектирования баз данных и создания рабочих физических моделей баз данных при реализации проектов разработки программного обеспечения, в том числе в ходе обучения студентов технических специальностей, в последние годы поднималась в работах А. В. Гаврилова [1, 2], Н. В. Титовской, С. Н. Титовского [3], Y. Zuoyou [4], Katz A. [5], N. Roy-Hubara, A. Sturm [6] и других ученых.

Тематикой перечисленных работ являются проблемы, связанные с дальнейшим изучением реляционной модели хранения данных [4, 6–8] и баз данных, построенных с использованием этой модели. Отдельное внимание в трудах ученых уделяется современному программному обеспечению моделирования баз данных. Также поднимаются вопросы автоматизации создания реляционных моделей данных и разработки моделей данных для решения задач в разных предметных областях [6, 8].

2. Анализ актуального программного обеспечения для моделирования баз данных

Проблема подбора программного обеспечения для проектирования баз данных подробно рассматривается в статье А. В. Гаврилова «Анализ функциональных возможностей бесплатных CASE-средств проектирования баз данных» [2]. Автор приходит к мнению, что в условиях чрезвычайной дороговизны качественного промышленного программного обеспечения проектирования баз данных (ErWin Data Modeler) актуальными являются поиск и применение свободного (free software) и бесплатного (freeware) программного обеспечения. А. В. Гаврилов приводит подробный обзор и сравнительный анализ функциональных возможностей актуального программного обеспечения по теме:

- MySQL Workbench;
- Valentina Studio;
- dbForge Studio for MySQL;
- SQLyog Community;
- EMS SQL Management Lite Studio;
- Heidi SQL.

Перечисленное программное обеспечение было опробовано авторами настоящей статьи в ходе проведения практических и лабораторных работ в дисциплинах, связанных с проектированием баз данных. Это программное обеспечение в целом обладает достаточным для моделирования баз данных функционалом (соединение с серверами баз данных, инструментарий для написания инструкций SQL на создание и изменение элементов базы данных, инструменты логического моделирования данных, средства импорта/экспорта данных) [9, 10].

Однако в ходе практического применения указанного программного обеспечения был выявлен ряд недостатков, создающих неудобства в процессе обучения студентов. Так, перечисленное программное обеспечение, за исключением EMS SQL Management Lite Studio, не имеет русскоязычного интерфейса. Важной для осуществления эффективной работы по проектированию баз данных опцией создания физической модели базы данных на сервере (forward engineering) обладают только три из перечисленных программных средств: MySQL Workbench [11], Valentina Studio [12], dbForge Studio [13]. Такими ключевыми для процесса обучения проектированию баз данных функциями, как сохранение схемы базы данных в графическом формате (или в любом другом универсальном формате для передачи и удобного чтения) и отображения модели данных в различных нотациях обладает лишь MySQL Workbench. В свою очередь, при всех очевидных преимуществах применение при проектировании программного решения MySQL Workbench Community Edition выявило три существенных недостатка:

- невозможность расширения функционала программного средства;
- ориентация данного программного продукта на работу в среде традиционных операционных систем (вариации систем Windows, Linux);
- ограничение возможности создания и администрирования баз данных лишь программным обеспечением Oracle MySQL.

Помимо перечисленного выше программного обеспечения для создания моделей данных добавим к рассмотрению современное веб-приложение Pony Object Relational Mapper [14]. Данное приложение ближе всего соответствует требованиям, предъявляемым к ПО для обучения студентов базам данных. Pony Object Relational Mapper — это бесплатное приложение, оно обладает кроссплатформенностью и мобильностью, позволяет строить физические модели данных и сохранять их на сервере, а также предоставляет средства прямого инжиниринга моделей в ключевые базы данных. Вместе с тем интерфейс программного средства представлен на английском языке, а инструментарий для построения моделей ограничен средствами физического моделирования нотации IDEF1x.

По итогам проведенного исследования *было принято решение о разработке собственной версии программного обеспечения для проектирования баз*

данных, обладающего необходимыми свойствами для проведения эффективных практикумов и лабораторных работ студентов бакалавриата (направление «Прикладная информатика») в области проектирования баз данных.

