



Научно-практический
рецензируемый журнал

ОТКРЫТОЕ ОБРАЗОВАНИЕ
Том 25. № 5. 2021

Учредитель:
РЭУ им. Г.В. Плеханова

Главный редактор
Юрий Филиппович Тельнов

Зам. главного редактора
Александр Викторович Бойченко
Василий Михайлович Трембач

Ответственный редактор
Елена Алексеевна Егорова
Никита Дмитриевич Эпштейн

Технический редактор
Елена Ивановна Аникеева

Журнал издается с 1996 года.
Свидетельство о регистрации СМИ:
ПИ №77-13926 от 11 ноября 2002 г.
ISSN (print) 1818-4243
ISSN (on-line) 2079-5939

Все права на материалы,
опубликованные
в номере, принадлежат журналу
«Открытое образование».
Перепечатка материалов,
опубликованных в журнале, без
разрешения редакции запрещена.
При цитировании материалов ссылка
на журнал «Открытое образование»
обязательна.

Мнение редакции может не совпадать
с мнением авторов

Журнал включен ВАКом в перечень
периодических научных изданий.

Тираж журнала
«Открытое образование»
1500 экз.

Адрес редакции:
117997, г. Москва,
Стремянный пер., 36, корп. 6, офис 345
Тел.: (499) 237-83-31, (доб. 18-04)
E-mail: Anikeeva.EI@rea.ru
Адрес сайта: www.openedu.rea.ru

Подписной индекс журнала
в каталоге «РОСПЕЧАТЬ»: 47209
в каталоге «Урал-Пресс»: 10574

© ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2021

Подписано в печать 28.10.21.
Формат 60x84 1/8. Цифровая печать.
Печ. л. 7,5. Тираж 1500 экз. Заказ

Напечатано в ФГБОУ ВО
«РЭУ им. Г.В. Плеханова».
117997, Москва, Стремянный пер., 36

СОДЕРЖАНИЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА

Н.И. Пак

Ментальный подход к цифровой трансформации
образования..... 4

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

П.С. Ломаско, А.Л. Симонова, Д.А. Бархатова, Л.Б. Хегай

Проектирование платформы дополнительной предметной
подготовки школьников на основе профессиональных
запросов педагогов 15

Е.В. Романова, Л.В. Курзаева, Л.З. Давлеткиреева, Т.Б. Новикова

Возможности технологий виртуальной реальности для
разработки игровых приложений..... 31

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ

А.В. Гаврилов, В.А. Сизов, Е.В. Ярошенко

Методика оценки рисков информационной безопасности
предприятия с использованием CASE-технологий 41

М.В. Смирнов, Р.С. Толмасов

Графическая нотация моделирования документных баз
данных 50



Scientific and practical reviewed
journal

OPEN EDUCATION
Vol. 25. № 5. 2021

Founder:
Plekhanov Russian University of
Economics

Editor in chief
Yuriy F. Telnov

Deputy editor
Aleksandr V. Boichenko
Vasilii M. Trembach

Executive editor
Elena A. Egorova
Nikita D. Epshtein

Technical editor
Elena I. Anikeeva

Journal issues since 1996.
Mass media registration certificate:
№77-13926 on November 11, 2002
ISSN (print) 1818-4243
ISSN (on-line) 2079-5939

All rights for materials published in the
issue belong to the journal
«Open Education».

Reprinting of articles published in the
journal, without the permission of the
publisher is prohibited.

When citing a reference to the journal
«Open Education» is obligatory.

Editorial opinion may be different from
the views of the authors

The journal is included in the list of VAK
periodic scientific publications.
Journal articles are reviewed.
The circulation of the journal
«Open Education» – 1,500 copies.

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

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

© Plekhanov Russian University of
Economics, 2021

Signed to print 28.10.21.
Format 60x84 1/8. Digital printing.
Printer's sheet 7,5. 1500 copies.
Order

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

CONTENTS

EDUCATIONAL ENVIRONMENT

- Nikolay I. Pak*
A Mental Approach to Digital Transformation of Education 4

NEW TECHNOLOGIES

- Pavel S. Lomasko, Anna L. Simonova, Daria A. Barkhatova,
Lyudmila B. Khegay*
Designing a Platform for Additional Subject Training of
Schoolchildren Based on Professional Requests of Teachers 15
- Elena V. Romanova, Lyubov V. Kurzaeva,
Liliya Z. Davletkireeva, Tatyana B. Novikova*
Possibilities of Virtual Reality Technologies for the
Development of Gaming Applications..... 31

PROBLEMS OF INFORMATIZATION OF ECONOMICS AND MANAGEMENT

- Aleksandr V. Gavrilov, Valeriy A. Sizov, Elena V. Yaroshenko*
Methodology for Assessing the Risks of Information Enterprise
Security Using Case Technologies 41
- Mikhail V. Smirnov, Ruslan S. Tolmasov*
Graphical Notation for Document Database Modeling 50

СОСТАВ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА журнала «Открытое образование»

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Николай Григорьевич Малышев, д.т.н., проф., чл.-корр. РАН, академик, президент Московского института экономики, менеджмента и права, Москва, Россия

Игорь Витальевич Метлик, д.п.н., заведующий лабораторией развития воспитания и социализации детей Института изучения детства, семьи и воспитания Российской академии образования, Москва, Россия

Геннадий Семенович Осипов, д.ф.-м.н., проф., заместитель директора по научной работе института системного анализа РАН, Москва, Россия

Борис Михайлович Позднеев, д.т.н., проф., проректор по менеджменту качества, заведующий кафедрой информационных систем МГТУ, Москва, Россия

Борис Аронович Позин, д.т.н., ст. науч. с., технический директор ЗАО «ЕС-лизинг», профессор Научного исследовательского университета Высшей школы экономики, Москва, Россия

Галина Валентиновна Рыбина, д.т.н., проф., профессор Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Москва, Россия

Юрий Филиппович Тельнов, д.э.н., проф., заведующий кафедрой прикладных информационных технологий и информационной безопасности РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия

Владимир Павлович Тихомиров, д.э.н., проф., академик, президент «Евразийского открытого института», президент Международного консорциума «Электронный университет», Москва, Россия

Василий Михайлович Трембач, к.т.н., доцент кафедры 304 Московского авиационного института (Национальный исследовательский университет), Москва, Россия

Владимир Львович Усков, к.т.н., проф., содиректор НИИ по образовательным интернет-технологиям университета Бредли, Пеория, США

Сергей Александрович Щенников, д.пед.н., проф., ректор Международного института менеджмента «Линк», Москва, Россия

THE EDITORIAL BOARD of the journal «Open Education»

Aleksandr G. Abrosimov, Doctorate of Pedagogic Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Informatics and Information Security, Samara State University of Economics, Samara, Russia

Viktor K. Batovrin, Doctorate of Engineering Science, Professor, Head of the Department of Information Systems, Moscow Institute of Radio Electronics and Automatics, Moscow, Russia

Mariya S. Berezhnaya, Doctorate of Pedagogic Sciences, Professor, Professor of the Department of Psychology, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Aleksandr M. Bershadskiy, Doctorate of Engineering Science, Professor, Head of the Department of Computer Aided Design, Penza State Technical University, Penza, Russia

Aleksandr V. Boychenko, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Department of Automated Information Processing Systems and Management, Director of Scientific and Research Institute "Strategic Information Technology", Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Vladimir N. Vasil'ev, Doctorate of Engineering Science, Professor, Corresponding member of RAS, Rector of Saint-Petersburg State Institute of Exact Mechanics and Optics (Technical University), Saint-Petersburg, Russia

Tatiana A. Gavrilova, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Head of Information Technologies in Management Department, Graduate School of Management, Saint Petersburg University, Saint Petersburg, Russia

Vladimir V. Golenkov, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of Intellectual Information Technologies, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

Elena G. Gridina, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Director of Information and Computing Center, NRU "MPEI", Moscow, Russia

Georgiy N. Kalyanov, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department, V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Konstantin K. Kolin, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Chief Researcher of The Institute of Informatics Problems of The Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Viktor M. Kureychik, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Deputy Head for Research and Innovation, Institute of Technology, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Nikolay G. Malyshev, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Corresponding member of RAS, Academician, President of Moscow Witte University, Moscow, Russia

Igor' V. Metlik, Doctorate of Pedagogic Sciences, Professor, Head of the Laboratory of development, education and socialization of children Institute Studies of childhood, family and upbringing, The Russian Academy of Education, Moscow, Russia

Gennadiy S. Osipov, Doctorate of Physico-mathematical Sciences, Professor, Deputy Director of the Research Institute of Systems Analysis, The Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Boris M. Pozdneev, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Vice-Rector for Quality Management, Head of Information Systems, Moscow State University of Technology "STANKIN", Moscow, Russia

Boris A. Pozin, Doctorate of Engineering Sciences, Senior Researcher, CTO, EC – leasing Company, Professor, National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

Galina V. Rybina, Doctorate of Engineering Sciences, Professor, Professor of the National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

Yuriy F. Tel'nov, Doctorate of Economics, Professor, Head of the Department of Applied Informatics and Information Security, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Vladimir P. Tikhomirov, Doctorate of Economic Sciences, Professor, Academician, The President of the "Eurasian Open Institute", The President of the International consortium "Electronic university", Moscow, Russia

Vasily M. Trembach, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department 304, Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

Vladimir L. Uskov, PhD in Engineering, Professor, co-director of the Inter-Labs Research Institute of Bradley University, Peoria, USA

Sergey A. Shchennikov, Doctorate of Pedagogic Sciences, Professor, Rector of International Institute of Management "Link", Moscow, Russia

Ментальный подход к цифровой трансформации образования*

Цель исследования. Стремительное и широкое распространение цифровых технологий в обществе обуславливает необходимость скорейшей и эффективной цифровой трансформации образования. Процессы цифровизации образования сталкиваются с трудностями, связанными с необоснованными обновлениями средств и методик электронного и дистанционного обучения в традиционных методических системах, неготовностью педагогических кадров к профессиональной деятельности в новых реалиях, трудоемкостью и большими материальными и интеллектуальными затратами. В этой связи представляют интерес инновационные подходы, позволяющие достигать большей результативности цифровой трансформации образовательного процесса.

Работа посвящена обоснованию ментального подхода, развивающего и дополняющего принципы современной дидактики при цифровой трансформации образования, и обеспечивающего обновление средств и методов обучения с помощью ментальных технологий.

Методология и методы. Ментальный подход строится на фундаменте ментальных схем, определяющих реальность и человека с позиции его ментальности, сформированной в результате его индивидуального и коллективного жизненного опыта. В цифровую эпоху подход определяет механизмы достижения новых целей образования, таких как формирование и развитие у человека вычислительного, структурного, интуитивного, алгоритмического мышления. Основу ментального подхода составляют ментальные технологии обучения, использующие различные предметные ментальные структуры, концепт и интеллект-карты, предполагающие качественное и содержательное изменение и коррекцию индивидуальных знаниевых ментальных схем. Рассматривая обучение с помощью менталь-

ных схем и ментальных моделей, сформулированы принципы ментальной дидактики.

Результаты. Обозначены контуры ментального подхода в образовании, позволяющего осуществлять организацию учебного процесса на основе средств и методов обучения, опирающихся на фундамент предметных ментальных схем мышления. Он предоставляет реальную возможность реализации принципов личностно-центрированного обучения, например, за счет модели «прозрачный» ящик, ментальных учебных примитивов, перевернутых ресурсов и ресурсов-трансформеров, а также ментальных технологий. Описан метод алгоритмических примитивов для развития структурного мышления. Обоснованы новые подходы к представлению электронных учебных ресурсов в перевернутом виде и формате трансформеров.

Выводы. Значимость ментального подхода проявляется в нескольких направлениях: применение модели «прозрачный ящик» в обучении и контроле знаний; использование учебных примитивов для построения структурно-ментальных схем обучения решению задач; создание персонализированных учебных ресурсов в формате трансформеров и перевернутых учебников, максимально соответствующих ментальности цифрового поколения; возможность реализации личностно-центрированного обучения. Подход позволяет сформировать и развить ментальную дидактику для обеспечения результативности цифровой трансформации образования, облегчает достижение когнитивных целей предметного обучения и может эффективно удовлетворять современным требованиям цифрового общества к образованию.

Ключевые слова: ментальный подход в образовании, ментальная дидактика, ментальные схемы, ментальные технологии обучения

Nikolay I. Pak

Astafyev Krasnoyarsk State Pedagogical University, Krasnoyarsk, Russia

A Mental Approach to Digital Transformation of Education

Purpose of the study. The rapid and widespread dissemination of digital technologies in society necessitates the fastest and most effective digital transformation of education. The processes of digitalization of education face difficulties associated with unreasonable updates of the means and methods of electronic and distance learning in traditional methodological systems, the unpreparedness of teaching staff for professional activities in the new realities, laboriousness and large material and intellectual costs. In this regard, innovative approaches are of interest to achieve greater efficiency in the digital transformation of the educational process. The work is devoted to the substantiation of a mental approach that develops and complements the principles of modern didactics in the digital transformation of education, and provides an update of the means and methods of teaching using mental technologies.

Methodology and methods. The mental approach is built on the foundation of mental schemes that define reality and a person from the position of his mentality, formed as a result of his individual and collective life experience. In the digital era, the approach determines the mechanisms for achieving new goals of education, such as the formation and development in a person of computational, structural, intuitive, algorithmic thinking. The basis of the mental approach is made up of mental learning technologies that use various subject mental structures, concept and mind maps, suggesting a qualitative and meaningful change and correction of individual knowledge mental schemes. Considering learning with the help of mental schemes and mental models, the principles of mental didactics are formulated.

* Работа выполнена при поддержке Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках реализации проекта № 2021012106985: «Формирование и развитие вычислительного мышления обучающихся на основе автоматизированных и когнитивных средств обучения», а также по проекту «Создание национальной системы мониторинга развития цифровой образовательной среды практик дополнительного образования детей» в рамках государственного задания №073-00052-21-01 Министерства просвещения РФ.

Results. The contours of the mental approach in education, which allows the organization of the educational process on the basis of the means and methods of teaching, based on the foundation of mental schemes of thinking, are outlined. It provides a real opportunity to implement the principles of person-centered learning, for example, through the “transparent” box model, mental learning primitives, inverted resources and transforming resources, as well as mental technologies. The method of algorithmic primitives for the development of structural thinking is described. New approaches to the presentation of electronic educational resources in an inverted form and in a transformer format have been substantiated.

Conclusions. The importance of the mental approach manifests itself in several directions: the application of the “transparent box” model

in teaching and control of knowledge; the use of teaching primitives to design structural-mental schemes for learning problem solving; creation of personalized educational resources in the format of transformers and inverted textbooks that best match the mentality of the digital generation; the possibility of implementing person-centered learning. The approach allows the formation and development of mental didactics to ensure the effectiveness of the digital transformation of education, facilitates the achievement of the cognitive goals of subject learning and can effectively meet the modern requirements of the digital society for education.

Keywords: mental approach in education, mental didactics, mental schemes, mental learning technologies.

Введение

В настоящее время главным трендом в образовании является ее цифровая трансформация. Помимо качественных изменений в образовательной среде должны меняться цели и продукты образовательной системы. Знаниевые и компетентностные парадигмы образования необходимо расширить когнитивными результатами обучения. К примеру, помимо предметных, метапредметных и личностных результатов обучения важно предусмотреть формирование и развитие у обучаемых их вычислительного, структурного, интуитивного и алгоритмического мышления. *Вычислительное мышление* – «computational thinking» представляет главный феномен трансформации образования, поскольку ИКТ становятся неотъемлемой частью нашего мышления [1]. Еще один вид мышления – структурное, представляет навык, который позволяет видеть взаимосвязи на всех уровнях, дает возможность разбивать целое на компоненты и из набора элементов создавать целостные структуры и системы. *Структурное мышление* является одним из самых востребованных качеств современного специалиста и для его развития часто используют метод пирамиды, разработанный Барбарой Минто [2]. Суть метода заключается в выборе основного вопроса или ситуации, которые делятся на ряд проблем и задач, которые далее также раз-

деляются на части, до тех пор, пока разбивка не приведет нас к конкретным решениям.

Современные высокотехнологичные производства, непредсказуемые угрозы и необходимость осуществлять профессиональную деятельность в условиях неопределенности или избыточности информации и знаний делают интуитивное мышление важнейшей составляющей многих специалистов. *Интуитивное мышление* как способ принятия решений и осуществления деятельности неосознанно, без подкрепляющей теории, давно перешло из разряда «дар» в разряд «навык», и его необходимо целенаправленно развивать в образовательном процессе [3].

Еще один значимый компонент современного работника связан с его алгоритмическим мышлением. *Алгоритмическое мышление* всегда признавалось важнейшей когнитивной составляющей разума [4]. В цифровой век обозначилось требование к его формированию с детства, непрерывно до высокого уровня, с применением цифровых технологий.

Таким образом одними из целей цифровой трансформации образования можно определить формирование и развитие у обучаемых вычислительного, структурного, интуитивного и алгоритмического мышления.

В последнее время происходит существенная интеллектуализация и роботизация научной, познавательной и учебной деятельности обучае-

мых. Возникает необходимость развития подходов, обеспечивающих не только передачу ученику сообщений учебного характера, но и опыта путем «копирования» структуры мышления, к примеру, в формате ментальных схем [3, 4]. Важность ментального подхода заключается в возможности резкого повышения эффективности образовательной деятельности обучающегося за счет интеграции естественного и искусственного разума. Традиционные способы обучения, включая инновационные методы e-learning, используют модель черного ящика. Образовательное воздействие на ученика осуществляется вслепую с целью формирования в нем планируемых и желаемых способностей, знаний, умений и навыков. Наряду с этим, моделирование и построение ментальной структуры и механизмов мышления позволяет рассматривать взаимодействие с обучаемым с позиций «прозрачного ящика». В этом случае процесс обучения можно свести к формированию у ученика требуемых ментальных структур и диагностировать их качество визуально с помощью цифровых инструментов.

Следует отметить, что стремительное и широкое распространение «цифры» в обществе обуславливает необходимость скорейшей и эффективной цифровой трансформации образования. Процессы цифровизации образования сталкиваются с трудностями, связанными с необоснован-

ными обновлениями средств и методик электронного и дистанционного обучения в традиционных методических системах, неготовностью педагогических кадров к профессиональной деятельности в новых реалиях, трудоемкостью и большими материальными и интеллектуальными затратами. В этой связи представляют интерес инновационные подходы, позволяющие достигать большей результативности цифровой трансформации образовательного процесса.