3. Постановка задачи на разработку веб-приложения для моделирования реляционных баз данных

Для разрабатываемого программного обеспечения для проектирования баз данных были сформулированы следующие ключевые требования:

- наличие ключевых функций существующих программных средств проектирования баз данных:
 - возможность создания логических моделей баз данных;
 - возможность хранения и изменения логических моделей баз данных;
 - функция прямого инжиниринга логической модели в физическую модель данных;
- удобный минималистичный графический интерфейс программного средства, реализованного в виде веб-приложения (универсализм, мобильность и простота доступа к работе — это одни из ключевых требований к современному программному обеспечению, используемому в процессе обучения);
- обеспечение возможности легкого доступа к дальнейшему расширению функционала базового программного обеспечения;
- реализация функции автоматического сохранения и удобной визуализации результатов моделирования (для удобства создания студентами отчетов о проведенной в рамках проектирования работе);
- реализация нескольких типов (нотаций) логического моделирования данных;
- увеличение количества программного обеспечения СУБД, с которыми может взаимодействовать программное обеспечение проектирования баз данных (в рамках функции прямого инжиниринга);
- использование в технологическом стеке разработки программ и технологий, допускающих использование конечного продукта в формате Open Source.

4. Технические аспекты реализации веб-приложения для моделирования реляционных баз данных

В ходе выполнения технического задания по разработке программного обеспечения для проектирования баз данных потребовалось решить ряд задач, связанных со спецификой реализации веб-приложения.

Выделим четыре наиболее трудоемкие и ключевые задачи:

- 1) Создание в приложении инструментария, соответствующего выбранной пользователем нотации моделирования баз данных.
- 2) Приложение должно предоставлять возможность пользователю создавать и загружать на веб-сервер (сохранять в своем рабочем пространстве) готовую модель базы данных в одной из выбранных им нотаций.
- 3) Приложение должно иметь возможность по запросу пользователя выгрузить для продолжения работы ранее созданную и сохраненную на сервере модель (предварительно предоставив выбор пользователю среди моделей, с которыми он когда-либо работал).
- 4) Приложение должно предоставлять пользователю возможность осуществить функцию прямого инжиниринга созданной модели в скрипт одного из SQL-диалектов и исполнить этот скрипт на сервере баз данных, создав физическую модель базы.

Далее будут последовательно раскрыты аспекты решения этих четырех задач.

4.1. Создание инструментария моделирования

При инициализации модели, с которой будет работать пользователь (после задания имени и типа диаграммы), веб-приложение выгружает с сервера набор интерактивных объектов в виде шаблонов HTML5 [15] в соответствии с выбранной пользователем нотацией. Данный набор интерактивных объектов, хранимый на сервере, легко обновляется и дополняется, что позволит в перспективе усложнить существующие и добавить новые варианты нотаций моделирования данных. Каждый интерактивный объект олицетворяет собой один из элементов нотации (сущность, атрибут, связь и т. д.) и в зависимости от своего типа и логики реляционной модели данных, соответственно, имеет собственный набор атрибутов, например, таких как:

- имя;
- позиция на холсте;
- тип данных (для атрибутов);
- длина (для атрибутов) и т. д.

```
▶<div class="box main ui-draggable ui-draggable-handle" id="1001570544210037" style="top: 297px; left: 444px;">...</div>
▼<div class="box main ui-draggable ui-draggable-handle" id="6541570544323813" style="top: 80px; left: 196px;">
  <div class="main_text">Test</div>
  ▶<div class="options">...</div>
</div>
▼<div class="box attribute ui-draggable ui-draggable-handle" id="4821570544293134" parent="1001570544210037" data_type="varchar" len_data="250" primary_key="false" style="top: 140px; left: 601px;">
  <div class="attribute_text ">Phone</div>
  ▶<div class="options">...</div>
</div>
```

Рис. 1. Фрагмент «схема» модели базы данных. Описание сущности и ее атрибута
Fig. 1. Fragment "scheme" of the database model. Description of the entity and its attribute

После выбора объекта его атрибуты заполняются пользователем веб-приложения в соответствии с поставленной задачей моделирования данных.

При создании информационной модели из этих выгруженных с сервера объектов формируется HTML-документ, по структуре напоминающий традиционный документ языка XML. Наглядный пример формирования объекта Test (сущность) и неключевого атрибута этой сущности Phone с типом данных varchar показан на рисунке 1.

4.2. Загрузка готовой модели на веб-сервер (сохранение модели)

При сохранении модели на сервере полученная «схема» модели баз данных при помощи скриптов, написанных на языке JavaScript, конвертируется в формат документа JSON [16], готового к передаче данных на хранение серверу. С помощью технологии AJAX [17] подготовленные данные динамически передают созданную схему на хранение серверу. Таким образом реализуется незаметная и удобная пользователю функция динамического сохранения модели. Это особенно актуально для случаев, когда модель большая по объему или когда с моделью работает коллектив разработчиков (студенческая команда). На рисунке 2 представлен фрагмент «схемы» модели данных test, содержащей сущности, атрибуты и связи, в формате документа JSON.

На веб-сервере приложения полученный документ JSON средствами языка PHP преобразуется в ассоциативный массив, после чего помещается на хранение в базу данных на сервере.