Цель работы — обозначить контуры ментального подхода, развивающего и дополняющего принципы современной дидактики при цифровой трансформации образования, и обеспечивающего обновление средств и методов обучения с помощью ментальных технологий для развития у обучающихся их вычислительного, структурного, интуитивного и алгоритмического мышления.

Обзор литературы

В последние годы наблюдается резкое падение интереса и мотивации учащейся молодежи к обучению в традиционных формах. Обостряется противоречие между необходимостью модернизировать предметную подготовку студентов в условиях «цифровизации» и отсутствием эффективных когнитивных моделей обучения, в максимальной степени адекватных вызовам цифрового общества. В этой связи важнейшей задачей образования становится проектирование и апробация новых когнитивных средств, методов и моделей организации учебного процесса [5]. Широкое распространение дистанционных технологий обучения делает актуальной и важнейшей самообразовательную учебную деятельность обучающихся. При этом цифровые образовательные ресурсы (ЦОР) приобретают значительную роль в процессе их

самообразования. Интерес к созданию ЦОР не ослабевает, поскольку они становятся уже не вспомогательными, а основными учебными средствами. Однако большинство ЦОР не отражают принципы непринужденного обучения, не в полной мере учитывают когнитивные и психо-физиологические особенности, а также интересы цифрового поколения [6].

Цифровые средства обучения нового поколения должны отражать когнитивные особенности обучающегося, мотивировать его на достижение образовательных результатов в зависимости от его личных интересов и претензий. Основная идея цифровой трансформации образования заключается в создании нелинейных, многовариантных методических систем предметного обучения, нацеленных на персонификацию и визуализацию учебного процесса. Их концептуальной базой может быть структурирование учебной информации на платформе ментальных схем по модели «прозрачного ящика», позволяющей осуществлять интерактивную трансформацию материала самим обучающимся [7].

В отчете Европейской комиссии (JRC) [8] обращается особое внимание на необходимость формирования и развития у обучающихся *вычислительного мышления* «computational thinking». Интерес к этому термину привлекла J. M. Wing в 2006 году [9]. В систематическом обзоре научных публикаций за 2013–2020 годы [10] достаточно подробно описаны разные подходы к трактовке современного феномена понятия «вычислительное мышление» и важность его развития в образовании на всех ее уровнях. Исследователи выделяют набор многих компетенций, связанных с развитием вычислительного мышления. Среди них ключевыми являются: навык декомпозиции задач, рас-

познавание шаблонов, абстрагирование и алгоритмизация. Фактически выделение шаблонов и умение разделять сложные задачи на более простые представляет собой *структурное мышление*.

Структурное мышление можно рассматривать как самостоятельный тип мышления, который весьма востребован в самых разных областях, в том числе повседневной жизни. В частности, N. Shannon, B. Frischherz [11] рассматривают структурное мышление как способ разделения сущности на части и наоборот. Авторы работы [12] предлагают использовать CRIG pedagogical framework в качестве инструмента развития структурного мышления. Есть более частные подходы, к примеру, Mason et al. [13] рассматривают структурное мышление как знание и использование понятий и процедур при решении математических задач.

В одной из крупнейших и успешных компаний McKinsey&Company процесс решения проблемы начинается с составления структурированных схем, которые помогают составить карту для исследований и анализа. Успешность многих специалистов связывают с наличием подобных умений, а в работе [14] показан метод пирамиды, позволяющий их развивать. Суть метода заключается в выборе основного вопроса или ситуации, которые делятся на ряд проблем и задач, которые далее также разделяются на части, до тех пор, пока разбивка не приведет нас к конкретным решениям. При этом применяется принцип MECE (аббревиатура от Mutually Exclusive, Collectively Exhaustive — «взаимно исключающие, совместно исчерпывающие»), определяющий процедуру решения проблемы путем создания отдельных непересекающихся вопросов, относящихся к рассматриваемой проблеме.

Трансформация этого метода для образовательных целей может позволить в систематичном и структурированном виде решать ряд организационно-методических и учебных проблем.

Использование метода пирамиды Барбары Минто в структурировании проблемы и делении ее на ряд проблем и задач требует *интуиции и данных*. *Интуитивное мышление* несправедливо игнорируется в образовательном процессе, его необходимо целенаправленно развивать [3].

Еще один значимый когнитивный компонент обучаемого связан с его алгоритмическим мышлением. Развитию *алгоритмического мышления* уделяется большое внимание в образовательном процессе в разных дисциплинах и с ранних возрастов. Следует отметить, что в последнее время в литературе алгоритмическое мышление связывают с вычислительным, используя родственные понятия: «алгоритмический стиль мышления», «алгоритмическая культура» и пр. [15, 16].

Методология и методы

Ментальный подход позволяет рассматривать обучение как процесс формирования и развития ментальных схем человека при его взаимодействии с окружающей средой. *Ментальная схема* является отражением реальности в памяти человека и ее фиксацией в пространственно-временном формате. *Мышление* можно рассматривать как процесс активации ментальной схемы, т.е. извлечение информации из памяти в виде связанной цепочки элементов ментальных схем, обеспечивающей организму достижение определенной цели.

На рис.1 показана графовая структура ментальной схемы, которая содержит в вершинах объекты (и/или информацию) окружающего мира ($O_1, \dots, O_5$),

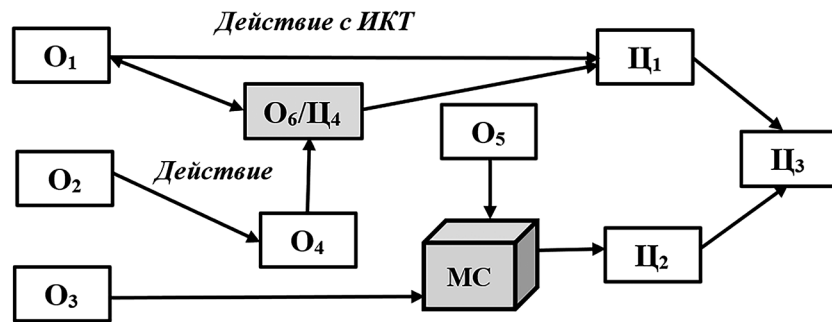


Рис. 1. Модельная структура ментальной схемы

Fig. 1. Model structure of the mental scheme

целевые объекты $Ц_1, Ц_2, Ц_3$, ментальные схемы (МС). Объекты могут быть одновременно и целями ($O_6, Ц_4$). Преобразование объектов для достижения цели осуществляется с помощью операций (умственных, физических). Ментальная схема является динамичной, меняется со временем эволюционно, путем добавления новых образов, реконструкции старых в пространстве и во времени. В цифровом обществе большая часть деятельности осуществляется с использованием компьютерных средств, ИКТ. Феномен понятия «вычислительное мышление» как раз и связан с насыщением ментальных схем в условиях ИКТ. Каждая цель $Ц_3$ может быть представлена как совокупность частных целей ($Ц_1, Ц_2$), достижение которых осуществляется несколькими способами по определенным алгоритмам, либо интуитивно с применением подходящих объектов, если

имеются неполные данные и отсутствие явного пути к цели. Представленный механизм мышления с позиций ментальных схем обосновывает актуальность вычислительного, структурного, интуитивного и алгоритмического мышления для современного цифрового поколения.

Проблема развития названных компонент мышления обучаемого сводится к формированию у него совокупности взаимосвязанных предметных ментальных схем, обладающих всеми необходимыми свойствами для успешного решения возникающих задач предметной области. При этом качество ментальных схем следует оценивать по их *полноте* (объему), *структурности*, *многообразию* и *насыщенности* *деятельностных маршрутов* (от исходных данных до целей).

Рассмотрим практический пример. Для формализации процесса создания и решения

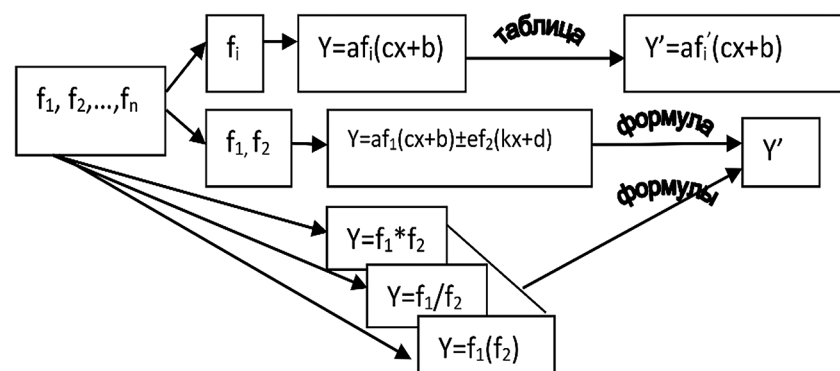


Рис. 2. Ментальная операционная схема дифференцирования функции

Fig. 2. Mental operating diagram of function differentiation

расчетной задачи выделим в определенной предметной области элементарные объекты, процессы и ситуации, для которых существуют математические модели в виде законов, формул или уравнений. К примеру, в математике к элементарным объектам следует отнести простейшие функции, фигуры и т.п. На рис. 2 представлен образец ментальной схемы для операций дифференцирования функций.

С помощью этой схемы можно сконструировать алгоритмы создания следующих задач по сложности: 1) дифференцирование простейших функций, выбираемых случайно из заданной базы с известными табличными ответами; 2) дифференцирование арифметических выражений, содержащих сложение и вычитание элементарных функций; 3) дифференцирование арифметических выражений, содержащих умножение или деление элементарных функций; 4) дифференцирование сложных функций (функции от функций); 5) дифференцирование выражений, содержащих предыдущие 4 варианта.

Генерация задач из составленных 5-ти классов позволяет осуществить тренаж по приобретению обучаемым требуемых умений дифференцирования функций и провести объективный контроль и диагностику этих умений.

Изучение любой предметной области следует проводить в несколько этапов [3]: сначала необходимо обеспечить формирование чувственных ментальных схем с помощью их ментальных моделей, затем систематизировать все образы, модели и понятия средствами языка. На первом этапе обучение нацелено на формирование связей между образами чувственной зоны и их модельными представлениями. Это этап формирования чувственного разума — *интуиции*. Второй этап обучения является

систематизацией интуитивного опыта с помощью понятий и терминов предметной области.

Рассматривая обучение на фундаменте ментальных схем и ментальных моделей, можно сформулировать *принципы их зарождения и развития*:

- принцип ментальной опорной точки учебной темы — это чувственный (жизненный) этап начального формирования ментальной схемы предметной области; например, схемы арифметических вычислений начинаются с ощущений количества объектов и целевых установок определения мер: много-мало, близко-далеко и т.п.

- принцип эволюционности формирования ментальной схемы — определяет необходимость непрерывности и дозированности обучающего материала для формирования объектов и ментальных маршрутов от опорной точки до цели; например, освоение программного приложения на простых, затем сложных задачах.

- принцип многообразия ментальных маршрутов от опорных точек до целей (формирование множества ментальных цепочек по схемам один-к-одному, одиноко-многим, многие-к-одному) — формирует *понимание* и мыслительный механизм выбора оптимального маршрута; например, решение некоторой задачи с помощью подходящих ИКТ.

- принцип вопросительности — определяет условия создания ситуации неопределенности, провоцирующей мотивацию и активизацию когнитивной системы для поиска необходимой информации и подходящих объектов для снятия возникшей неудовлетворенности или удовлетворения любопытства; например, вопросная форма обучения, нацеленная на поиск ответа на заданные вопросы.

- принцип структурности — определяет необходимость раз-

вивать мета-ощущения целостности и составного характера объекта, развивает мыслительные операции разделения и объединения; например, конструирование графического объекта с помощью набора геометрических примитивов.

Одним из направлений цифровой трансформации образования является модернизация методических систем обучения на принципах ментальной дидактики, нацеленных в первую очередь на развитие мышления с помощью теории, средств и методов предметных областей. При этом сами средства и методы обучения следует обновлять на основе ментального подхода.

Результаты и дискуссия

Учебными формализованными моделями предметной области, с позиций ментального подхода, могут служить структурно-ментальные схемы [17]. Метод построения структурно-ментальных схем основан на введении понятия «учебный примитив» и процедуры решения задач с помощью суперпозиции этих примитивов и наоборот — расчленение сложного решения на структурированный набор его компонент. К примеру, с помощью *вычислительных примитивов* можно строить схемы для обучения решению вычислительных задач [7, 17].

Математическая модель примитива:

$$F(x_1, \dots, x_n) = 0 \mid x_i = g(x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_n), i = 1, \dots, n.$$

Если можно задать два примитива:

$$F1(x_1, \dots, x_n) = 0 \text{ и } F2(y_1, \dots, y_n) = 0,$$

у которых $x_k = y_p$, то можно составить уже задачу на два расчетных этапа:

$$x_i = g1(x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, \dots, x_k, \dots, x_n), x_k = y_p,$$

$$y_p = g2(y_1, \dots, y_{p-1}, y_{p+1}, \dots, y_n).$$

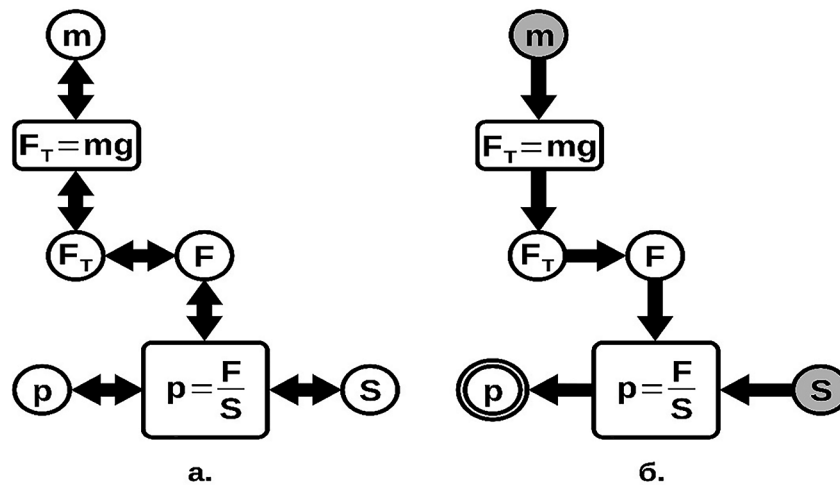


Рис. 3. Структурно-ментальная схема по элементарной физике
Fig. 3. Structural-mental diagram of elementary physics

Для наглядности удобно представлять вычислительные задачи в виде графа, объединяющего ряд взаимосвязанных примитивов. На рис.3а) показан пример структурно-ментальной схемы по теме физики «давление»: m – масса тела; F – сила, с которой тело действует на опору; F_T – сила тяжести; p – давление; S – площадь опоры тела. Представленная схема позволяет сформулировать и показать маршрут решения для восьми задач. Одна из них может быть сформулирована следующим образом: «Вычислите давление, которое оказывает мраморная колонна, если площадь ее основания равна $0,12 \text{ м}^2$, а масса колонны 950 кг . (Ответ: 80 кПа)». Ход решения задачи представлен в виде маршрута, изображенного на рис. 1 б). Здесь цель решения обозначена двойным кругом, узлы-исходные данные выделены темным цветом.

Алгоритмические примитивы, представляющие шаблон алгоритма решения элементарной задачи, позволяют конструировать на мета-уровне алгоритмы и программы. Они облегчают начальное планирование структурного построения алгоритма решения задач сначала на обычном языковом уровне, затем в программном коде. Например, приведем не-

сколько примитивов для задач, связанных с численными методами:

1) Обмен значениями двух ячеек памяти.

$C := A \quad A := B \quad B := C$ (запись на алгоритмическом языке).

2) Задание произвольной функции одной переменной (это можно сделать несколькими вариантами, например, задать подпрограмму).

3) Задание одномерного массива $A[0..N]$ (вручную или рандомизированно).

4) Задание двумерного массива $A[0..N, 0..M]$ (вручную или рандомизированно).

5) Нахождение последовательности чисел по формуле: $A_0 = \text{const}$; $A_{n+1} = f(A_n)$, $n = 0, \dots$ до тех пор, пока $|A_{n+1} - A_n| > \text{eps}$,

где eps – заданное число.

а) Задаем A_0 и eps ;

б) Находим $A_1 = f(A_0)$;

с) Печатаем A_1 (если надо);
д) Переприсваиваем $A_0 = A_1$;
е) Повторяем б), с), д) до тех пор, пока $|A_1 - A_0| > \text{eps}$.

Очевидно, что с помощью подобных примитивов упрощается составление и понимание составления алгоритма численного решения разных задач итерационным методом.

Структурно-ментальные схемы полезны на всех этапах обучения. К примеру, рассмотрим их возможное представление по теме «Алгебраические выражения» (7 класс). Тема содержит разделы: числовые выражения и выражения с переменными (рис. 4, 5).

Формально представленные на рисунках структурные диаграммы позволяют генерировать примеры и задачи по рассматриваемой теме (при соответствующих разумных ограничениях). Очевидно, что диаграммы представляют схемы, которые удобно использовать для автоматизации основных этапов процесса обучения: представление информационного учебного материала; тренаж по решению задач; контроль усвоения знаний по теме.

С позиций ментального подхода и принципа «прозрачного ящика», примеры и задачи для соответствующих тем должны обеспечить формирование представленных на рисунках ментальных схем у обучаемого.

Аналогично можно рассмотреть ментальные схемы по

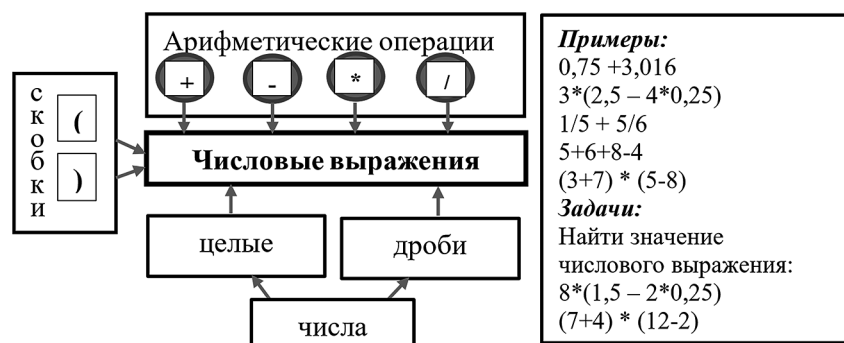


Рис. 4. Ментальная схема «Числовые выражения»
Fig. 4. Mental scheme “Numeric expressions”

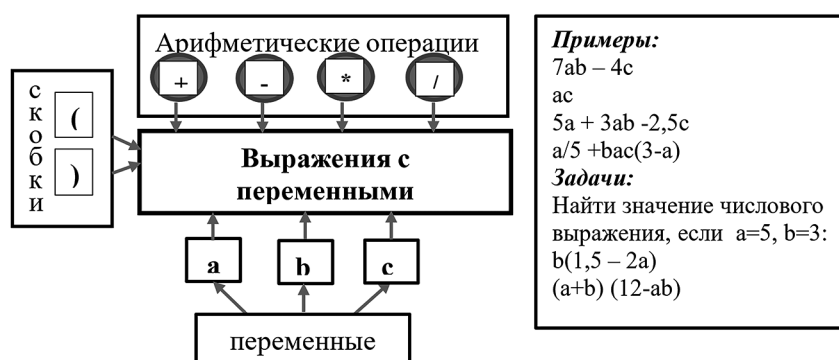


Рис. 5. Ментальная схема «Выражения с переменными»

Fig. 5. Mental scheme “Expressions with variables”

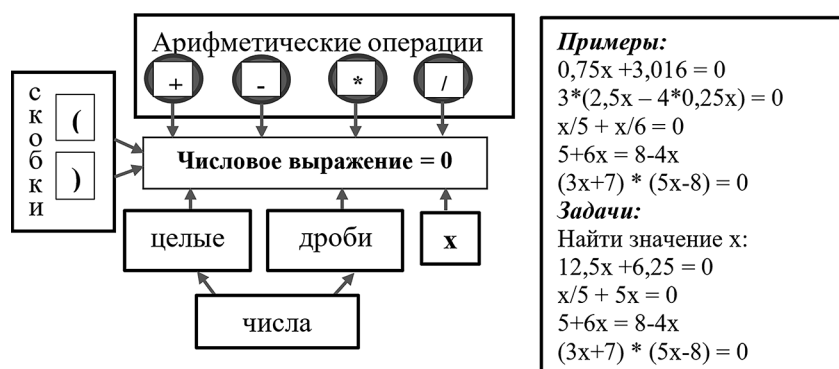


Рис. 6. Ментальная схема «Числовое линейное уравнение»

Fig. 6. Mental scheme “Numerical linear equation”

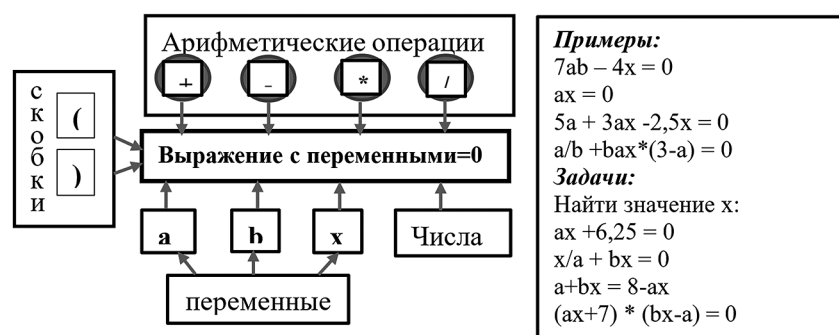


Рис. 7. Ментальная схема «Линейное уравнение с переменными»

Fig. 7. Mental scheme “Linear equation with variables”

теме «Линейные уравнения» (Рис. 6, 7). Для «правильной» генерации примеров и задач к этим схемам следует добавить шаблонные их классы по принципу, который был обозначен при рассмотрении алгоритмов составления задач по теме «дифференцирование функций» (см. Рис.1). Следует отметить, что это важный момент, поскольку он определяет сложность заданий и формирует соответствующие классы эквивалентных задач.

Еще раз отметим, что подобное формализованное представление структурно-ментальных схем позволяет автоматизировать процессы генерации задач, проверки хода решения задач, организацию контроля.

В последнее время исследователи обращают внимание на то, что многие ЦОР не позволяют в полной мере реализовать принципы личностно-центрированного обучения, предполагающих для

обучаемого свободный выбор учебного контента, средств и методов самообразовательной деятельности [18]. Предложенный учеными КГПУ им. В.П. Астафьева [19, 20] способ перевернутого представления учебного контента в формате вопросно-задачного дерева знаний предметной области имеет множество дидактических возможностей. Структура топологического представления дерева знаний позволяет обучаемому персонализированно выбрать интересующие его вопросы и задачи, а, следовательно, получать информационные учебные ответы на эти заявленные предпочтения (Рис. 8).

Построение вопросно-задачного дерева удобно строить по методу пирамиды Барбары Минто [2, 14]. В качестве верхушки пирамиды выступает основополагающий вопрос предметной области. На следующем уровне выделяются подвопросы и задачи, которые не пересекаются, а дополняют друг друга, создают весь возможный спектр ответов на обозначенные вопросы. Далее каждый вопрос разделяется на подвопросы до тех пор, пока не обозначится ответ в виде учебного элемента или конкретного решения задачи. При этом элементы пирамиды не должны дублировать друг друга и все вместе должны давать системное представление о предметной области. Элементы каждого уровня должны быть соразмерны и однородны.

В методе выделяют три «золотых правила» построения пирамиды:

- Идеи любого уровня должны обобщать идеи, сгруппированные ниже.
- Идеи каждой группы должны быть логически взаимосвязаны.
- Идеи каждой группы должны быть представлены в логической последовательности.

На рис. 9 показан пример вопросно-задачного дерева по

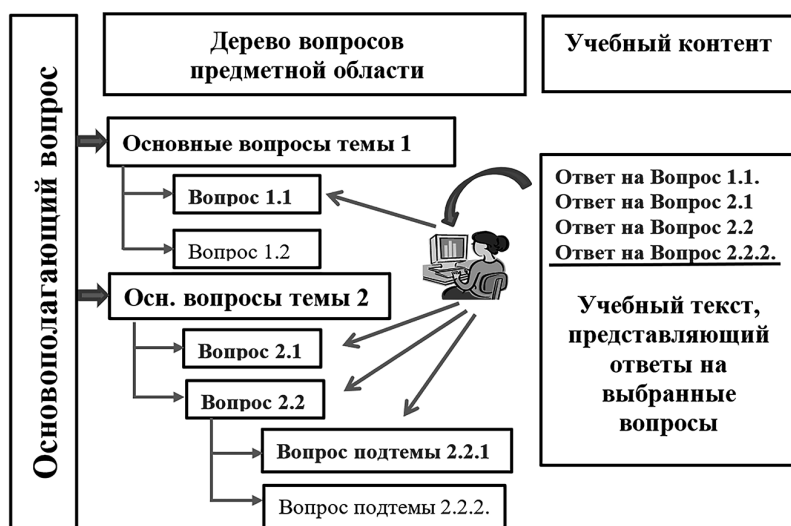


Рис. 8. Вопросно-задачное дерево знаний предметной области
Fig. 8. Question-problem tree of knowledge of the subject area

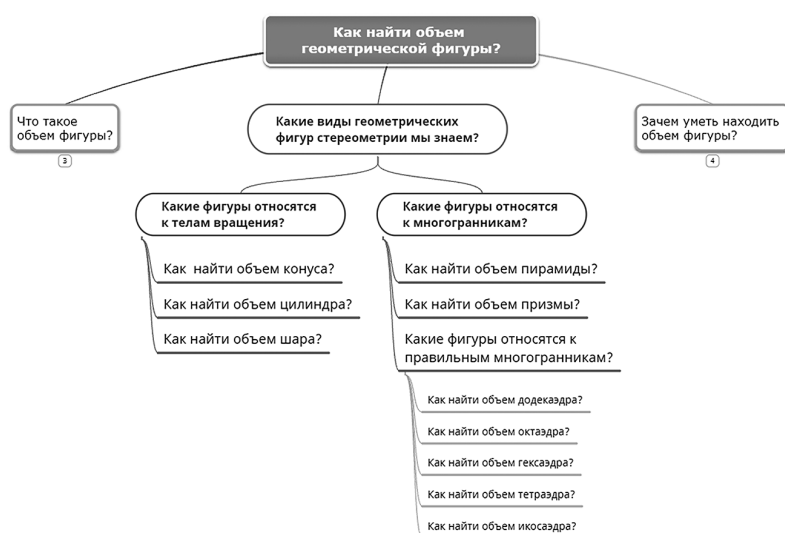


Рис. 9. Дерево вопросов по теме «Объем геометрических фигур»
Fig. 9. Question tree on the topic "The volume of geometric shapes"

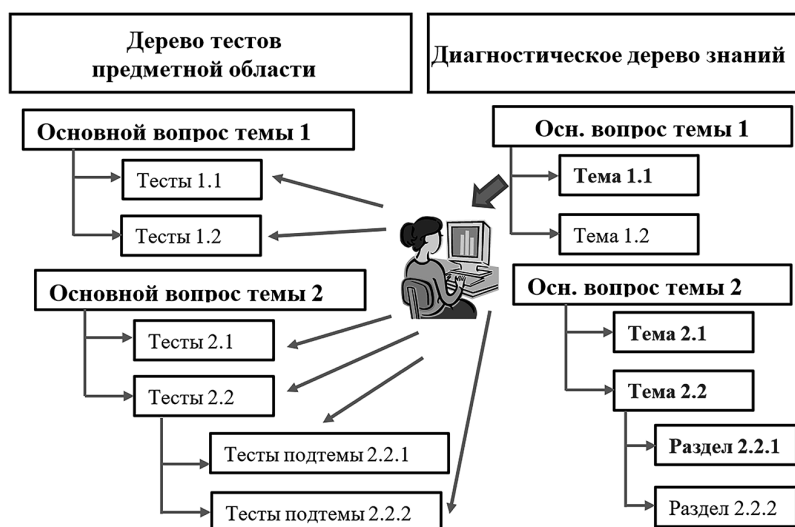


Рис. 10. Визуализация приобретенных знаний предметной области
Fig. 10. Visualization of acquired knowledge of the subject area

одной из тем математики, созданный студентами.

Отдельного рассмотрения заслуживает разработка содержательного контента, т.е. ответов на вопросы учебного дерева. Известно, что современные ученики имеют склонность к персонифицированному обучению. В этой связи представляется целесообразным проводить кластеризацию контингента обучаемых. При распознавании дидактического состояния ученика осуществляют задание характеристик личности в виде информационного вектора $(x_1, \dots, x_n)$ и приписывание им весов $(z_1, \dots, z_n)$. После определения экспертом признаков кластеризации (в зависимости от специфики предметной области), формируются классы обучаемых: $Q_1, \dots, Q_k$. Например, пусть x_1 – решение тестовой задачи 1, $z_1 = 0..1$ (простая задача); x_2 – решение тестовой задачи 2, $z_2 = 0..3$ (сложная задача); x_3 – решение тестовой задачи 3, $z_3 = 0..5$ (сверхтрудная задача). В качестве признаков для кластеризации примем 4 уровня подготовленности обучаемого: Q_1 – сверхпрограммный уровень; Q_2 – программный уровень; Q_3 – базовый уровень; Q_4 – начальный уровень. Процедура распознавания пользователя заключается в определении его принадлежности к некоторому классу Q_i путем предъявления тестовых заданий.

Понятно, что кластеризация обучаемых может проводиться не только по уровню их подготовки, но и по другим признакам, например, когнитивным способностям или по психотипу восприятия информации. Тогда разработчику учебного контента следует создавать набор учебных элементов по заданному вопросу, наиболее адаптированных к каждому классу обучаемых. В этом случае, учебный ресурс будет представлять *трансформер*, который может настраи-

ваться под индивидуального ученика. Либо сам обучаемый сможет выбрать тот формат учебного контента, который ему удобен.

Многие исследователи обращают внимание на самоконтроль обучения, который при определенных условиях может сыграть решающую роль в повышении мотивации обучающего к познанию [21]. Для организации и визуализации самоконтроля изученного материала следует оценочные тесты также структурировать в виде тестового дерева, полностью соответствующего по топологии вопросно-задачному дереву знаний (Рис. 10).

При выполнении контролирующих учебных мероприятий обучаемый должен видеть ментальную структуру дерева знаний и наблюдать визуально какие ветви дерева он успешно усвоил. Подобный визуализированный самоконтроль обучения мотивирует обучаемого и развивает его ментальные схемы осознанно с внутренней мотивацией.

Выводы

Ментальный подход в образовании — это принципы и положения организации учебного процесса на основе средств и методов обучения, опирающихся на фундамент предметных ментальных схем мышления. Он предоставляет реальную

возможность реализации парадигмы личностно-центрированного обучения, например, за счет модели «прозрачный» ящик, ментальных учебных примитивов, перевернутых ресурсов и ресурсов-трансформеров, а также ментальных технологий. Концептуальность и формализованность учебных структурно-ментальных схем обеспечивают возможность автоматизации организации и управления всеми этапами учебного процесса.

Принципы ментального подхода:

- принцип ментальной опорной точки учебной темы;
- принцип эволюционности формирования ментальной схемы предметной области;
- принцип многообразия ментальных маршрутов от опорных точек до целей предметного обучения;
- принцип вопросительности предметного обучения;
- принцип структурности обучения.

Структурно-ментальные схемы предметной области представляют модели когнитивного мышления и позволяют реально использовать в образовательных целях методологию «прозрачного» ящика. Они позволяют расширить образовательные цели и предметные результаты когнитивными результатами обучения.

Предложенный метод учебных примитивов может зна-

чительно облегчить работу преподавателя по обучению студентов решению задач с помощью ИКТ и способствовать развитию у них вычислительного, структурного, интуитивного и алгоритмического мышления.

Метод пирамиды для построения ментальных схем в виде вопросного дерева знаний формирует платформу для структурированного обучения, а когда сами обучаемые учатся его использовать для составления вопросов — развивает у них структурное и интуитивное мышление.

Способ конструирования учебных трансформеров и перевернутого учебного контента позволяет в максимальной степени реализовать персонификацию обучения, а сам учебный процесс адаптировать под индивидуальные предпочтения и претензии обучаемого, развивая у него вычислительное мышление и навыки самообразовательной работы.

Ментальный подход позволяет сформировать и развить ментальную дидактику для обеспечения результативности цифровой трансформации образования, облегчает достижение когнитивных целей предметного обучения и может эффективно удовлетворять современным требованиям цифрового общества к образованию.

Литература

1. Хеннер Е.К. Вычислительное мышление // Образование и наука. 2016. № 2. С. 18–33.
2. Минто Б. Золотые правила Гарварда и McKinsey. Правила магической пирамиды для делового письма. Пер. с англ. А. Румянцев. М.: РОСМЭН-ПРЕСС, 2004. 192 с.
3. Баженова И.В., Бабич Н., Пак Н.И. От проективно-рекурсивной технологии обучения к ментальной дидактике [Электрон. ресурс]. Красноярск: СФУ, 2016. 160 с. Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/966979>.
4. Pak N.I., Stepanova T.A., Bazhenova I.V., Gavriloa I.V. Multidimensional algorithmic thinking development on mental learning platform. 2019. Т. 12. № 6. С. 1072–1087. DOI: 10.17516/1997–1370–0410.
5. Баженова И.В., Пак Н.И. Проективно-рекурсивная технология обучения в личностно-ориентированном образовании // Педагогическое образование в России. 2016. № 7. С. 7–13.
6. Мирошкина М.Р. Цифровое поколение. Портрет в контексте педагогического профессионального образования // Социальная педагогика в России. Научно-методический журнал. 2018. № 3. С. 31–44.
7. Асауленко Е.В. Искусственный интеллект с позиции ментальных схем // Открытое образование. 2014. № 4. С. 50–54.

8. Engelhardt K., Punie Y., Chiocciariello A., Ferrari A., Dettori G., Kampylis P., Bocconi S. Developing computational thinking in compulsory education. Implications for policy and practice. 2016. DOI: 10.2791/715431.
9. Wing J. M. Computational thinking // *Communications of the ACM*. 2006. Т. 49. № 3. С. 33–35. DOI: 10.1145/1118178.1118215.
10. Lyon J. A., Magana A. J. Computational thinking in higher education: A review of the literature // *Computer Applications in Engineering Education*. 2020. Т. 28. № 5. С. 1174–1189. DOI: 10.1002/cae.22295.
11. Shannon Nick., Frischherz Bruno. Structural Thinking. 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-41064-3_3.
12. Gronow M., Mulligan J., Cavanagh M. Teachers' understanding and use of mathematical structure // *Mathematics Education Research Journal*. 2020. С. 1–26. DOI: 10.1007/s13394-020-00342-x.
13. Mason J., Stephens M., Watson A. Appreciating mathematical structure for all // *Mathematics Education Research Journal*. 2009. Т. 21. № 2. С. 10–32.
14. Minto B. The Minto Pyramid Principle: Golden Rules for Thinking, Business Writing, and Speaking (Mann, Ivanov and Ferber). 2008. 272 с.
15. Лапчик М. П. Образование, грамотность, компетентность, культура: терминология эпохи информатизации [Электрон. ресурс] // *Информатизация образования и методика электронного обучения. Материалы II Международной научной конференции*. Красноярск: СФУ, 2018. С. 38–43. Режим доступа: https://bik.sfu-kras.ru/sites/default/files/content/i-504583_informatizaciya_.pdf.
16. Босова Л. Л. Цифровые навыки современного школьника и возможности их формирования в школьном курсе информатики // *Информатика в школе*. 2020. № 7. С. 5–9. DOI: 10.32517/2221-1993-2020-19-7-5-9.
17. Асауленко Е. В. Формализация процесса формирования умения ученика решать вычислительные физические задачи на основе ментальных схем // *Педагогическая информатика*. 2017. № 2. С. 11–19.
18. Crumly C. Pedagogies for Student-Centered Learning: Online and On-Ground. Minneapolis: Fortress Press, 2014. 120 с.
19. Barkhatova D.A., Balykbaev T.O., Pak N.I., Kheday L.B. A student's e-learning self-control method based on a topological knowledge tree // *European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS*. 2020. Т. 90. С. 1039–1050. DOI: 10.15405/epsbs(2357-1330).2020.10.3.
20. Пак Н.И., Потупчик Е.Г., Херай Л.Б. Концепция трансформационных и перевернутых электронных учебников // *Вестник РУДН. Серия «Информатизация образования»*. 2020. Т. 17. № 2. С. 153–168.
21. Hattie John. Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement. NY: Routledge, 2008. 392 с.