4.3. Выгрузка модели в веб-приложение с сервера

Выгрузка модели осуществляется в порядке, обратном ее сохранению. Схематично весь процесс показан на рисунке 3.

4.4. Прямой инжиниринг логической модели данных в физическую модель

На основании сформированной «схемы» средствами языка JavaScript [18] на стороне клиента происходит синтаксическое формирование SQL-запроса.

```

"6541570544323813": {
  "position": {
    "top": 75,
    "left": 19},
  "name": "Test"}},
"attributes": {
  "4821570544293134": {
    "parent": "1001570544210037",
    "data_type": "varchar",
    "len_data": "250",
    "primary_key": "false",
    "name": "Phone",
    "position": {
      "top": 135,
      "left": 424.0000305175781}}}}...
    
```

Рис. 2. Документ — описание сущности и атрибутов таблицы

Fig. 2. Document — description of the entity and table attributes

Формирование SQL-запроса происходит в несколько этапов:

- 1) выборка из схемы всех сущностей;
- 2) выборка из схемы атрибутов для каждой сущности;
- 3) выборка из схемы описания связей.

При нахождении в схеме требуемой сущности из объекта извлекается имя сущности и создается начало SQL-инструкции CREATE по шаблону: «CREATE TABLE имя_сущности».

Далее происходит выборка всех столбцов, связанных с описанием сущности. Формируется строка столбца вида: «название_столбца тип_данных (пользовательское ограничение)». В случае если столбец отмечается пользователем как первичный ключ, в строку добавляется описание ограничения первичного ключа вида «название_столбца тип_данных (пользовательское ограничение) NOT NULL CONSTRAINT PK_название_столбца PRIMARY KEY (название_столбца)».

На последнем этапе инжиниринга инструкции SQL происходит выборка бинарных связей между таблицами. Формируется ограничение внешнего ключа вида «название_внешнего_ключа тип_данных (пользовательское ограничение) CONSTRAINT FK_название_родительской_таблицы_название_дочерней_таблицы FOREIGN KEY (название_внешнего_ключа _FK) REFERENCES название_родительской_таблицы (название_ключевого_атрибута_родительской_таблицы)».

Сформированные элементы запроса конкатенируются в одну строку инструкции. Конечный набор инструкций в совокупности представляет собой скрипт, реализующий структуру физической модели данных на сервере СУБД.

5. Демонстрации результатов работы с веб-приложением для моделирования реляционных баз данных

В рамках мероприятий по тестированию разработанного программного обеспечения draw.db [19] был осуществлен полный цикл проектирования фи-

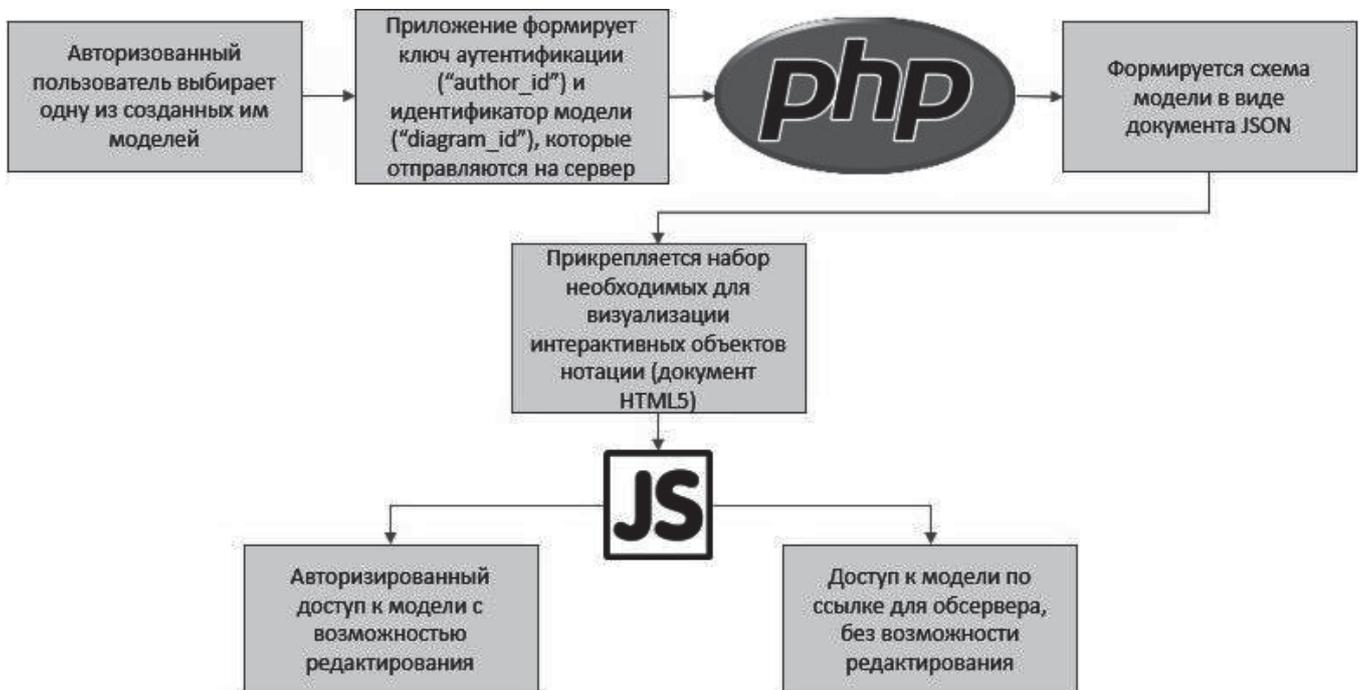


Рис. 3. Процесс загрузки модели данных с сервера веб-приложения
 Fig. 3. The process of loading the data model from the web application server

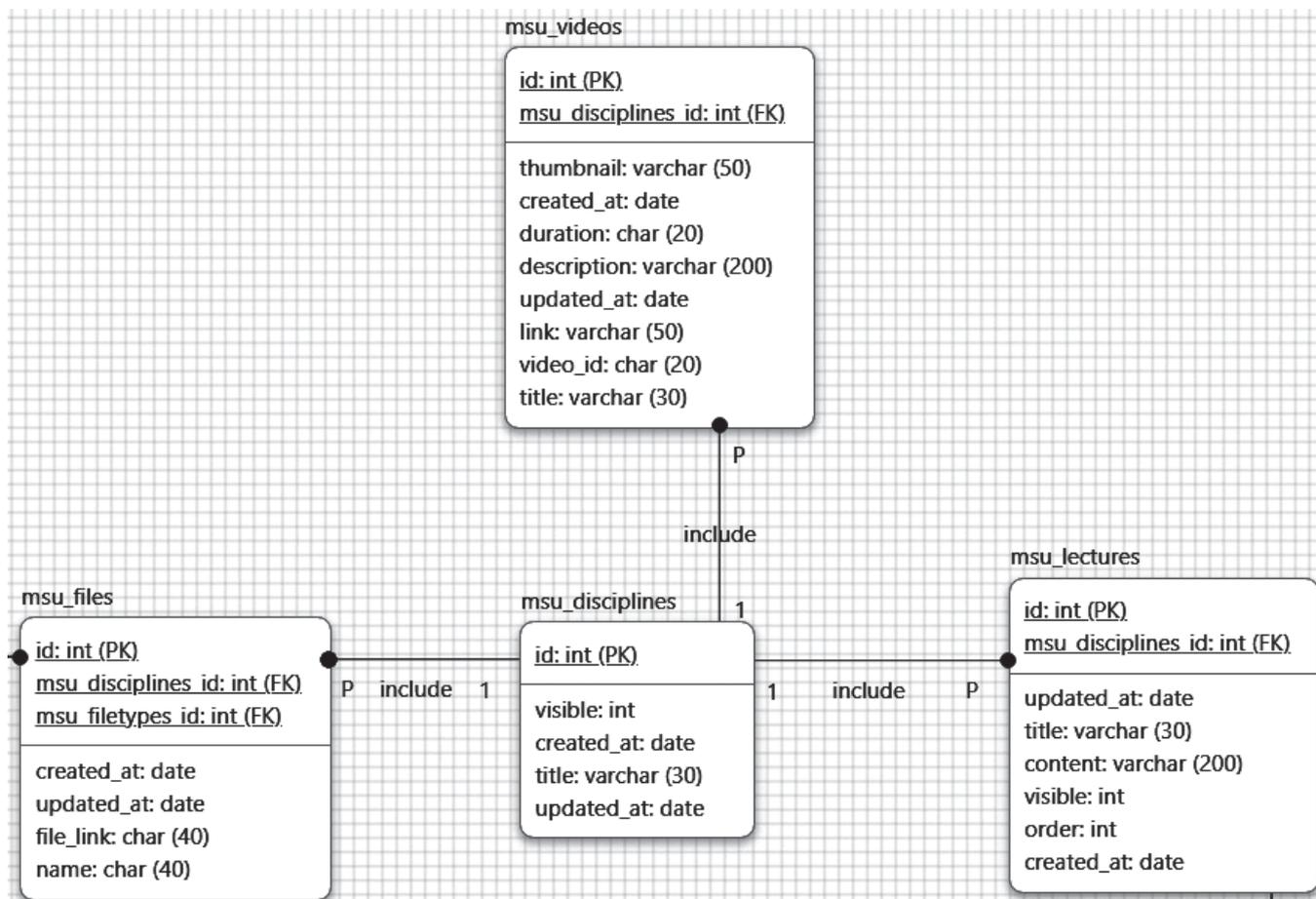


Рис. 4. Физическая модель данных приложения, реализованная в веб-приложении draw.db
 Fig. 4. Physical data model of the application, implemented in the web application draw.db