References

1. Khenner Ye. K. Computational thinking. *Obrazovaniye i nauka = Education and science*. 2016; 2: 18–33. (In Russ.)
2. Minto B. Zolotyie pravila Garvarda i McKinsey. Pravila magicheskoy piramidy dlya delovogo pis'ma. Per. s angl. A. Rumyantseva = Golden Rules of Harvard and McKinsey. The rules of the magic pyramid for business writing. Tr. from Eng. A. Rumyantseva. Moscow: ROSMEN-PRESS; 2004. 192 p. (In Russ.)
3. Bazhenova I. V., Babich N., Pak N I. Ot proyektivno-rekursivnoy tekhnologii obucheniya k mental'noy didaktike = From projective-recursive teaching technology to mental didactics [Internet]. Krasnoyarsk: Siberian Federal University; 2016. 160 p. Available from: <https://znanium.com/catalog/product/966979>. (In Russ.)
4. Pak N. I., Stepanova T.A., Bazhenova I. V., Gavrilo I. V. Multidimensional algorithmic thinking development on mental learning platform. 2019; 12; 6: 1072–1087. DOI: 10.17516/1997–1370–0410.
5. Bazhenova I.V., Pak N.I. Projective-recursive teaching technology in personality-oriented education. *Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii = Pedagogical education in Russia*. 2016; 7: 7–13. (In Russ.)
6. Miroshkina M.R. Digital generation. Portrait in the context of pedagogical professional education. *Sotsial'naya pedagogika v Rossii. Nauchno-metodicheskiy zhurnal = Social pedagogy in Russia. Scientific and methodical journal*. 2018; 3: 31–44. (In Russ.)
7. Asaulenko Ye. V. Artificial intelligence from the perspective of mental schemes. *Otkrytoye obrazovaniye = Open education*. 2014; 4: 50–54. (In Russ.)
8. Engelhardt K., Punie Y., Chiocciariello A., Ferrari A., Dettori G., Kampylis P., Bocconi S. Developing computational thinking in compulsory education. Implications for policy and practice. 2016. DOI: 10.2791/715431.
9. Wing J. M. Computational thinking. *Communications of the ACM*. 2006; 49; 3: 33–35. DOI: 10.1145/1118178.1118215.
10. Lyon J. A., Magana A. J. Computational thinking in higher education: A review of the literature. *Computer Applications in Engineering Education*. 2020; 28; 5: 1174–1189. DOI: 10.1002/cae.22295.
11. Shannon Nick., Frischherz Bruno. Structural Thinking. 2020. DOI: 10.1007/978-3-030-41064-3_3.
12. Gronow M., Mulligan J., Cavanagh M. Teachers' understanding and use of mathematical

structure. *Mathematics Education Research Journal*. 2020; 1–26. DOI: 10.1007/s13394-020-00342-x.

13. Mason J., Stephens M., Watson A. Appreciating mathematical structure for all. *Mathematics Education Research Journal*. 2009; 21; 2: 10–32.

14. Minto B. *The Minto Pyramid Principle: Golden Rules for Thinking, Business Writing, and Speaking* (Mann, Ivanov and Ferber). 2008. 272 p.

15. Lapchik M. P. Education, literacy, competence, culture: terminology of the era of informatization [Internet]. *Informatizatsiya obrazovaniya i metodika elektronnoy obucheniya. Materialy II Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii = Informatization of education and e-learning methodology. Materials of the II International Scientific Conference*. Krasnoyarsk: Siberian Federal University; 2018. P. 38–43. Available from: https://bik.sfu-kras.ru/sites/default/files/content/i-504583_informatizaciya.pdf. (In Russ.)

16. Bosova L. L. Digital skills of a modern student and the possibility of their formation in the school course of computer science. *Informatika v shkole = Computer science at school*. 2020; 7: 5–9. DOI: 10.32517/2221-1993-2020-19-7-5-9. (In Russ.)

17. Asaulenko Ye. V. Formalization of the process of formation of a student's ability to solve computational physical problems on the basis of mental schemes. *Pedagogicheskaya informatika = Pedagogical informatics*. 2017; 2: 11–19. (In Russ.)

18. Crumly C. *Pedagogies for Student-Centered Learning: Online and On-Ground*. Minneapolis: Fortress Press; 2014. 120 p.

19. Barkhatova D.A., Balykbaev T.O., Pak N.I., Khegay L.B. A student's e-learning self-control method based on a topological knowledge tree. *European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS*. 2020; 90: 1039–1050. DOI: 10.15405/epsbs(2357-1330).2020.10.3.

20. Pak N.I., Potupchik Ye.G., Khegay L.B. The concept of transformational and inverted electronic textbooks. *Vestnik RUDN. Seriya «Informatizatsiya obrazovaniya» = Bulletin of RUDN. Series «Informatization of Education»*. 2020; 17; 2: 153–168. (In Russ.)

21. Hattie John. *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. NY: Routledge; 2008. 392 p.

Сведения об авторе

Николай Инсебович Пак

Д.п.н., профессор кафедры информатики и информационных технологий в образовании, Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, Красноярск, Россия
Эл. почта: nik@kspu.ru

Information about the author

Nikolay I. Pak

Dr. Sci. (Pedagogy), Professor of Department of Informatics and Information Technologies in Education
Astafyev Krasnoyarsk State Pedagogical University, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: nik@kspu.ru

Проектирование платформы дополнительной предметной подготовки школьников на основе профессиональных запросов педагогов*

Цель исследования заключается в определении потребности педагогов и конкретизации структурно-содержательных, технологических и эргономических характеристик новой региональной платформы для реализации дополнительной предметной подготовки школьников Красноярского края, функционирующей в условиях цифрового социума. Несмотря на то, что сегодня все большую популярность набирают ресурсы онлайн образования, предоставляя неограниченный доступ к источникам знаний всем слоям населения, использование их в условиях реального образовательного процесса, в том числе дополнительной предметной подготовки школьников не набирает такую популярность, как среди взрослого контингента обучаемых. Данный факт обусловлен особенностями подрастающего поколения, а также такими характеристиками существующих платформ, как жесткая фиксация содержательных и процессуальных компонентов, массовый характер без возможности подстройки под нужды конкретного обучаемого, школы, программы или авторской позиции реального учителя. В этой связи видится необходимость в разработке такой платформы, которая будет отвечать запросам педагогов школы, и в ее разработке и наполнении будут участвовать учителя-новаторы, заинтересованные в развитии и продуктивном использовании цифровых образовательных ресурсов в разноуровневой подготовке школьников в условиях дистанционного образования. Представляется, что такая среда позволит повысить инновационный потенциал Красноярского края в сфере общего образования, положительно повлиять на имидж и конкурентоспособность среди других регионов Российской Федерации.

Материалы и методы. В работе проводится анализ психолого-педагогической, методической литературы и научных трудов, посвященных теме исследования. Анализируются результаты анкетирования, проведенного авторами, с целью определения

отношения педагогов Красноярского края к идее разработки новой региональной платформы дополнительной предметной подготовки школьников и выявления запросов ее потенциальных пользователей в области структуры, дизайна, функциональных и технологических характеристик.

Результаты. Полученные в ходе проведенного исследования эмпирические данные подтвердили тот факт, что поиск новых способов и средств эффективной организации и реализации дополнительной предметной подготовки школьников является сегодня актуальной и значимой задачей как для педагогической теории, так и для практики образования. В качестве основных характеристик образовательной платформы, запрашиваемых респондентами, были выделены такие, как возможность трансформации контента под нужды преподавателя и обучаемого, кластеризация содержания по дидактическим задачам и предметному содержанию, использование когнитивной визуализации, активизация самостоятельной деятельности обучаемых, визуализация прогресса обучения и интуитивно понятный интерфейс, отвечающий основной направленности и запросам целевой аудитории.

Заключение. Результаты исследования позволили определить потребности педагогов и конкретизировать структурно-содержательные, технологические и эргономические характеристики новой региональной платформы для реализации дополнительной предметной подготовки школьников Красноярского края, функционирующей в условиях цифрового социума. Полученные данные являются основанием разработки учебных курсов-трансформеров с открытым доступом к содержательным единицам педагогам-новаторам.

Ключевые слова: дополнительная предметная подготовка, платформа онлайн-образования, дистанционное обучение.

Pavel S. Lomasko, Anna L. Simonova, Daria A. Barkhatova, Lyudmila B. Khegay

Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev, Krasnoyarsk, Russia

Designing a Platform for Additional Subject Training of Schoolchildren Based on Professional Requests of Teachers

The purpose of the research is to determine the needs of teachers and concretize the structural, content, technological and ergonomic characteristics of the new regional platform for the implementation of additional subject training of schoolchildren in the Krasnoyarsk region, functioning in a digital society. Despite the fact that today online education resources are gaining more and more popularity,

providing unlimited access to sources of knowledge for all segments of the population, their use in the real educational process, including additional subject training of schoolchildren, is not gaining such popularity as among the adult contingent of students. This fact is due to the characteristics of the younger generation, as well as such characteristics of existing platforms as rigid fixation of content and

* Исследование выполнено при поддержке краевого государственного автономного учреждения «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» в рамках реализации проекта №2021011106914 «Образовательная трансформационная Платформа «перевернутых» учебных ресурсов для дистанционного обучения школьников».

procedural components, mass character without the possibility of adjusting to the needs of a particular student, school, program or the author's position of a real teacher. In this regard, there is a need to develop such a platform that will meet the needs of school teachers, and innovative teachers, interested in the development and productive use of digital educational resources in the multilevel training of schoolchildren in the context of distance education will participate in its development and filling. It seems that such an environment will increase the innovative potential of the Krasnoyarsk region in the field of general education, positively affect the image and competitiveness among other regions of the Russian Federation.

Materials and methods. The paper analyzes psychological, pedagogical, methodological literature and scientific works devoted to the research topic. The results of a questionnaire survey conducted by the authors are analyzed in order to determine the attitude of teachers of the Krasnoyarsk region to the idea of developing a new regional platform for additional subject training of schoolchildren and identifying the requests of its potential users in the field of structure, design, functional and technological characteristics.

Results. The empirical data obtained in the course of the study confirmed the fact that the search for new ways and means of

effective organization and implementation of additional subject training of schoolchildren is today an urgent and significant task for both pedagogical theory and educational practice. As the main characteristics of the educational platform, requested by the respondents, such as the ability to transform content according to the needs of the teacher and the student, clustering of content according to didactic tasks and subject content, the use of cognitive visualization, activation of independent activity of students, visualization of learning progress and an intuitive interface, meeting the main focus and the needs of the target audience were identified.

Conclusion. The results of the research made it possible to determine the needs of teachers and to concretize the structural, substantive, technological and ergonomic characteristics of the new regional platform for the implementation of additional subject training of schoolchildren of the Krasnoyarsk region, functioning in a digital society. The data obtained are the basis for the development of training courses-transformers with open access to informative units for innovative teachers.

Keywords: additional subject training, online education platform, distance learning.

Введение

Интенсивная цифровизация, процессы развития и активного внедрения современных информационных технологий значительным образом трансформируют условия жизни, труда и обучения современного человека. Изменения касаются практически всех наиболее важных сфер деятельности жителей информационного общества: бытовой, культурной, социальной, трудовой, политической, интеллектуальной. Не исключением является и сфера образования, для которой происходящее становление новой цифровой эпохи представляется с позиций существенных изменения условий обучения и воспитания подрастающего поколения, глобализации и виртуализации человеческих социальных связей и гражданственности как целевого ориентира и, конечно, когнитивных изменений самого человечества. Человек, существующий в условиях цифровой среды, с одной стороны, потенциально обладает колоссальным количеством разнообразных информационных ресурсов за счет их виртуального представления и мгновенного доступа через технические телекоммуникационные каналы, с другой — для их эффективно-

го использования должен понимать современные способы представления информации и алгоритмы ее обработки. Такое положение дел актуализирует проблему постоянного поиска и обновления способов и средств, используемых в целях образования. Особенно это касается обучения, воспитания и развития подрастающего поколения, которое, как считают некоторые ученые [1, 2, 3], в условиях современного социума и насыщенной цифровыми технологиями среды обитания уже значительным образом отличается от поколений «аналоговой» эпохи.

Современные российские школьники — это люди, которые родились в период с 2003 по 2014 гг. Как отмечают исследователи [2, 3, 4, 5, 6], они относятся к «цифровому» поколению («digital natives», Z, «индиго», «альфа»), обладающему некоторыми отличительными особенностями. С точки зрения осуществления образовательного процесса наиболее важными из них представляются: ориентированность на самостоятельное освоение учебной информации, представленной в цифровом виде, в индивидуальном темпе и через использование мобильных устройств; потребность в высокой степени визуализации осваиваемого содержания,

разделенного на небольшие «порции» (следствие наличия клипового мышления); частая смена деятельности во время овладения новым материалом (многозадачность, необходимость интерактивного взаимодействия с учебными ресурсами). Кроме этого, педагоги отмечают, что представители цифрового поколения зачастую «нетерпеливы и сосредоточены, в основном, на краткосрочных целях» [1], что актуализирует необходимость активного использования приемов проблемного обучения и вопросно-задачных форм представления нового материала для поддержания учебной мотивации и стимулирования познавательной деятельности в цифровой среде.

Обозначенные особенности можно считать основанием для поиска новых подходов к разработке цифровых средств обучения представителей цифрового поколения. Особенно данная проблема актуальна в контексте реализации дополнительной предметной подготовки, например, к участию в олимпиадах, научно-практических конференциях, конкурсах и, конечно, к сдаче государственной итоговой аттестации (ГИА), которая в российских школах проводится в форме ОГЭ (обязательный государственный экзамен в 9-м

классе) и ЕГЭ (единый государственный экзамен в 11-м классе).

Анализ научно-педагогической литературы показывает, что сегодня проблемам организации и обеспечения результативности дополнительной предметной подготовки посвящены работы многих российских исследователей: Бурдяк А.Я. [7], Жировой Н.А., Маловой Ю.В. [8], Зуева П.В., Трусовой С.Я. [9], Косарецкого С.Г., Абанкиной И.В., Мерцаловой Т.А. [10] и др. Соглашаясь с точкой зрения Н.В. Павловой [11], определим, что под предметной подготовкой, как педагогической категорией, понимается «специально организованный целостный, интегрированный, целенаправленный и управляемый личностно-ориентированный процесс взаимодействия субъектов обучения (обучающий – обучаемый) направленный на усвоение системы знаний и формирование умений, навыков, приводящий к объективному процессу внутреннего последовательного количественного и качественного изменения преобразования и улучшения совокупности физических и духовных свойств личности».

Данные социологических исследований К.В. Павленко, К.Н. Поливановой, А.А. Бочавер, Е.В. Сивака [12] свидетельствуют о том, что в настоящее время среди родителей школьников в России все больше возрастает востребованность дополнительных образовательных услуг, обеспечивающих компенсирующую или развивающую функцию предметной подготовки ребенка в какой-либо области. Развивающие дополнительные занятия наиболее востребованы в начальной школе и 5–8 классах основной школы, компенсаторные – в 9 классе основной школы и в старшей школе, что связано с подготовкой к сдаче выпускных госу-

дарственных экзаменов (ЕГЭ, ОГЭ) [13].

Анализ педагогической практики показывает, что дополнительная предметная подготовка обучающихся сегодня может осуществляться посредством реализации дополнительных образовательных программ в организациях дополнительного образования, элективных курсов в системе профильной и предпрофильной подготовки и факультативных курсов в общеобразовательных школах, а также через самостоятельное освоение образовательных ресурсов, например, в формате массовых открытых онлайн-курсов (МООК), тренажеров, решебников и др.

В частности, педагогам и школьникам Красноярского края, как и другим гражданам России, доступны различные образовательные платформы, например «Открытое образование», «Российская электронная школа», «Мобильная электронная школа», «Я-Класс», «Stepik» и др. Однако возможности по трансформации инструментов данных виртуальных площадок для рядового учителя существенно ограничены, поскольку либо жестко фиксированы используемой информационной системой, либо управляются организациями, расположенными в столице, либо имеют массовый характер, исключающий возможности изменений под нужды той или иной школы, либо этот процесс занимает значительное время по сравнению со сроками реализации той или иной образовательной программы.

Поэтому представляется, что Красноярскому краю требуется собственная образовательная платформа, локализованная относительно сложившегося в регионе научно-педагогического сообщества и существующих методических объединений. Что позволит, с одной стороны,

быстро реагировать на запросы педагогов по необходимым инструментам, с другой – позволит создать когорту учителей-новаторов, лично заинтересованных в улучшении процесса электронного обучения. Представляется, что такая среда позволит повысить инновационный потенциал Красноярского края в сфере общего образования, положительно повлиять на имидж и конкурентоспособность среди других регионов Российской Федерации.

Таким образом, проблема исследования заключается в определении потребности педагогов и конкретизации структурно-содержательных, технологических и эргономических характеристик новой региональной платформы для реализации дополнительной предметной подготовки школьников Красноярского края, функционирующей в условиях цифрового социума.

Материалы и методы

Целью исследования является изучение мнений педагогов Красноярского края для выявления их отношения к идее разработки новой региональной платформы дополнительной предметной подготовки школьников и выявления запросов потенциальных ее пользователей в области структуры, дизайна, функциональных и технологических характеристик. В силу необходимости массового охвата потенциальных респондентов, в первую очередь, – учителей математики, физики, информатики и технологии общеобразовательных школ г. Красноярска и крупных городов Красноярского края (Ачинск, Канск, Ужур, Шарыпово, Норильск и пр.), а также педагогов дополнительного образования указанных предметных областей и населенных пунктов был выбран метод онлайн-анкетирования.

Для создания анкеты и определения методики интерпретации данных были выделены следующие ключевые аспекты эмпирического исследования:

1. Имеющийся у педагогов опыт осуществления дополнительной предметной подготовки школьников в онлайн-режиме (E (experience) – аспект).

2. Мнения педагогов о влиянии средств и ресурсов онлайн-обучения на качество результатов дополнительной предметной подготовки школьников (O (outcomes)-аспект).

3. Оценка педагогами возможностей доступных им платформ, существующих на текущий момент, для реализации дополнительной предметной подготовки школьников (P(possibilities)-аспект).

4. Потребность в создании новой региональной платформы, на характеристики и содержание которой они (педагоги) могут активно влиять (N (needs)-аспект).

5. Содержательные характеристики платформы, способные удовлетворить запросы педагогов: типы образовательного контента (C (content) -аспект).

6. Структурные характеристики платформы, способные удовлетворить запросы педагогов: основные разделы и навигация (S (structure)-аспект).

7. Функциональные и технические характеристики платформы, способные удовлетворить запросы педагогов: доступные инструменты и способы их реализации (FT (functional & technical)-аспект).

8. Технологические характеристики платформы, способные удовлетворить запросы педагогов: реализация педагогических технологий и средств педагогического менеджмента (T (technological)-аспект).

9. Эргономические характеристики платформы, способные удовлетворить запросы педагогов: интерфейс, дизайн, колористика и типографика (UX (user experience)-аспект).