зической модели реляционной модели данных для веб-приложения MSUniversity [20]. Модель данных была составлена в приложении в нотации IDEF1x. Ключевой фрагмент модели показан на рисунке 4. Приведенная модель содержит:

- контейнеры таблиц (msu_videos, msu_files, msu_disciplines, msu_lectures);
- выделенные кластеризованные индексы первичного ключа;
- ограничения внешнего ключа;
- описания столбцов таблиц с их типами данных и пользовательскими ограничениями;
- графическую визуализацию кардинальностей связей между таблицами с пояснением логики связи в глагольном наклонении.

Как было описано выше, с помощью JSON-документа схема при сохранении ее пользователем переносится на сервер веб-приложения и в любой момент может быть загружена в любой браузер для дальнейшего редактирования и уточнения ее параметров.

Также в качестве проверки качества приложения было осуществлено логическое моделирование того же веб-приложения в нотации Чена. Результат моделирования в виде фрагмента модели показан на рисунке 5.

Этап прямого инжиниринга был проведен для физической модели приложения, показанной на рисунке 4. Фрагмент сгенерированного скрипта кода T-SQL с инструкцией CREATE для таблицы базы данных msu_files показан на рисунке 6.

Дальнейшая успешная реализация сформированного скрипта в СУБД MS SQL Server 2019 доказала эффективность и качество реализованной функции прямого инжиниринга в разработанном веб-приложении.

6. Выводы и дальнейшие перспективы разработки

В 2019 году прототип разработанного программного средства был использован студенческой группой МИРЭА в ходе подготовки к участию и в ходе участия во Всероссийской олимпиаде студентов образовательных организаций высшего образования по направлению подготовки «Прикладная информатика» (ВСО ПИ-2019) на базе Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. Итогом выступления стали призовые места.

Разработанное программное обеспечение в течение 2020/2021 учебного года успешно применялось в дисциплинах «Проектирование и администриро-

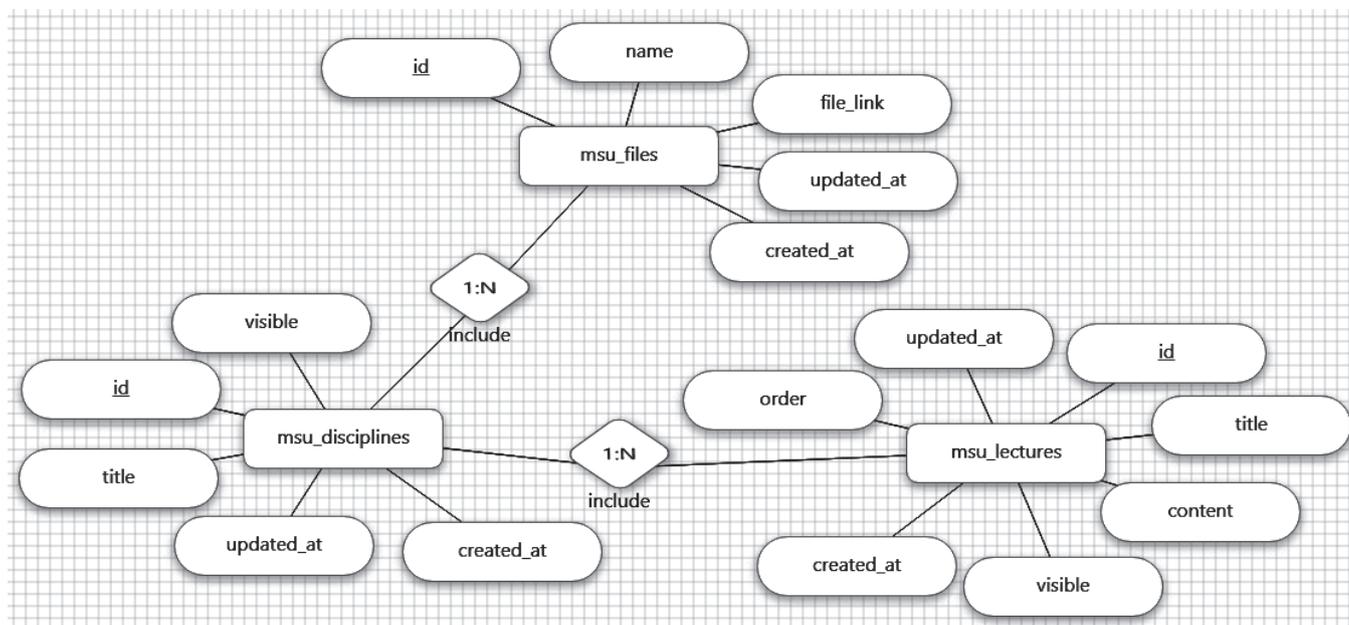


Рис. 5. Логическая модель данных, реализованная в веб-приложении draw.db
 Fig. 5. Logical data model implemented in draw.db web application