Модель исследуемых характеристик, отраженных в блоках анкеты

Таблица 1

Table 1

Model of the studied characteristics, reflected in the blocks of the questionnaire

Аспект (блок анкеты)	Характеристика данных	Количество вопросов
1. E-аспект	«Паспортчика» – основные сведения о респонденте, область профессиональной деятельности; сведения об опыте проведения дополнительной предметной подготовки школьников	5
2. O-аспект	Результаты личного опыта респондентов с точки зрения использования средств онлайн-обучения и их влияния на качество образовательных результатов	3
3. P-аспект	Названия доступных инструментов и типы средств, которые использовались или используются респондентами для реализации онлайн-обучения	3
4. N-аспект	Выраженные в количественных показателях потребности педагогов Красноярского края в собственной управляемой платформе онлайн-обучения, работающей как UGC-сервис (user-generated content service)	3
5. C-аспект	Наименования предметных областей (разделов, дисциплин, тем), для которых востребована дополнительная подготовка на базе новой платформы в соответствии с возрастом и перечень основных типов образовательного контента	5
6. S-аспект	Перечень основных разделов новой платформы, система навигации, принципы компоновки и группировки учебного контента	3
7. T-аспект	Названия и рейтинг (ранжированный список) наиболее востребованных педагогических технологий и приемов, возможность использования которых должна быть на платформе (визуализация, PBL (проблемно-ориентированное обучение), микрообучение, проектная деятельность, формирующее оценивание, ООД (опорные основы действий) и пр.)	4
8. FT-аспект	Перечень необходимых и наиболее важных по мнению респондентов инструментов, которые должны обязательно присутствовать на платформе для реализации эффективной онлайн-подготовки, список востребованных функций и технологий (веб-, мобильные приложения, интеграция с соц. сетями и пр.)	4
9. UX-аспект	Предпочтительные параметры пользовательского интерфейса (пиктография – типы иконок; колористика – цветовая схема; типографика – гарнитуры шрифтов; анимация элементов управления) и потребность в возможностях их самостоятельного регулирования (пользовательские темы оформления)	5

Для определения востребованных респондентами структурно-содержательных, технологических и эргономических характеристик новой региональной платформы для реализации дополнительной предметной подготовки школьников Красноярского края, учитывающей новые запросы образования и функционирующей в условиях цифрового социума, были конкретизированы характеристики данных и соответствующие им вопросы

анкеты. Таким образом, получилась модель исследуемых характеристик, которая представлена в табл. 1.

На основании указанной выше модели была составлена комплексная анкета, содержащая 35 вопросов, основная часть которых была закрытого типа (альтернативный выбор). Также в анкету были включены вопросы на множественный выбор, ранжирование, линейные шкалы и шкалы Лайкерта. Для удобства респондентов

была составлена специальная онлайн-форма, ссылка для заполнения которой была разослана по электронной почте, через средства быстрого обмена сообщениями (IM-мессенджеры Viber, WhatsApp, Telegram) и социальные сети (VK, OK, Facebook, Instagram). С анкетой можно ознакомиться по ссылке <https://forms.gle/Gg6pd9WpWNpvkXcU8>.

Результаты

Всего в исследовании приняло участие 86 человек, работающих в сфере образования. На основе ответов на вопросы первого блока анкеты (Е-аспект) было установлено, что на момент анкетирования 36% (31 чел.) респондентов имело степень бакалавра, 64% (55 чел.) – диплом об окончании специалитета, 55,8% (48 чел.) – освоили программы магистратуры и 8,1% (7 чел.) респондентов имели ученую степень кандидата наук. При этом большинство респондентов (60,5%) указали, что являются педагогами дополнительного образования; 53% работают учителями в общеобразовательной школе; 38,4% преподают в колледжах и университетах; 16,3% занимают руководящую должность. Помимо этого, 45,3% опрошенных указали, что являются действующими репетиторами по школьным предметам, 14% выполняют функции методиста или педагогического дизайнера, 12,8% работают онлайн-тьюторами, сопровождающими дистанционное обучение.

С точки зрения содержательной направленности профессиональной педагогической деятельности респонденты указали, что связаны со следующими предметными областями:

- 26,7% – информационно-технологические дисциплины;
- 19,8% – естественно-научные дисциплины;

– 16,3% – филологические дисциплины (русский и иностранные языки);

– 11,6% – математические дисциплины (алгебра, геометрия, мат. анализ);

– 9,3% – социально-экономические дисциплины и менеджмент (экономика, управление, финансы);

– 8,1% – гуманитарные дисциплины (история, обществознание, литература).

Остальная часть ответов (8,2%) показала, что респонденты работают в области творческих дисциплин (музыка, изобразительное искусство, ритмика), физической культуры и спорта, узкими специалистами (логопедами, педагогами-психологами, кураторами профессиональной ориентации, социальными педагогами и т.п.).

С точки зрения наличия профессионального опыта большинство опрошенных (48,8%) имеют стаж от 8 до 15 лет; 19,8% – от 16 до 25 лет; 15,1% – от 4 до 7 лет; 12,8% – более 26 лет и 3,5% являются молодыми специалистами со стажем до 3-х лет. При ответах на вопрос о наличии опыта проведения дополнительной предметной подготовки обучающихся большинство респондентов (77,9%) заявило о работе по данному направлению в течение 5-ти и более лет. Полностью такой опыт отсутствовал у 3,5% опрошенных. Оставшаяся часть ответов свидетельствует о наличии у респондентов непродолжительного опыта в пределах 1–3 лет.

Ответы на вопросы второго и третьего блоков анкеты (О- и Р-аспекты) позволили выявить мнения респондентов о влиянии средств онлайн-обучения на образовательные результаты, а также проанализировать доступные и используемые педагогами возможности цифровых средств. Так при ответах на вопрос о том, что повлияло ли вынужденное дистанционное обучение во время пандемии на результаты дополнительной

предметной подготовки обучающихся, мнения разделились следующим образом:

– 33,7% – не смогли однозначно ответить на данный вопрос;

– 26,7% считают, что в среднем результаты остались примерно на том же уровне;

– 19,8% отметили, что в целом результаты заметно снизились;

– 15,1% указали, что в основном результаты заметно повысились.

Помимо указанных выше вариантов некоторые из респондентов (около 3%) отравили собственные мнения в свободной краткой форме, суть которых заключаются в том, что по их наблюдениям образовательные результаты изменились неоднородно: у одних обучающихся – заметно повысились, у других – значительно понизились. В качестве наиболее вероятных по мнению респондентов факторов, влияющих на уровень образовательных результатов, были выявлены и ранжированы по частоте следующие:

1. Значимые для онлайн-обучения личностные качества обучающихся (цифровые навыки и способность к самоорганизации) – 62,8%.

2. Уровень цифровой грамотности педагогов – 48,8%.

3. Качество имеющихся ресурсов и средств онлайн-обучения – 37,2%.

4. Существующие возможности доступных инструментов для онлайн-обучения – 30,2%.

5. Изменение характера и интенсивности педагогического взаимодействия – 25,9%.

6. Персонализация образовательного процесса – 25,6%.

7. Другие факторы (эмоциональный и физический контакт, возможности обмана и списывания со стороны учеников, повышенная трудоемкость разработки цифровых средств обучения и пр.) – около 20%.

Для выявления конкретных цифровых средств, использу-

емых в онлайн-обучении, респондентам было предложено соотнести тип такого средства с частотой применения на практике по шкале: 0 – никогда; 1 – около 1–2 раз в год; 2 – около 1–2 раз за полгода; 3 – около 1–2 раз в четверть; 4 – около 1–2 раз в месяц; 5 – практически на каждом занятии. Далее результаты были проранжированы и отсортированы по среднему значению частоты:

1. Интерактивные задания и упражнения (тесты, тренажеры, упражнения) – 3,71.

2. Конспекты, презентации, учебные карточки и задания – 3,7.

3. Отдельные ресурсы (3D, анимации, графику, видео, статьи, тексты, конспекты) – 3,66.

4. Другие отдельные ресурсы с уникальным содержанием или формой – 3,38.

5. Комплексные электронные учебники и учебные пособия – 3,02.

6. Комплексные онлайн-уроки, размещенные на различных платформах – 2,19.

Указанные данные также показывают, что цифровые средства онлайн-обучения применяются педагогами в среднем не реже 2 раз за полгода, но не чаще 2 раз в месяц. При этом респонденты указали наиболее востребованные и используемые ими цифровые платформы, которые проранжированы в соответствии с частой указания в ответах. Оказалось, что наиболее востребованной является LMS Moodle – 41,9%, на втором месте – сервис Яндекс Класс – 39,5%, на третьем месте оказались российские онлайн-среды «Российская электронная школа» и «Uchi.Ru» – по 30,2%, четвертое место разделили «Мобильное электронное образование» и «Московская электронная школа» – по 29,1%, на пятом месте – «Яндекс.Учебник» – 18,6%. Остальные сервисы (LMS Blackboard, LMS Canvas,

iSpring Learn, LMS-надстройки для школьных сайтов на 1C, Wordpress, Joomla, Drupal, Google Class, Skysmart и пр.) были указаны в среднем в 5–7% ответов.

Среди факторов, мешающих по мнению респондентов осуществлять полноценное и комфортное онлайн-обучение были выявлены и ранжированы по частоте встречаемости в ответах следующие:

1. Форма и содержание доступных для использования педагогами учебных материалов не всегда соответствуют потребностям и запросам современного поколения – около 49%.

2. Большое количество разнообразных ресурсов, вызывающий значительные временные затраты на поиск, анализ и отбор наиболее подходящих – около 46%.

3. Неунифицированный интерфейс и функции цифровых средств онлайн-обучения, неочевидность способов взаимодействия и применения, вызывающие дискомфорт и неуверенность – около 45%.

4. Необходимость постоянного и стабильного доступа к Интернет, риски отключения от сети и страх срыва занятия – около 44%.

5. Недоверие к ресурсам, размещенным в Интернете с точки зрения их содержания и наличие риска в любой момент столкнуться с ситуацией отсутствия или ограничения доступа к ним – около 20%.

6. Наличие на различных ресурсах рекламы, потенциально неприемлемого контента для детей и навязывания различного рода подписок – около 14%.

При этом около 17% полученных ответов респонденты отмечают, что, по их мнению, нет значимых факторов, способных помешать им осуществлять полноценное онлайн-обучение. Также было выявлено, что наиболее предпочтительным является режим смешан-

ного обучения (около 30% учебного времени проводится в синхронном режиме, остальная часть – в асинхронном) – указало 64% респондентов; 20,9% опрошенных проводят свои занятия в основном асинхронно (через LMS-платформы, мессенджеры и электронную почту); остальные 15,1 – преимущественно синхронно в режиме видеоконференцсвязи (Google Meet, Zoom, Skype, BigBlueButton).

Вопросы четвертого блока анкеты были посвящены выявлению потребностей педагогов в средствах онлайн-обучения. При ответе на вопрос о том, необходимы ли педагогу, который проводит дополнительную предметную подготовку обучающихся, инструменты для создания собственных (авторских) средств онлайн-обучения большинство респондентов (79%) выразило, что они остро необходимы. Для конкретизации данного положения отвечающим было предложено соотнести основные типы цифровых средств с выраженной потребностью по шкале: 0 – низкая (практически не нужны); 1 – средняя (нужны время от времени); 2 – высокая (регулярно необходимы). Для полученных данных были вычислены средние значения, на основании которых удалось составить рейтинг наиболее востребованных цифровых средств:

1. Интерактивные задания и упражнения (тесты, тренажеры, упражнения) – 1,58.

2. Отдельные ресурсы (3D, анимации, графику, видео, статьи, тексты, скринкасты) – 1,45.

3. Конспекты, презентации, учебные карточки и задания – 1,38.

4. Другие отдельные ресурсы с уникальным содержанием и/или формой – 1,35.

5. Комплексные электронные учебники и учебные пособия – 1,33.

6. Комплексные онлайн-уроки, доступные ученикам по гиперссылке – 1,15.

На вопрос о том, каких конкретно инструментов или средств для решения дидактических задач педагогам не хватает на текущий момент для реализации полноценного онлайн-обучения мнения респондентов распределились следующим образом (табл. 2).

Следующий, пятый блок анкеты был посвящен характеристикам учебного контента и направленности идеального образа платформы онлайн-обучения. В рамках первого вопроса данного блока респондентам было предложено соотнести возрастные периоды учеников (учебные классы) и степень востребованности для них платформы онлайн-обучения по шкале от 0 (не нужна) до 4 (необходима). На основании средних значений полученных данных было установлено, что, по мнению опрошенных, в младших классах (6–10 лет) такая потребность практически отсутствует (0,69 – крайне низкая), в средних клас-

сах (11–13 лет) – довольно низкая (1,97) и средняя (2,84) для детей в возрасте 14–15 лет, высокая (3,53) – в старших классах (16–18 лет).

1. Подготовка к государственной итоговой аттестации (ОГЭ, ЕГЭ) – 48,84%.

2. Дополнительная работа с одаренными учениками – 41,86%.

3. Подготовка к предметным олимпиадам – 37,21%.

4. Организация внеурочных учебных занятий по углублению в предмет – 36,05%.

5. Дополнительная работа с отстающими учениками – 36,05%.

6. Подготовка к научно-практическим конференциям – 32,56%.

7. Сопровождение индивидуальных учебных проектов – 32,56%.

8. Подготовка к конкурсам и мероприятиям (интеллектуальные игры, смотры и т.п.) – 23,26%.

9. Работа с особыми категориями обучающихся (инвалиды, домашнее обучение) – 12,33%.

Среди наиболее актуальных предметных направлений для реализации такой работы опрошенными были указаны в свободной форме: теоретическая информатика, программирование, комбинаторика, моделирование и формализация, алгебра, геометрия, решение задач по физике, астрономия, окружающий мир, произношение, развивающее обучение по методике Эльконина-Давыдова, история и обществознание, робототехника.

В заключительном вопросе данного блока респондентам было предложено указать наиболее востребованные для реализации полноценной онлайн-подготовки типы цифровых образовательных ресурсов путем выбора не более 5-ти наиболее необходимых для них лично. Это позволило составить следующий рейтинг на основании частоты указания респондентами предложенных вариантов:

1. Графические конспекты в формате инфографики (краткие, по типу учебных плакатов) – 60,47%.

2. Видео (в том числе интерактивные, содержащие пояснения и задания с автопроверкой) – 48,84%.

3. Интерактивные изображения (фото и рисованные с всплывающими пояснениями и ссылками на активных областях) – 43,02%.

4. 3D-модели (в том числе интерактивные, с возможностью смены ракурса и масштаба) – 38,37%.

5. Презентации (в том числе интерактивные, с озвучкой, встроенной навигацией и заданиями с автопроверкой) – 36,05%.

6. Текст (в том числе интерактивный, с всплывающими подсказками, пояснениями, ссылками на глоссарий) – 33,72%.

Таблица 2

Востребованность инструментов и средств для решения дидактических задач онлайн-обучения

Table 2

Demand for tools and means for solving didactic tasks of online learning

Место	Частота, %	Кол-во ответов	Средства и инструменты
1	56%	48	Средства для представления нового материала в интересной для учеников форме
2	48%	41	Средства для самоконтроля и контроля с автоматической проверкой
3	44%	38	Инструменты для организации полноценных практических (лабораторных) работ
4	35%	30	Инструменты, позволяющих интегрировать различные виды учебной деятельности учеников
5	34%	29	Средства для полноценной фиксации и системного анализа образовательных результатов учеников
6	31%	27	Средства для закрепления содержания онлайн-занятий
7	29%	25	Коммуникационные сервисы для организации взаимодействия в различных режимах
8	28%	24	Инструменты педагогического менеджмента (планирования работы, информирования, координации учеников)
9	27%	23	Инструменты, позволяющие систематизировать и обобщать учебный материал
10	20%	17	Средства для проведения дидактической и/или эмоциональной рефлексии
11	19%	16	Инструменты для проведения педагогического мониторинга успеваемости

7. Схемы (в том числе ментальные карты, концепт-карты, графы понятий) – 32,56%.

8. Анимации (в том числе интерактивные с демонстрацией процессов, явлений, систем) – 27,91%.

9. Мультимедийные виртуальные публикации (цифровые книги с эффектами перелистывания) – 19,77%.

10. Текстово-графические файлы для локального скачивания (в формате PDF) – 16,28%.

11. Аудио (в том числе в формате подкастов) – 15,12%.

Заключительный вопрос пятого блока был посвящен определению наиболее результативных режимов осуществления онлайн-обучения педагогами при помощи инструментов онлайн-платформы. Респондентам предлагалось указать для основных дидактических этапов учебных занятий наиболее подходящие с их точки зрения режимы сетевого взаимодействия из следующего списка:

– А – асинхронный (самостоятельная работа в индивидуальном темпе).

– ИС – синхронный с педагогом (инд. работа в определенное время и управляемом темпе).

– ГС – синхронный с педагогом и группой (коллективная работа в определенное время и управляемом темпе).

– ИСМ – смешанный индивидуальный (от 60% времени – асинхронно, остальное – синхронно).

– ГСМ – смешанный групповой (от 60% времени – асинхронно, остальное – синхронно).

Мнения респондентов распределились следующим образом (табл. 3).

Как видно из табл. 3, для организации освоения нового материала большинство респондентов (74,4%) отметило в качестве наиболее результативного асинхронный режим,

Таблица 3

Распределение мнений респондентов относительно наиболее подходящих режимов сетевого взаимодействия на отдельных этапах дополнительных занятий

Table 3

Distribution of respondents' opinions regarding the most suitable modes of network interaction at certain stages of additional classes

Этап занятия / Режим	А	ИС	ГС	ИСМ
Освоение нового материала	74,4%	17,4%	37,2%	19,8%
Закрепление изученного	33,7%	39,5%	38,4%	44,2%
Первичный контроль понимания	37,2%	19,8%	45,3%	33,7%
Практическая работа	41,9%	37,2%	34,9%	44,2%
Итоговый контроль	55,8%	27,9%	32,6%	27,9%
Рефлексия	36,0%	19,8%	46,5%	34,9%
Обобщение и систематизация	34,9%	29,1%	51,2%	31,4%
Повторение	54,7%	29,1%	44,2%	37,2%

для закрепления изученного – индивидуальный синхронный (44,2%), для первичного контроля понимания – групповой синхронный (45,3%), для организации практической работы – индивидуальный синхронный (44,2%). Большинство отвечавших педагогов выделили групповой синхронный режим как наиболее подходящий для организации рефлексии (46,5%), а также для обобщения и систематизации изученного учениками (51,2%). Более половины респондентов (54,7%) считают, что повторение учебного материала необходимо организовывать в условиях асинхронного обучения в индивидуальном темпе. Следует отметить, что ни для одного из этапов учебного занятия в качестве наиболее результативного не был выбран групповой смешанный режим.

Вопросы шестого блока анкеты были посвящены выявлению ключевых структурных характеристик идеальной платформы онлайн-обучения. На вопрос о том, какой по мнению педагогов должна быть точка входа, то есть с какого раздела должна начинаться работа педагога при обращении к платформе, были получены следующие мнения (рис. 1). Большинство респондентов (22,83%) указали в качестве наиболее удобного варианта

«Личный кабинет», при обращении к которому выводятся текущие задачи и учебные задания, статистика по учебным ресурсам и курсам, различные напоминания.

На вопрос о том, какие из способов группировки доступного педагогу контента обязательно должны быть на платформе онлайн-обучения были получены следующие данные. В качестве наиболее популярного и востребованного способа (59,3%) был выбран «Дидактический указатель», содержащий учебный контент в соответствии с основными дидактическими задачами: представление нового материала, закрепление, контроль и т.п. На втором месте (57%) оказался ресурсный каталог, группирующий цифровой контент в соответствии с его типом: аудио, видео, задание, интерактивное упражнение, презентация и т.п. Третье место (53,5%) было отдано педагогами классическому для учебных платформ тематическому каталогу с предметами (дисциплинами), темами и разделами; четвертое – алфавитному указателю (46,5%). При этом в 45,3% ответах содержалась пометка о том, что предпочтительным является и комбинированный вариант, сочетающий указанные ранее способы группировки учебного контента.

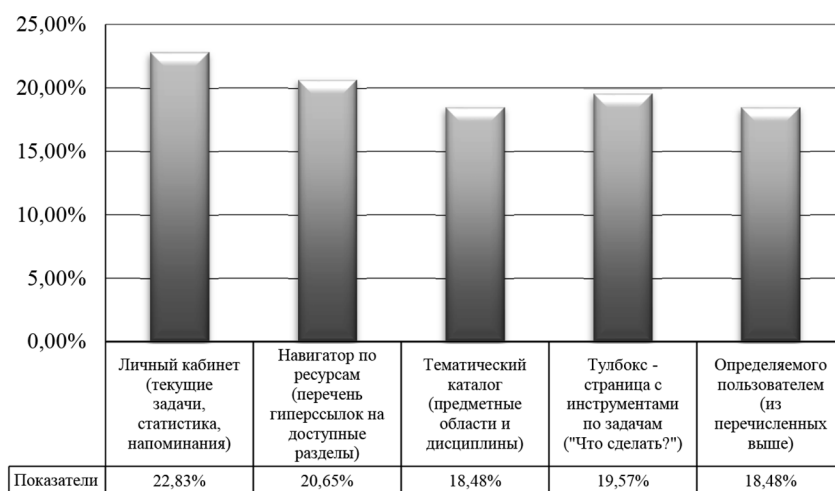


Рис. 1. Мнения респондентов относительно стартового раздела платформы

Fig. 1. Opinions of respondents regarding the launch section of the platform

Далее респондентам было предложено определить наиболее удобную для них структуру представления учебных материалов (по предмету) путем альтернативного выбора. Рейтинг полученных ответов выглядит следующим образом:

1. Маршрутная карта (графическое представление материалов в виде учебных станций в масштабе занятий/тем/разделов) – 20,93%.

2. Ментальная карта (систематизированный граф предметной области с гиперссылками) – 19,77%.

3. Учебный календарь (привязка ресурсов к абсолютным или относительным датам) – 13,95%.

4. Линейный иерархический список (вертикальный перечень ресурсов с группировкой по темам/разделам) – 12,79%.

5. Комбинированные варианты (из представленных здесь) – 12,79%.

6. Дерево ресурсов (аналогично каталогу файлов на цифровом носителе) – 9,30%.

7. Таблица ресурсов (с группировкой по темам/разделам, гибкой компоновкой столбцов) – 5,81%.

8. Стена ресурсов (аналогично стенам в социальных се-

тях с сортировкой по хронологии) – 4,65%.

Седьмой блок анкеты был посвящен определению наиболее востребованных педагогических технологий и приемов, которые могут быть успешно использованы при реализации дополнительной предметной онлайн-подготовки школьников. В рамках первого вопроса данного блока респондентам было предложено указать не более 5 наиболее значимых для них вариантов, реализация которых обязательно должна быть на онлайн-платформе. Всего вариантов было предложено 10. Рейтинг полученных ответов выглядит следующим образом:

1. Технология полного усвоения знаний (таксономически обоснованные инд. учебные действия) – 48,84%.

2. Технология проблемного обучения (усиление мотивации через создание системы учебных вызовов) – 46,51%.

3. Технология когнитивного конструирования (блочно-модульное структурирование) – 41,86%.

4. Технологии дифференцированного обучения (наличие учебного материала разных уровней (базовый, углуб.) – 40,7%.

5. Технологии микрообучения (разбиение учебного материала на минимальные «порции») – 37,21%.

6. Технология формирующего оценивания (четкое описание требований к результатам учебных действий учеников перед их выполнением) – 37,21%.

7. Технологии кооперативного и коллаборативного обучения (сетевая совместная деятельность и коммуникация) – 33,72%.

8. Технологии программированного (в т.ч. адаптивного) обучения (задание четкого (в т.ч. вариативного) обр. маршрута и логики продвижения по нему) – 31,4%.

9. Технологии проектного обучения (все учебные действия направлены на создание определенного продукта) – 29,07%.

10. Технологии геймификации и балльно-рейтинговой оценки (за каждое учебное действие предусмотрено вознаграждение) – 23,26%.

Далее был задан вопрос о том, какие из цифровых педагогических технологий респонденты считают наиболее востребованными для онлайн-обучения на новой платформе. Участникам исследования было предложено выбрать не более 3-х наиболее важных лично для них из 6 вариантов. В итоге ответы распределились следующим образом. На первом месте оказалась когнитивная визуализация предметной области (ментальная карта, граф понятий темы) – 61,6%; на втором – интерактивность (основная часть единиц контента должна обеспечивать обратную связь: оценка, успешность, завершенность) – 59,3%; на третьем – наглядное сжатие учебной информации (информационные карточки-коспекты по темам/занятиям) – 53,5%; на четвертом – цифровой сторителлинг (наличие в теме/занятии виртуального героя, от лица которого

совершаются учебные «открытия» — 44,2%; на пятом — блоггинг и влоггинг (возможность ученикам публиковать посты в качестве отчетов о деятельности) — 29,1%; на шестом — теггинг (возможность присвоить каждой единице контента хэштег для поиска и группировки материалов) — 25,6%.

Следующий вопрос анкеты предполагал выбор наиболее востребованных методов и приемов интерактивного обучения, которые должны быть реализованы инструментами онлайн-платформы. Здесь участникам исследования предлагалось указать не более 4-х наиболее важных лично для них вариантов из 10 доступных для выбора. На основе полученных данных удалось составить рейтинг ответов, который выглядит следующим образом:

1. Построение учебных кластеров — 38,37%.

2. Задание в формате ПОПС (позиция, обоснование, примеры, следствие) — 36,05%.

3. Мозговой штурм — 35,02%.

4. Совместное учебное планирование (диаграмма Ганта, дорожная карта, календарь событий) — 34,88%.

5. Мультимедийный семинар с взаимным оцениванием — 33,72%.

6. Построение сравнительных диаграмм (Венна, круг Эйлера) — 31,27%.

7. Интерактивное задание в формате «Незаконченные предложения» — 30,23%.

8. Виртуальные дебаты — 27,91%.

9. Построение диаграммы Исикавы — 24,42%.

10. Оценивание 360 градусов — 24,42%.

Заключительный вопрос седьмого блока был связан с определением типов интерактивных заданий, которые являются наиболее предпочтительными для педагогов при организации обучения через онлайн-платформу. Здесь ре-

спондентам было предложено выбрать не более 5-ти из 14 вариантов. На основе полученных данных ранжированный список выглядит следующим образом (табл. 4).

Вопросы следующего, восьмого блока анкеты были направлены на выявление наиболее значимых функциональных и технических характеристик образовательной платформы. Вначале респондентам было предложено указать наиболее предпочтительные варианты доступа к онлайн-платформе путем множественного выбора вариантов. Наиболее популярным оказался вариант веб-приложения (через браузер) — 83,7%. Мобильное приложение на Android указали 48,8%, а на iOS — 22,1%. Настольное приложение для Windows выбрало

34,9%, для MacOS — 12,8%, для Linux — 14%.

Далее участниками исследования путем альтернативного выбора определялся наиболее удобный для них вариант регистрации и авторизации при работе с онлайн-платформой. Здесь мнения разделились довольно равномерно:

— Ручная регистрация (задание произвольного логина и пароля) через email — 17,44%.

— Автоматическая регистрация по email (логин — email, пароль генерируется системой и высылается) — 17,44%.

— Автоматическая регистрация по номеру мобильного телефона (логин — номер телефона, пароль генерируется системой и высылается) — 12,79%.

— Без установления посто-

Таблица 4

Распределение мнений респондентов относительно наиболее значимых типов интерактивных заданий

Table 4

Distribution of respondents' opinions on the most significant types of interactive tasks

Место	Частота, %	Кол-во ответов	Типы интерактивных заданий
1	52,33%	45	Задания на классификацию (размещение объектов по определенным категориям)
2	51,16%	44	Задания на установления соответствий (поиск пар, заполнение таблиц, перетаскивание объектов в нужные области)
3	39,53%	34	Задания на впечатывание слов в текст (корректных вариантов дополнения)
4	33,72%	29	Рандомайзеры (дать определение случайному термину из списка)
5	32,56%	28	Задания на сортировку (установление верного порядка следования объектов)
6	30,23%	26	Викторины (последовательности заданий в тестовой форме с игровым сюжетом)
7	27,91%	24	Поиск и указание объектов на изображении (в соответствии с заданием)
8	25,58%	22	Графические пазлы (размещение серии фрагментов изображений в верном порядке)
9	22,09%	19	Задания на побуквенное определение слов (по типу "Виселицы", "Снеговика")
10	20,93%	18	Анаграммы (установление слов из перемешанных букв)
10	20,93%	18	Задания на выделение слов в тексте (корректных вариантов подстановки)
12	19,77%	17	Филворды (поиск верной последовательности букв, являющихся словами)
13	18,60%	16	Кроссворды и сканворды (указание ответов в виде отдельных слов)
14	16,28%	14	Ребусы (установление слов из смысловых картинок)

янного пароля по номеру мобильного телефона (одноразовый код для входа высылается при каждой авторизации) – 12,79%.

– Ручная регистрация (задание произвольного логина и пароля) через номер мобильного телефона – 6,98%.

– Без установления постоянного пароля по email (одноразовый код для входа высылается при каждой авторизации) – 6,98%.

При этом большинство (25,6%) указало, что любой из предложенных выше вариантов они считают удобным. Следующий вопрос восьмого блока был также посвящен авторизации и звучал следующим образом. Если на онлайн-платформе имеется возможность кросс-авторизации (через внешние сервисы без задания отдельных логина и пароля), то Вы предпочтете авторизоваться через ... (далее следовали варианты для альтернативного выбора). В итоге большинство респондентов (29,1%) выбрало Google (Gmail). На втором месте по популярности оказался российский провайдер Yandex – 14%. Третье место разделили с долями по 12,8% Mail.RU и социальная сеть VK (Vkontakte). Популярный российский образовательный сервис «ЭлЖур» выбрало 9,3%. Воспользоваться сервисом «Гос. Услуги» (ESIA GOS) предпочло 7%. Остальные варианты (Instagram, Facebook, OK, iCloud, MSN и др.) получили в среднем от 3 до 5%.

В заключительном вопросе блока участникам был задан вопрос о том, необходима ли интеграция инструментов платформы с популярными социальными сетями: оценки («лайки»), комментарии, репосты. Здесь более 87% посчитали, что такая интеграция нужна, но должна иметься возможность ее отключать. Около 8% указали, что интеграции с социальными сетями у образовательной платформы не

должно быть вовсе. Остальные не считают эту функцию принципиальной и значимой для успешной педагогической деятельности.

В завершающем анкетировании девятом блоке респондентам было предложено определить наиболее важные параметры пользовательского интерфейса онлайн-платформы. В начале путем альтернативного выбора участникам исследования необходимо было указать основной акцентный цвет, который будет им комфортен для успешной работы. Распределение мнений представлено на рис. 2. Кроме этого в данном блоке было предложено выбрать геометрическое положение главного меню, которое будет наиболее удобным для респондентов. В большинстве ответов (46,5%) было указано, что меню должно располагаться сверху; 22,1% выбрали вариант расположения в левой части экрана; 10,5% хотели бы видеть интерактивное сворачивающееся меню по типу «гамбургер» в левом верхнем углу.

При ответе на вопрос о том, должна ли у пользователя иметься возможность редактировать пункты главного меню по своему усмотрению, боль-

шинство респондентов (59,3%) считают, что в меню должны быть инвариантные (общие для всех пользователей) и вариативные (настраиваемые каждым по своему усмотрению) пункты. 25,6% предпочли бы, чтобы меню было одинаковым и унифицированным для всех. А 15,1% считают, что у пользователя должна быть полная свобода в определении навигационных возможностей главного меню.

В качестве параметров типографики участникам исследования было предложено определить предпочитаемый размер кегля основного текста образовательной платформы, подразумевая, что будут использоваться шрифты группы гротеском (без засечек). Большинство респондентов (57%) выбрало в качестве наиболее удобного кегля, используемого по умолчанию, размер в 12–14 пунктов. При этом 23,3% хотели бы видеть текст в более крупном размере (16–20 пт), а 5,8% – наоборот, в более мелком. 14% опрошенных считают этот вопрос не принципиальным и готовы работать с любым размером экранного текста.

В заключительном вопро-

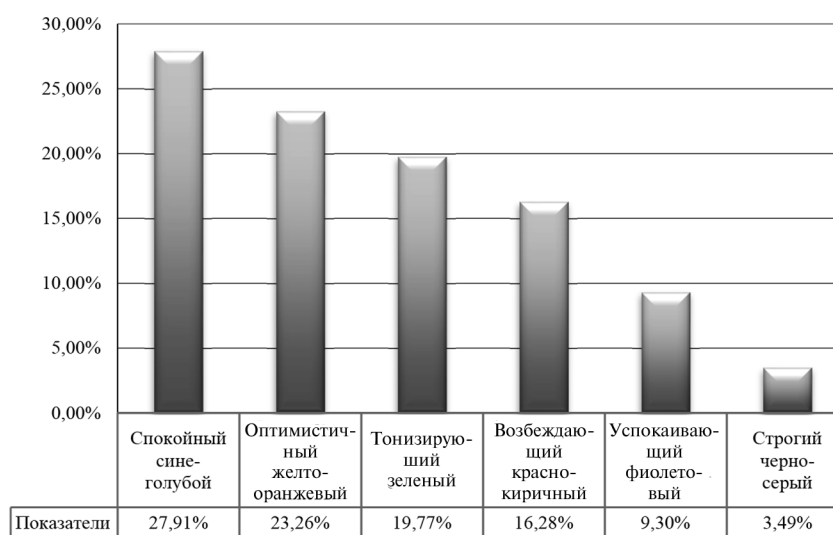


Рис. 2. Распределение мнений относительно параметров колористики (основной акцентный цвет)

Fig. 2. Distribution of opinions on the color parameters (main accent color)

се анкеты участникам исследования было предложено определить, какой из вариантов пиктографии (иконок) онлайн-платформы для них является наиболее предпочтительным. Здесь мнения разделились довольно равномерно. Большинство респондентов (30,2%) предпочли бы работать в системе с цветными иконками, имеющими черный контур; 20,9% — с такими же, но не имеющими четко выраженного контура. Около четверти (26,7%) респондентов указали, что стиль пиктографии должен быть строго академическим в бело-серых тонах. Остальные считают данный аспект не принципиальным.

Дискуссия

Полученные в ходе проведенного исследования эмпирические данные подтвердили тот факт, что поиск новых способов и средств эффективной организации и реализации дополнительной предметной подготовки школьников является сегодня актуальной и значимой задачей как для педагогической теории, так и для практики образования. Особенно в условиях интенсивной цифровизации и развития современного социума с новым типом мышления. Основная часть педагогов, принявших участие в анкетировании, являются квалифицированными кадрами, имеющими профильное образование и значительный практический опыт. Поэтому можно считать, что полученные данные могут быть использованы для обоснования структурно-содержательных, технологических и эргономических характеристик новой региональной платформы дополнительной предметной подготовки школьников, которую планируется создать в качестве региональной площадки для педагогов Красноярского края Российской Федерации.

С точки зрения готовности педагогов к использованию

инструментов онлайн-образования полученные данные показали, что большинство опрошенных имеют опыт и готовы к использованию как локальных систем управления обучением (LMS), так и популярных федеральных платформ. Безусловно, на это повлияла ситуация вынужденного дистанционного обучения в условиях пандемии COVID-19, однако с позиции развития цифровизации образования данный тренд нельзя не отметить как положительный.

При этом среди факторов, мешающих педагогам осуществлять полноценное и комфортное онлайн-обучение, большинство опрошенных указало на то, что на существующих и доступных им онлайн-платформах форма и содержание учебных материалов не всегда соответствуют потребностям и запросам современного поколения. А в условиях интенсивного педагогического процесса немаловажным оказалось и отсутствие систематизированных средств онлайн-обучения (большое количество разнообразных ресурсов, вызывающих значительные временные затраты на поиск, анализ и отбор наиболее подходящих).

Полученные данные позволили зафиксировать и наиболее острые запросы педагогов, связанные с реализацией полноценного онлайн-обучения. Так наиболее результативной и востребованной формой организации сетевого педагогического взаимодействия является смешанное обучение. При такой организации образовательного процесса преобладающая часть учебной деятельности организуется асинхронно путем самостоятельной работы обучающихся с цифровым контентом. Далее предполагаются кратковременные синхронные сессии с участием педагога и участников учебной группы или в режиме индивидуальных консультаций по видеоконференцсвязи. То есть создаваемая платформа должна обеспечивать возмож-

ности распределения учебного времени по указанной модели.

Среди наиболее востребованных типов цифрового образовательного контента были педагогами обозначены средства обучения, являющиеся интерактивными. Наиболее остро опрошенные педагогические работники нуждаются в качественных интерактивных и мультимедийных средствах представления, закрепления и автоматизированного контроля усвоения учебного материала. В качестве форм цифровых образовательных ресурсов наиболее необходимыми участниками исследования были обозначены графические конспекты в формате инфографики, учебные видеоролики, интерактивные презентации с аудио сопровождением, 3D-модели. Что отражает общие тренды цифровых образовательных технологий, которые были выявлены другими исследователями [14, 15, 16].