Запрос для выполнения на сервере:

```

62 );
63
64
65 CREATE TABLE msu_files (
66   id int NOT NULL CONSTRAINT PK_id PRIMARY KEY(id),
67   msu_disciplines_id int,
68   msu_filetypes_id int,
69   name char(40),
70   file_link char(40),
71   created_at date,
72   updated_at date,
73   id_FK int,
74   CONSTRAINT FK_msu_disciplines_msu_files FOREIGN KEY (id_FK) REFERENCES msu_disciplines
75     (id),
76   id_FK int,
77   CONSTRAINT FK_msu_filetypes_msu_files FOREIGN KEY (id_FK) REFERENCES msu_filetypes(id)
78 );
79
80 CREATE TABLE msu_filetypes (
81   id int NOT NULL CONSTRAINT PK_id PRIMARY KEY(id),
82   name char(40),
83   file_type char(40),
84   created_at date,
85   updated_at date,
86   id_FK int,
87   CONSTRAINT FK_msu_disciplines_msu_filetypes FOREIGN KEY (id_FK) REFERENCES msu_disciplines
88     (id),
89   id_FK int,
90   CONSTRAINT FK_msu_filetypes_msu_filetypes FOREIGN KEY (id_FK) REFERENCES msu_filetypes(id)
91 );
    
```

Результат выполнения запроса на сервере:

1

Рис. 6. Демонстрация функции прямого инжиниринга в веб-приложении draw.db
 Fig. 6. Demonstration of the direct engineering function in the draw.db web application

вание баз данных» и «Управление данными» в МИ-РЭА — Российском технологическом университете. Удобство применения и соответствие поставленным требованиям были доказаны в ходе лабораторных и самостоятельных работ студентов. В 2021/2022 учебном году программное обеспечение апробируется в ходе практических работ магистерского курса «Технологии проектирования информационных систем» в качестве CASE-средства разработки фи-

зической модели данных для курсового проекта. Разработанное программное обеспечение показало свою эффективность на этапе написания и защиты выпускных квалификационных работ бакалавров в 2020 и 2021 годах.

В ходе эксплуатации разработанного программного средства был выявлен недостаток, связанный с недостаточной аппаратной мощностью серверной части программного продукта. В настоящее время

серверное аппаратное обеспечение позволяет запускать ограниченное количество параллельных сессий (не более 17–20 одновременных сессий). В связи с этим в 2022 году планируется переход на более мощный сервер МИРЭА для существенного увеличения количества возможных одновременных подключений.

Поскольку открытая архитектура программного средства создает предпосылки для дальнейшей модернизации функционала, исследовательским коллективом уже ведутся работы по проектированию и разработке модуля с типовыми паттернами реляционных моделей баз данных для разных предметных областей разработки программного обеспечения. Также ведутся научные исследования в области моделирования документных NoSQL баз данных.

Список источников / References

1. Гаверилов А. В. Использование современных CASE-средств структурного проектирования при обучении студентов по направлению подготовки «прикладная информатика». *Открытое образование*. 2015;(4):22–27. DOI: 10.21686/1818-4243-2015-4(111-22-27)
2. Гаверилов А. В. The use of modern case-tools of structural design in teaching students on the bachelor program “Applied informatics”. *Open education*. 2015;(4):22–27. DOI: 10.21686/1818-4243-2015-4(111-22-27)
3. Гаверилов А. В. Анализ функциональных возможностей бесплатных CASE-средств проектирования баз данных. *Открытое образование*. 2016;20(4):39–43. DOI: 10.21686/1818-4243-2016-4-39-43
4. Гаверилов А. В. Analysis of functionality free CASE-tools databases design. *Open education*. 2016;20(4):39–43. DOI: 10.21686/1818-4243-2016-4-39-43
5. Титовская Н. В., Титовский С. Н. Методика обучения будущих IT-специалистов проектированию и разработке баз данных на основе интерактивного подхода. *Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В. П. Астафьева*. 2019;(4):75–87. DOI: 10.25146/1995-0861-2019-50-4-164
6. Titovskaya N. V., Titovsky S. N. Technique of teaching design and development of databases to future information technology experts. *The bulletin of the Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V. P. Astafev*. 2019;(4):75–87. DOI: 10.25146/1995-0861-2019-50-4-164
7. Zuoyou Yin. Database design on rotating classroom teaching resources system based on DB2. *Proc. 2nd Int. Conf. on Materials Science, Machinery and Energy Engineering (MSMEE 2017)*. Atlantis Press; 2017:1584–1588. DOI: 10.2991/msmee-17.2017.285
8. Katz Adi. Improved teaching of database schema modeling by visualizing changes in levels of abstraction. *Journal of Information Systems Education*. 2020;31(4):294–311. Available at: <http://jise.org/Volume31/n4/JISEv31n4p294.html>
9. Roy-Hubara N., Sturm A. Design methods for the new database era: a systematic literature review. *Software and System Modeling*. 2020;19:297–312. DOI: 10.1007/s10270-019-00739-8
10. Yubei Lin. Student-centered teaching design and practice of database course. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 2020;450:149–153. DOI: 10.2991/assehr.k.200727.033

11. Li Yang, Li Cao. The effect of MySQL Workbench in teaching entity-relationship diagram (ERD) to relational schema mapping. *International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS)*. 2016;8(7):1–12. DOI: 10.5815/ijmeecs.2016.07.01
12. Деят К. Дж. Введение в системы баз данных. 8-е изд. М.: Вильямс; 2006. 1328 с.
13. Date C. J. Introduction to database systems. Moscow, Williams; 2006. 1328 p.
14. Коннолли Т., Бегг К. Е. Базы данных. Проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика. 3-е изд. М.: Вильямс; 2003. 1436 с.
15. Connolly T., Begg C. E. Database systems: A practical approach to design, implementation, and management. Moscow, Williams; 2003. 1436 p.
16. MySQL Workbench. Available at: <https://www.mysql.com/products/workbench/>
17. Introducing Valentina Studio best free database management software. Available at: <https://valentina-db.com/en/valentina-studio-overview>
18. dbForge Studio for SQL Server. Available at: <https://www.devart.com/ru/dbforge/sql/studio/>
19. PonyORM — Python ORM with beautiful query syntax. Available at: <https://ponyorm.org/>
20. HTML Standard. Available at: <https://html.spec.whatwg.org>
21. JSON. Available at: <http://json.org/json-ru.html>
22. Маклафлин Б. Изучаем Ajax. СПб.: Питер; 2007. 443 с.
23. McLaughlin B. Head Rush Ajax. St. Petersburg, Piter; 2007. 443 p.
24. Макфарланд Д. JavaScript и jQuery: исчерпывающее руководство. М.: Диалектика; 2015. 880 с.
25. McFarland D. JavaScript & jQuery: The Missing Manual. Moscow, Dialektika; 2015. 880 p.
26. DBLogic Assistant. Available at: <http://msuniversity.ru/dba/>
27. MSUniversity. Available at: <http://msuniversity.ru>

Информация об авторах

Смирнов Михаил Вячеславович, канд. экон. наук, доцент кафедры «Предметно-ориентированные информационные системы», Институт кибербезопасности и цифровых технологий, МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0001-5018-2963>; *e-mail*: smirnov_m@mirea.ru

Поленок Вячеслав Михайлович, магистрант кафедры практической и прикладной информатики, Институт информационных технологий, МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва, Россия; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-2494-9803>; *e-mail*: ya.slavar@yandex.ru

Information about the authors

Mikhail V. Smirnov, Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor at the Department “Subject-oriented information systems”, Institute for Cybersecurity and Digital Technologies, MIREA — Russian Technological University, Moscow, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0001-5018-2963>; *e-mail*: smirnov_m@mirea.ru

Vyacheslav M. Polenok, a master’s student at the Department of Practical and Applied Informatics, Institute of Information Technologies, MIREA — Russian Technological University, Moscow, Russia; *ORCID*: <http://orcid.org/0000-0003-2494-9803>; *e-mail*: ya.slavar@yandex.ru

Поступила в редакцию / Received: 20.08.2021.

Поступила после рецензирования / Revised: 29.10.2021.

Принята к печати / Accepted: 09.11.2021.

XVIII ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ ИНФО-2021

**Издательство «Образование и Информатика»
объявляет о проведении в 2021 году
конкурса по следующим номинациям:**

- 1. Цифровая трансформация образования: дошкольное и начальное общее образование.**
- 2. Цифровая трансформация образования: основное и среднее общее образование.**
- 3. Цифровая трансформация образования: высшее образование.**

Руководит конкурсом **Организационный комитет** (далее — Оргкомитет), состоящий из представителей Российской академии образования, ведущих методистов, членов редколлегии 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 20 октября по 20 декабря 2021 года включительно. Работы, присланные позже 20 декабря 2021 года, к участию в конкурсе допускаться не будут.
- 2. Итоги конкурса** будут подведены до 1 февраля 2022 года и опубликованы на сайте издательства «Образование и Информатика», а также в журнале «Информатика в школе» № 1-2022.
- 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 и электронном видах на журналы «Информатика и образование» и «Информатика в школе» на 2022 год.

Подробную информацию о конкурсе вы можете найти на сайте ИНФО:
<http://infojournal.ru/competition/info-2021/>

Контакты Оргкомитета:
Телефон: +7 (495) 140-1986
E-mail: readinfo@infojournal.ru
<http://www.infojournal.ru/>

ПОДПИСКА

Журнал «Информатика и образование»

Индекс подписки
на 1-е полугодие 2022 года
(«АРЗИ» — Агентство по распространению зарубежных изданий)
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: (495) 140-19-86

ХVIII ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ ПО МЕТОДИКЕ ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ ИНФО-2021

НОМИНАЦИИ КОНКУРСА

1. Цифровая трансформация образования: дошкольное и начальное общее образование.
2. Цифровая трансформация образования: основное и среднее общее образование.
3. Цифровая трансформация образования: высшее образование.

СРОКИ И ЭТАПЫ ПРОВЕДЕНИЯ КОНКУРСА

1. Работы на конкурс принимаются с 20 октября по 20 декабря 2021 года включительно.
2. Итоги конкурса будут подведены до 1 февраля 2022 года и опубликованы на сайте издательства «Образование и Информатика».
3. Лучшие работы будут опубликованы в журналах «Информатика и образование» и «Информатика в школе» в 2022 году.

Заявки на участие в конкурсе принимаются только через заполнение формы на сайте издательства «Образование и Информатика».

К участию в конкурсе могут быть представлены работы как от одного автора, так и от группы авторов. Представленные на конкурс материалы должны быть оригинальными — не опубликованными ранее в печатных или электронных изданиях, в том числе в сети Интернет.

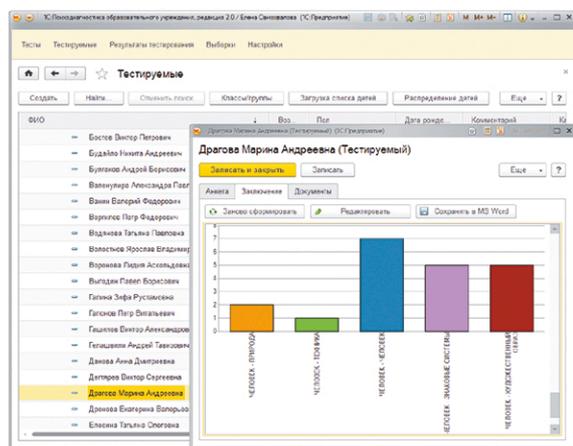
ПОДРОБНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

<http://infojournal.ru/competition/info-2021/>

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.



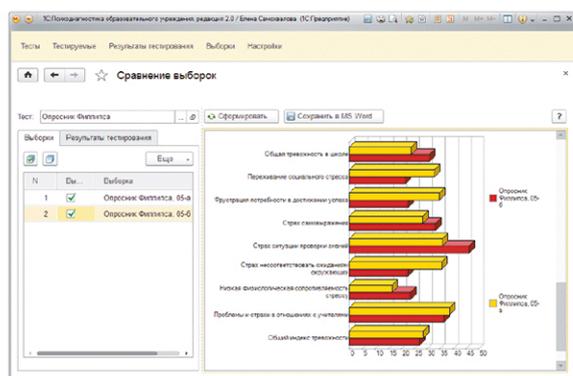
Функциональные возможности

- 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
Спринг:кажд ребенка	Адаптация в коллективе	5	14	15	
Спринг:Кеттелла. Рядост...	Общее	12	15	40	
Спринг:креативности Дики...	Креативность	7	10	15	
Спринг:Стейнберга - За...	Общее	15	99	15	
Спринг:темперамента То...	Общее	3	7	15	✓
Спринг:толерантности	Толерантность	15	99	10	
Спринг:Томаса	Общее	14	99	15	
Спринг:Оливаса	Адаптация в коллективе	7	17	10	
Спринг:Шварца	Мотивация	11	99	15	
Оценочное к сверстникам	Адаптация в коллективе	3	7	5	✓
Оценочное к взрослому	Адаптация в коллективе	3	7	5	✓
Оценка нерешительности	Аддитивное поведение	13	99	20	
ТДО	Общее	14	10	40	
Полька	Исходный	4	7	20	
Пословицы	Мотивация	11	99	15	
Проба на креативность	Исходный	5	7	15	
Провальные агрессия	Адаптация в коллективе	3	7	5	✓
Психолог-педагогическая кв	Общее	3	10	5	✓
Расшифрование кружков	Общее	5	9	30	
Расшифрование	Плечевость в школе	5	7	15	
САИ	Общее	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.