Интересным оказался тот факт, что многие опрошенные педагоги не хотели бы иметь контент, организованный по типу комплексных онлайн-занятий с жестко заданной структурой и детерминированными этапами. Практики онлайн-образования в большей степени предпочли бы, чтобы имелась возможность самостоятельного конструирования логики и хода занятий с функцией включения авторских средств. При этом основная часть респондентов хотела бы видеть и базу учебных ресурсов в формате дидактического указателя — информационно-поискового модуля, позволяющего размещать и искать готовые учебные модули, систематизированные по тематике и основным дидактическим задачам (повторение, закрепление изученного, изучение нового материала, самоконтроль, рефлексия, практическая работа, обобщение и систематизация, групповая коммуникативная работа и т.п.).

Ключевыми педагогическими технологиями, реали-

зация которых должна быть обязательно обеспечена на онлайн-платформе дополнительной предметной подготовки школьников по полученным данным являются следующие. В первую очередь — это технология полного усвоения знаний, предложенная еще в середине XX века Бенжамином Блумом и Джоном Бисселом Кэрроллом, получившая развитие в России благодаря трудам профессора М.В. Кларина [17]. То есть на платформе должна иметься возможность определения образовательных результатов в соответствии с таксономическими принципами, разработки каждым педагогом для них фиксируемых показателей и критериев успешности осуществления учебных действий. Все эти характеристики могут быть закреплены за отдельными единицами учебного контента в качестве целей и задач учебно-познавательной деятельности, интериоризуемым обучающимися во время онлайн-занятий. Второй педагогической технологией, которая является необходимой на онлайн-платформе с точки зрения опрошенных стала технология проблемного обучения, которая основывается, прежде всего, на работах Джона Дьюи, а также на трудах российского педагога, профессора М.И. Махмутова [18,19]. Здесь предполагается обеспечение возможности формирования комплексного дерева учебных проблем теоретического и практического характера. Посредством последовательного разрешения таких лично-значимых и адекватных возрастным особенностям проблем с использованием предлагаемых цифровых ресурсов обучающимися самостоятельно совершаются учебные «открытия». Третья педагогическая основа, которая была указана в ответах опрошенных педагогов, должна быть технология когнитивного конструирования. Базис данной технологии был заложен в работах российских ученых,

профессоров П.Я. Гальперина, Н.Ф. Талызиной (использование ориентировочных основ действий) [20,21], П.М. Эрдниева (иерархическое и последовательное укрупнение дидактических единиц в учебные модули) [22], В.Ф. Шаталова (сжатие учебной информации до опорных сигналов) [23,24]. Она предполагает разбиение учебного материала по модульному принципу с возможностью изменения «учебного масштаба» (индуктивно-дедуктивных траекторий освоения новых знаний). Эти данные качественно совпадают с результатами ответов на вопрос о наиболее востребованных методах и приемах интерактивного обучения, где большинство респондентов указало необходимость использования проблемных заданий в формате ПОПС-формулы (позиция, обоснование, примеры, следствие), модульных учебных кластеров и мозговых штурмов.

Анализ данных относительно структурных характеристик онлайн-платформы, способных удовлетворить запросы педагогов показывает следующее. Доступ к платформе следует организовать через кроссплатформенное веб-приложение, загружаемое посредством браузера. А также довольно востребованными будут являться отдельные мобильные приложения для Android и iOS. Для организации регистрации новых пользователей и дальнейшей авторизации необходимо предусмотреть несколько вариантов: традиционный механизм с использованием логина и пароля, одноразовые коды без постоянного пароля, кросс-авторизацию через популярные социальные сети и онлайн-сервисы. При этом обязательно должна быть обеспечена интеграция с Google, Yandex, Mail.RU и VK.

Начинаться работа педагога в системе должна по мнению большинства с раздела «Личный кабинет», в котором размещены основные зада-

чи и обозначенные дедлайны, напоминания, система коммуникации (обмен быстрыми сообщениями и комплексными электронными письмами), учебный календарь и список доступных для работы разделов и ресурсов. Наиболее удобной формой представления комплексных предметных дидактических модулей опрошенными была выбрана предложенная виртуальная маршрутная карта, которая позволяет организовать графическое представление материалов в виде учебных станций в масштабе занятий/тем/разделов. На данный момент аналогов такой формы на популярных онлайн-платформах нет, большинство образовательных информационных систем позволяют размещать учебные материалы в виде электронных курсов (LMS, MOOC), тематических онлайн-занятий (например, как на платформах РЭШ, UCHI.RU), в формате стены и учебного каталога (как на Google Class).

Относительно наиболее важных характеристик пользовательского интерфейса на основе полученных данных можно утверждать следующее. Расположение основных элементов управления платформой должно быть классическим (главное меню в верхней области) с возможностью небольшой кастомизации пользователями (добавление собственных пунктов и ссылок), редактирование вариативных блоков. При этом основная часть функций должна быть унифицирована для того, чтобы не вызывать трудностей при инструктаже и описании указаний обучающимся. Наиболее комфортной цветовой схемой по мнению опрошенных является использование небесно-голубых оттенков и цветной пиктографии с четкими контурами. Что является довольно ожидаемым и соответствует академическому стилю, отвечает основной направленности и запросам целевой аудитории онлайн-платформы.

Заключение

Проведенный анализ литературы, посвященной проблеме исследования, и данных, полученных в ходе опроса учителей-предметников Красноярского края, подтверждает актуальность разработки региональной образовательной онлайн платформы предметной подготовки школьников.

С точки зрения преподавателей, такая платформа должна обладать функциями конструктора, позволяя создавать свой авторский урок из имеющихся образовательных единиц, ранжированных по дидактическим задачам, с возможностью дополнения материала авторскими разработками. Важным здесь видится представление учебной информации в виде коротких блоков с использованием различных методик наглядного сжатия и интерактивности, при этом материал можно подстраивать под нужды и запросы каждого отдельного ученика. Опыт проведения дистанционных занятий, имеющийся у учителей края, показывает необходимость персонализации учебного контента по уровням подготовки, дидактическим задачам, а также личным запросам обучаемых. Предпочтение смешанного обучения, как наиболее продуктивного, актуализирую возможность встраивания отдельных элементов/

блоков учебного материала онлайн платформы в учебный процесс на любом его этапе.

Особую роль преподаватели отводят активной деятельности обучаемых в режиме дистанционного образования, как средства активизации и мотивации самостоятельной работы, ориентированной на продуктивное освоение знаний. Отмечается острая необходимость в качественных комплексных интерактивных заданиях, лабораторных практикумах, тренажерах и т.п. Каждый этап обучения должен быть обеспечен ресурсами контроля, самоконтроля полученных знаний, а также элементами эмоциональной рефлексии, а сам прогресс образовательных результатов представлен в наглядном и понятном для обучаемого и преподавателя виде.

Таким образом, образовательный контент региональной онлайн платформы должен обладать следующими характеристиками:

- обладать функциями конструктора-трансформера, позволяющего конструировать урок в зависимости от задач и предпочтений преподавателя или обучаемого;
- учебный контент кластеризован по дидактическим задачам и предметному содержанию для функции быстрого отбора учебных элементов как преподавателями, так и обучаемыми;
- учебный материал представлен с использованием ког-

нитивной визуализации, имеет четкую структуру и разбит на микроблоки;

— содержание учебного материала по дисциплине/разделу/теме представлено в визуальном формате (ментальной схемы, графа понятий);

— все элементы платформы снабжены тренажерами, практикумами, ресурсами контроля и самоконтроля образовательных результатов на каждом этапе обучения;

— результаты образовательного прогресса также представлены в наглядной форме (ментальной схемы, графа изученных понятий и тем, шкалы прогресса и т.п.);

— интерфейс платформы соответствует академическому стилю, отвечает основной направленности и запросам целевой аудитории.

Результаты исследования позволили определить потребности педагогов и конкретизировать структурно-содержательные, технологические и эргономические характеристики новой региональной платформы для реализации дополнительной предметной подготовки школьников Красноярского края, функционирующей в условиях цифрового социума. Полученные данные являются основанием разработки учебных курсов-трансформеров с открытым доступом к содержательным единицам педагогам-новаторам.

Литература

1. Сапа А.В. Поколение Z — поколение эпохи ФГОС // Педагогическая мастерская. Всё для учителя! 2015. № 8(56). С. 1-9.
2. Мирошкина М.Р. Интерпретации теории поколений в контексте российского образования // Ярославский педагогический вестник. 2017. № 6. С. 30-35.
3. Миронова О.А. Проблемы и задачи цифрового образования в России в контексте теории поколений // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2019. № 1. С. 51-63.
4. Strauss W., Howe N. Generations: The history of America's future, 1584 to 2069. New York: Quill, 1991.
5. Померанцева Н.Г., Сырина Т.А. Взаимосвязь теории поколений и личностно ориентиро-

ванного обучения иностранному языку // Мир науки. 2017. Т. 5. № 6. С. 46-46.

6. Бастркова Н.С. Цифровое поколение в проекции жизненного самоопределения // Новые информационные технологии в образовании и науке. 2018. № 1. С. 103-109.

7. Бурдяк А.Я. Дополнительные занятия по школьным предметам: мотивация и распространенность // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. 2015. № 2. С. 96-112.

8. Жирова Н.А., Малова Ю.В. Возможность достижения метапредметных и личностных образовательных результатов в процессе обучения по дополнительным общеразвивающим программам // Про ДОД. 2017. № 5(11). С. 23-38.

9. Зуев П.В., Трусова С.Я. Объективная оценка результатов освоения дополнительных общеоб-

разовательных программ учащимися как средство повышения качества образования в организациях дополнительного образования // Педагогическое образование в России. 2015. № 9. С. 118–124.

10. Косарецкий С.Г., Абанкина И.В., Мерцалова Т.А. и др. Аналитический доклад о состоянии системы дополнительного образования детей в Российской Федерации в условиях реализации. Концепции развития дополнительного образования детей [Электрон. ресурс]. 2017. Режим доступа: <http://www.esur.ru/Files/file6096.pdf>.

11. Павлова Н.В. Понятие подготовки как педагогической категории в рамках понятийно-терминологического аппарата, применяемого в системе высших учебных заведений // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2010. № 8. С. 1–7.

12. Концепция развития дополнительного образования детей, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 04.09.2014 года № 1726 – р.

13. Павленко К. В., Поливанова К. Н., Боцавер А. А., Сивак Е. В. Дополнительное образование школьников: функции, родительские стратегии, ожидаемые результаты // Вопросы образования. 2019. № 2. С. 241–261. DOI: 10.17323/1814-9545-2019-2-241-261.

14. Кузнецов Н.В. Онлайн-образование: ключевые тренды и препятствия // E-Management. 2019. Т. 2. № 1. С. 19–25.

15. Воронин Д.М., Киселева И.В., Воро-

нина Е.Г. Основные тренды в системе образования // Проблемы современного педагогического образования. 2020. № 69(1). С. 126–129.

16. Артёменко М.В. Особенности форсированного локдаунного тренда цифровизации образования // Образование и проблемы развития общества. 2021. № 1. С. 14–24.

17. Кларин М.В. Педагогические технологии в учебном процессе. М.: Знание, 1989. 77 с.

18. Махмутов М.И. Организация проблемного обучения в школе. Книга для учителей. М.: Просвещение, 1977. 240 с.

19. Махмутов М.И. Проблемное обучение. М.: Просвещение, 1975.

20. Гальперин П.Я. Методы обучения и умственное развитие ребенка. М.: Издательство Московского университета, 1985. 45 с.

21. Талызина Н. Ф. Педагогическая психология: Учебное пособие для студентов средних педагогических учебных заведений. М.: Издательский центр «Академия», 1998. 288 с.

22. Эрдниев П.М. Укрупнение дидактических единиц как технология обучения. Часть 1. М.: Просвещение, 1992. 58 с.

23. Шаталов В.Ф., Шейман В.М., Фаит А.М. Опорные конспекты по кинематике и динамике. М.: Просвещение, 1989. 143 с.

24. Шаталов В.Ф. Куда и как исчезли тройки: из опыта работы школ г. Донецка. М.: Педагогика, 1979. 154 с.

References

1. Sapa A.V. Generation Z - the generation of the FSES era. Pedagogicheskaya masterskaya. Vso dlya uchitelya! = Pedagogical workshop. Everything for the teacher! 2015; 8(56): 1-9. (In Russ.)

2. Miroshkina M.R. Interpretations of the theory of generations in the context of Russian education. Yaroslavskiy pedagogicheskiy vestnik = Yaroslavl Pedagogical Bulletin. 2017; 6: 30–35. (In Russ.)

3. Mironova O.A. Problems and tasks of digital education in Russia in the context of the theory of generations. Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta (RINKH) = Bulletin of the Rostov State University of Economics (RINH). 2019; 1: 51–63. (In Russ.)

4. Strauss W., Howe N. Generations: The history of America's future, 1584 to 2069. New York: Quill; 1991.

5. Pomerantseva N.G., Syrina T.A. Interrelation of the theory of generations and personality-oriented teaching of a foreign language. Mir nauki = World of Science. 2017; 5; 6: 46–46. (In Russ.)

6. Bastrakova N.S. Digital generation in the projection of life self-determination. Novyye informatsionnyye tekhnologii v obrazovanii i nauke = New information technologies in education and science. 2018; 1: 103–109. (In Russ.)

7. Burdyak A.YA. Additional lessons in school subjects: motivation and prevalence. Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskiye i sotsial'nyye peremeny = Monitoring public opinion:

economic and social changes. 2015; 2: 96–112. (In Russ.)

8. Zhironova N.A., Malova Yu.V. Possibility of achieving meta-subject and personal educational results in the learning process for additional general developmental programs. Pro DOD = About DOD. 2017; 5(11): 23–38. (In Russ.)

9. Zuyev P.V., Trusova S.YA. Objective assessment of the results of the development of additional general education programs by students as a means of improving the quality of education in organizations of additional education. Pedagogicheskoye obrazovaniye v Rossii = Pedagogical education in Russia. 2015; 9: 118–124. (In Russ.)

10. Kosaretskiy S.G., Abankina I.V., Mertsalova T.A. et.al. Analiticheskiy doklad o sostoyanii sistemy dopolnitel'nogo obrazovaniya detey v Rossiyskoy Federatsii v usloviyakh realizatsii. Kontseptsii razvitiya dopolnitel'nogo obrazovaniya detey = Analytical report on the state of the system of additional education for children in the Russian Federation in the context of implementation. Concepts for the development of additional education for children [Internet]. 2017. Available from: <http://www.esur.ru/Files/file6096.pdf>. (In Russ.)

11. Pavlova N.V. The concept of training as a pedagogical category within the framework of the conceptual and terminological apparatus used in the system of higher educational institutions. Aktual'nyye problemy gumanitarnykh i yestestvennykh nauk

= Actual problems of the humanities and natural sciences. 2010; 8: 1-7. (In Russ.)

12. Kontseptsiya razvitiya dopolnitel'nogo obrazovaniya detey, utverzhdennoy rasporyazheniyem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 04.09.2014 goda № 1726 – r = The concept for the development of additional education for children, approved by the order of the Government of the Russian Federation dated 04.09.2014 No. 1726 - p (In Russ.)

13. Pavlenko K.V., Polivanova K.N., Bocharov A.A., Sivak Ye. V. Additional education for schoolchildren: functions, parenting strategies, expected results. Voprosy obrazovaniya = Education Issues. 2019; 2: 241-261. DOI: 10.17323/1814-9545-2019-2-241-261. (In Russ.)

14. Kuznetsov N.V. Online education: key trends and obstacles. E-Management = E-Management. 2019; 2; 1: 19-25. (In Russ.)

15. Voronin D.M., Kiseleva I.V., Voronina Ye.G. Main trends in the education system. Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya = Problems of modern pedagogical education. 2020; 69(1): 126-129. (In Russ.)

16. Artomenko M.V. Features of the trend of education digitalization forced by lockdown. Obrazovaniye i problemy razvitiya obshchestva = Education and problems of society development. 2021; 1: 14-24. (In Russ.)

17. Klarin M.V. Pedagogicheskiye tekhnologii v uchebnom protsesse = Pedagogical technologies in

the educational process. Moscow: Knowledge; 1989. 77 p. (In Russ.)

18. Makhmutov M.I. Organizatsiya problemnogo obucheniya v shkole. Kniga dlya uchiteley = Organization of problem-based learning at school. A book for teachers. Moscow: Education; 1977. 240 p. (In Russ.)

19. Makhmutov M.I. Problemnoye obucheniye = Problem learning. Moscow: Education; 1975. (In Russ.)

20. Gal'perin P.YA. Metody obucheniya i umstvennoye razvitiye rebenka = Teaching methods and mental development of the child. Moscow: Publishing House of Moscow University; 1985. 45 p. (In Russ.)

21. Talyzina N. F. Pedagogicheskaya psikhologiya: Uchebnoye posobiye dlya studentov srednikh pedagogicheskikh uchebnykh zavedeniy = Educational psychology: a textbook for students of secondary pedagogical educational institutions. Moscow: Publishing Center «Academy»; 1998. 288 p. (In Russ.)

22. Erdniyev P.M. Ukrupneniye didakticheskikh yedinit kak tekhnologiya obucheniya. Chast' 1 = Consolidation of didactic units as a teaching technology. Part 1. Moscow: Education; 1992. 58 p. (In Russ.)

23. Shatalov V.F., Sheyman V.M., Fait A.M. Opornyye konspekty po kinematike i dinamike = Basic notes on kinematics and dynamics. Moscow: Education; 1989. 143 p. (In Russ.)

24. Shatalov V.F. Kuda i kak ischezli troyki: iz opyta raboty shkol g. Donetska = Where and how the troikas disappeared: from the experience of Donetsk schools. Moscow: Pedagogy; 1979. 154 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Павел Сергеевич Ломаско

К.п.н.

Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева,
Красноярск, Россия

Эл. почта: pavel@lomasko.com

Анна Леонидовна Симонова

К.п.н., доцент

Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева,
Красноярск, Россия

Эл. почта: simonova75@yandex.ru.ru

Дарья Александровна Бархатова

К.п.н., доцент

Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева,
Красноярск, Россия

Эл. почта: darry@mail.ru

Людмила Борисовна Хегай

К.п.н., доцент

Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева,
Красноярск, Россия

Эл. почта: hegail@yandex.ru

Information about the authors

Pavel S. Lomasko

Cand. Sci. (Pedagogical)

Krasnoyarsk State Pedagogical University named
after V.P. Astafyev,
Krasnoyarsk, Russia

E-mail: pavel@lomasko.com

Anna L. Simonova

Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor

Krasnoyarsk State Pedagogical University named
after V.P. Astafyev,
Krasnoyarsk, Russia

E-mail: simonova75@yandex.ru.ru

Daria A. Barkhatova

Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor

Krasnoyarsk State Pedagogical University named
after V.P. Astafyev,
Krasnoyarsk, Russia

E-mail: darry@mail.ru

Lyudmila B. Khegay

Cand. Sci. (Pedagogical), Associate Professor

Krasnoyarsk State Pedagogical University named
after V.P. Astafyev,
Krasnoyarsk, Russia

E-mail: hegail@yandex.ru

Возможности технологий виртуальной реальности для разработки игровых приложений

Стремительное развитие технологий виртуальной и дополненной реальности на сегодняшний день происходит практически во все сферы деятельности. Элементы виртуальной и дополненной реальности используются в таких областях, как образование, медицина, транспорт, игровая сфера, туризм и другие. Активное распространение этих технологий вызывает на рынке труда ИТ-сферы появления особых компетенций и, как следствие, формирование новых профессий.

Многие российские университеты ведут подготовку студентов по ИТ-направлениям подготовки. Профилизация подготовки по разработке приложений виртуальной реальности и компьютерных игр началась последнее время. Обеспечение практических занятий сопровождается конкретными заданиями, что дает возможность студентам совершенствоваться в использовании программного обеспечения и технических устройств.

Актуальность исследования обуславливается современным спросом на использование ИТ-разработчиками новейших технологий в области создания компьютерных игр. Сегодня становятся все популярнее технологии, обеспечивающие погружение игрока в виртуальную реальность. Одной из таких технологий является костюм с нательными датчиками, отслеживающими положение человека в пространстве в реальном времени. Однако, в литературе и в сети интернет достаточно мало реальных описанных проектов.

В данном исследовании рассматривается процесс разработки задания по созданию игрового приложения с использованием технологии виртуальной реальности: костюма с нательными датчиками для обучения студентов.

Материалы и методы исследования. Своевременное выявление потребностей ИТ-рынка в подготовке кадров позволяет образовательным организациям формировать новые учебные программы разного уровня обучения. Такой подход позволяет нацеливать разрабатываемые учебно-методические материалы на исполь-

зование последних достижений развития исследуемой области. Используя системный подход, в исследовании характеризуются костюмы для виртуальной реальности и датчики для контроля положения в пространстве пользователя. Таким образом целью задания стало обеспечение иммерсивности и удобства взаимодействия игрока и игрового окружения.

На основании материалов по программному обеспечению, датчикам положения в пространстве был применен подход педагогического дизайна и сформирован порядок действий для практического задания, отражающих соответствующие компетенции.

Результаты. Исследование проводилось в рамках лабораторных и практических работ студентов, а также на реальном предприятии. Обучение по новому профилю направления подготовки «Прикладная информатика» полностью оснащено всеми новейшими технологиями в данной области. В результате проведенной работы разработано содержание практического задания.

Совместно со студентами ведутся реальные разработки приложений виртуальной и дополненной реальности. Практически во всех проектах использовался костюм с нательными датчиками.

Заключение. В нашем исследовании подробно рассматривается сам процесс разработки приложения с использованием костюма с нательными датчиками для дальнейшего обучения студентов. По результатам может проводиться работа на реальных проектах для любой сферы. По материалам исследования планируется выпустить учебное пособие для студентов с профилем Разработка компьютерных игр и виртуальной/дополненной реальности приложений.

Ключевые слова: компетенция, задание, виртуальная реальность, дополненная реальность, костюм с нательными датчиками, VR, AR, IMU датчик.

Elena V. Romanova¹, Lyubov V. Kurzaeva², Liliya Z. Davletkireeva², Tatyana B. Novikova²

¹ MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

² Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

Possibilities of Virtual Reality Technologies for the Development of Gaming Applications

The rapid development of virtual and augmented reality technologies is currently taking place in almost all spheres of activity. Elements of virtual and augmented reality are used in such areas as education, medicine, transport, gaming, tourism and others. The active spread of these technologies causes the emergence of special competencies in the IT labor market and, as a result, the formation of new professions.

Many Russian universities are training students in IT training areas. Specialization in the development of computer games and virtual reality applications has begun recently. The provision of practical classes is accompanied by specific tasks, which gives students the opportunity to improve the use of software and technical devices. The relevance of the research is determined by the current demand

for the use of the latest technologies by IT developers in the field of creating computer games. Today, technologies that provide a player's immersion in virtual reality are becoming more and more popular. One of these technologies is a suit with wearable sensors that track a person's position in space in real time. However, there are quite a few real described projects in the literature and on the Internet.

This study examines the process of developing a task for creating a game application using virtual reality technology: a suit with wearable sensors for teaching students.

Materials and methods of research. Timely identification of the needs of the IT market in personnel training allows educational organizations to form new training programs of different levels of training. This approach makes it possible to target the educational

and methodological materials being developed to use the latest achievements in the development of the field under study.

Using a systematic approach, the study characterizes virtual reality suits and sensors for monitoring the position in the user's space. Thus, the goal of the task was to ensure the immersiveness and convenience of interaction between the player and the game environment.

Based on materials on software, position sensors in space, the approach of pedagogical design was applied and the procedure was formed for a practical task, reflecting the relevant competencies.

Results. The study was conducted on the basis in the framework of laboratory and practical work of students, as well as at a real enterprise. Training in the new profile of the direction of training "Applied informatics" is fully equipped with all the latest technologies

in this field. As a result of the work, the content of the practical task was developed.

Real development of virtual and augmented reality applications is conducted jointly with students. Almost all projects used a suit with body sensors.

Conclusion. Our study examines in detail the process of developing an application using a suit with wearable sensors for further training of students. Based on the results, work can be carried out on real projects for any field. Based on the research materials, it is planned to issue a textbook for students with the profile of developing computer games and virtual / augmented reality applications.

Keywords: competence, task, virtual reality, augmented reality, suit with body sensors, VR, AR, IMU sensor.

Введение

Развитие образовательной деятельности нацелено, прежде всего, на удовлетворение профессионального роста по требованиям различных областей жизнедеятельности государства высококвалифицированных кадров. Поддержка высокого уровня подготовки молодых кадров в ИТ-сфере сопровождается последовательным направлением учебных планов и программ на изучение и использование современных прорывных технологий, указанных в различных нормативных документах государства.

Настройка образовательной системы на обучение студентов новейшим ИТ-технологиям сопровождается формированием соответствующих компетенций в процессе подготовки необходимых учебно-методических материалов для реализации дисциплин.

Рынок информационных технологий сегодня необычайно широк, так, например: виртуальная реальность используется в различных областях: образование, медицина, транспорт, игровая сфера, туризм и другие. Стремительный рост популярности этой технологии позволяет показывать новые возможности коммуникаций, например удаленную демонстрацию продуктов и услуг. Образность получаемого визуального ряда, простота использования, применяемых элементов такой технологии, обеспечивают привлечение

дополнительного потребительского интереса к продукту или услуге [1].

Большой вклад в развитие теории и практики разработки виртуальной и дополненной реальности внесли следующие ученые: Herron J., Kelly D., Reinoso M., Hoang T.N., Clements T., Joukhadar Z., Vetere F., Bower M., Howe C., McCredie N., Grover D., Iqbal J., Sidhu M.S., Robinson A., Wang S., Ifekey A.I.M., Turan Z., Meral E., Sahin I.F., Elbyaly M.Y., Набокова Л.С. и другие. Доступность этих технологий повышается для всех категорий пользователей, независимо от возраста.

В данной статье остановимся только на одной из популярных технологий – виртуальной и дополненной реальности при использовании в компьютерных играх.

Многие университеты уже давно ввели в учебные планы отдельные дисциплины, связанные с отдельными элементами этой технологии, такими как Компьютерная графика, Веб-разработка, Компьютерный дизайн, Разработка компьютерных игр. Последние несколько лет, ситуация ИТ-рынка, удешевление необходимого инструментария для организации обучения, позволили создать учебным заведениям специальные профили подготовки специалистов. В качестве примера приведем программы двух университетов:

– МИРЭА – Российский технологический универси-

тет, Направление подготовки «Программная инженерия», профиль «Разработка и дизайн компьютерных игр и мультимедийных приложений»;

– Магнитогорский Государственный Технический Университет им. Г.И. Носова, Направление подготовки «Прикладная информатика», профиль «Разработка компьютерных игр и приложений виртуальной/дополненной реальности».

Обеспечение практических занятий студентов связано с изучением конкретных технологических решений виртуальной реальности, игровых техник, и методической разработкой необходимых компетенций реализации компьютерных игр. Соответственно требуется формирование набора заданий и последовательности выполнения игровых элементов, используя программный и информационный инструментарий.

Постановка задачи

Актуальность работы обуславливается современным спросом на использование новейших технологий в области разработки игр. В настоящее время становятся все популярнее технологии, обеспечивающие погружение игрока в виртуальную реальность. Одной из таких технологий является костюм с тактильными датчиками, отслеживающими положение человека в пространстве в реальном времени. На сегодняшний день существует

целых ряд программных продуктов, обеспечивающих

Новизна исследования заключается в том, что технология является достаточно молодой, но уже приобрела популярность из-за ее обширных возможностей использования и комбинаций с другими игровыми гаджетами [2]. Поэтому на данный момент существует проблема отсутствия примеров разработок приложений с использованием данной технологии.

Рассмотрим подробно сам процесс применения возможностей костюма с нателными датчиками при создании развлекательного приложения. Формируя задание для студентов, опишем требования к игровому процессу и определим варианты использования разрабатываемой игры [3]. Целью практического задания по созданию компьютерного игрового приложения является обеспечение иммерсивности и повышение удобства взаимодействия игрока и игрового окружения через реализацию интерфейса контроля датчиков с использованием программного продукта Unity 3D.

Теоретические аспекты

Компьютерные игры давно сформировали отдельную область ИТ-рынка. Спрос на компьютерные, особенно мобильные, игры последние годы только растет. Использование новейших технологий виртуальной реальности для разработки различных разделов таких игр позволяет расширять возможности игрока посредством сочетания программных компонент и технических устройств [4, 5].

Виртуальная реальность представляет собой совокупность программных, технологических и технических решений, создающие имитацию реального мира, физически который не может существовать. При этом мы можем его

ощущать в настоящем времени в соответствии с законами физики, используя специфические эффекты. Виртуальные образы, созданные программно и посредством технических устройств, влияют на человека через его ощущения: чувство равновесия и положения в пространстве, осязание, зрение, слух и даже обоняние [6]. Выделяют следующие виды виртуальной реальности:

– Виртуальная (VR). В данной системе все элементы придумываются и реализуются по требованиям заказчика или фантазии разработчиков [7].

– Дополненная (AR). Это система виртуальной реальности, которая не искажает видения реального мира, а лишь дополняет его искусственно разработанными элементами.

– Смешанная. В этой системе происходит привязка искусственно разработанных элементов к реальным, что создает большую реалистичность имитируемых сцен.

За счет сочетания различных наборов программ и технических устройств формируются системы виртуальной реальности, создающих специфическую среду и обеспечивающих образное взаимодействие с ней пользователя с помощью воздействия на все органы чувств человека [6].

Устройством, обеспечивающие симбиоз игровых механик и виртуальную реальность, является костюм с нателными датчиками, которые могут отслеживать движения игрока и позволяют ему совершать их в пространстве и времени. Помимо костюмов могут применять очки, шлемы виртуальной реальности. Далее представлены более детально виды датчиков, использующихся в костюмах для виртуальной реальности.

Сама по себе технология отслеживания объекта в пространстве не является новинкой, но она активно применяется в современных

смартфонах в качестве системных нужд и в разных приложениях. Датчики – это гибридные модули небольшого размера, которые сочетают в себе магнитный датчик, датчики угловой скорости и ускорения (далее IMU-датчик):

- акселерометр (датчик, измеряющий угловое ускорение);
- гироскоп (датчик, измеряющий угловую скорость вокруг собственных осей);
- магнитометр (датчик, измеряющий индукцию магнитного поля).

Показания всех датчиков считываются и передаются в реальном времени в ПК, а на основании собранной информации специальное приложение определяет нужное точное положение человека в пространстве [8]. Поэтому костюм из IMU-датчиков позволяет отслеживать все движения человека в реальном времени и транслировать-передавать их в приложение.

Компания Apple первой внедрила датчик гироскопа еще в iPhone 4, после чего появилась возможность отвечать на входящие звонки, перелистывать страницы электронной книги, перелистывать фотографии, переключать музыку и многое другое простым встряхиванием телефона.

Однако с простыми функциями разрабатывали и внедряли в смартфоны более сложное программное обеспечение (ПО), например, программа измерения наклона, уровня. Гироскоп достаточно сложное устройство, при разработке которого за основу взят принцип работы акселерометра. Акселерометр – это колба с пружиной и грузом внутри, где на одной стороне пружины закреплен груз, а второй – пружины, зафиксированные на демпфере для гашения колебания. При встряхивании (ускорении) измерительного прибора, присоединенная масса движется, тем самым приводя пружину в напряжение

[8–9]. Такие колебания можно фиксировать в виде данных. Размещение трех таких акселерометров перпендикулярно позволяет получить представление о том, как расположен предмет в пространстве. Если технически разместить громоздкий измерительный прибор в смартфоне невозможно, то принцип работы оставили тот же. Груз заменили инертной массой небольшого чипа. При ускорении изменяется положение инертной массы, тем самым рассчитывается положение смартфона в пространстве [10].

Создание датчиков для мобильных устройств вдохновило множество разработчиков на создание инновационных проектов. Мобильные игры вышли на новый уровень благодаря акселерометру и гороскопу. Стоит отметить, что степень погружения игрока в игровой процесс значительно увеличилась. Спустя время область использования датчиков расширялась, были разработаны костюмы, отслеживающие положение человека в пространстве и применяемые для захвата движений. На пользователя надевается костюм с датчиками, и он осуществляет нужные движения, встает в позы и имитирует действия. В этот момент считываются данные с датчиков и передаются в ПК, где вся информация сводится в единую трехмерную модель [11]. Игровая форма таких приложений может применяться в различных областях, где необходима симуляция действий. Например, в медицинских целях, например, для помощи пациенту в восстановлении двигательных функций. Так приложение Devirta Ergo 3D, работающее в совокупности со шлемом виртуальной реальности, помогает пациентам восстановить некоторые бытовые навыки. Пациент осуществляет повседневные обязанности в VR-реальности: проводить генеральную уборку, чистить

зубы, заправлять постель, готовить завтрак и многое другое [12]. При совершении этих действий, шлем и специальные станции считывают движения человека и отправляют их на обработку приложению, где они обрабатываются и выводятся в шлеме VR-реальности. В итоге приложение мотивирует пациента восстанавливать свои двигательные навыки путем многократного повторения простых движений.

Рассмотрим некоторые примеры костюмов от разных производителей и проведем сравнительный анализ. В сравнении будут участвовать следующие костюмы: Senso Suit; Rokoko Smart suit Pro; Perception Neuron-32 V2. Для полноценной работы костюмов необходимо различное программное обеспечение контроля датчиков.

1. Senso Suit является достаточно универсальным и комфортным в применении костюмом. Хорошо сидит на человеке, его датчики не стесняют движения, просто крепятся и настраиваются. Он позволяет полностью отслеживать движения тела. Комплект системы позиционного трекинга Senso Suit включает в себя 15 модулей слежения за движениями пользователя [13]. Эти модули крепятся на теле, ногах и руках.

Как у большинства продуктов от Senso, у каждого модуля есть внутри IMU-датчик и вибромотор. Благодаря этим приборам осуществляется тактильная обратная связь от производимых движений пользователя, при этом костюм не требует применения дополнительных камер. В качестве основной технологии отслеживания движений используется программный продукт SteamVR / Lighthouse, применяемый также в шлемах AR-реальности Vive, обеспечивая высокую точность и скорость позиционирования [14]. У костюма есть

возможность подключения к компьютеру двумя путями: через USB-кабель или Wi-Fi соединение. Стоит отметить, что у системы позиционного трекинга есть совместимость программного кода устройства с распространёнными движками Unreal Engine, C++, Unity и Android с наличием комплекта разработки ПО и открытого исходного кода для каждого из них [15].

2. Rokoko Smartsuit Pro – это высокотехнологичная студия захвата движения, представленная в виде обычного костюма. Smartsuit Pro предоставляет профессиональную мотосар-систему доступной каждому и расширяет возможности разработчиков и 3D аниматоров. Отметим простую и понятную настройку костюма, что представляет собой главное преимущество для многих пользователей. Надевая костюм, программное обеспечение сразу запускается, а задавая начальные настройки, можно сразу начинать запись снимаемых данных.

Smartsuit Pro оснащается девятнадцатью датчиками, отслеживающими положение в различных измерениях, обеспечивающих качественный захват движений. Применение костюма не требует задействования каких-либо дополнительных эмитентов, костюм позволяет захватывать движения пользователя сразу.

Программный продукт Smartsuit Studio позволяет показывать информацию в режиме реального времени. Реализована возможность отслеживания движений, их изменения в реальном времени, фиксации их для последующего применения. Существует специальные плагины обеспечивающие работу программного продукта во всех популярных средах разработки [16].

3. Perception Neuron V2 – это костюм второго поколения, представляющий собой инерциальную навигацион-

Таблица 1

Сравнение костюмов захвата движения

Table 1

Comparison of motion capture suits

Тип костюма/ Параметры	Senso Suit	Rokoko Smartsuit Pro	Perception Neuron-32 V2
Количество датчиков, шт.	15	19	32
Комплект разработки ПО (SDK)	Unreal Engine, Unity, C++, Android	Unity 5, Unreal Engine 4, MotionBuilder	C/C++ API, Unreal Engine, Unity
Подключение	Wi-Fi, USB	Wi-Fi, USB	Wi-Fi, USB
Обратная связь	15 вибромоторов	—	—
Внешнее отслеживание	SteamVR, LightHouse	—	—
Цена, руб.	84 000	295 000	155 000

ную систему захвата движения. Perception Neuron управляется при помощи небольшого блока, основанного на трех осевых микромеханических датчиках. Датчик состоит из: акселерометра, гироскопа и магнитного трекера. Perception Neuron V2 имеет обновлённую систему, которая позволяет владельцам обоих поколений трекеров применять крошечные датчики со специальными ремешками для записи движений своего тела. В Perception Neuron V2 есть возможность записи расширенного набора данных в течение длительного времени.

Для защиты от соскальзывания проведено усиление крепежей кабелей Perception Neuron V2. Крепление датчика разработано с учетом удобства надевать и снимать его. Когда осуществляется синхронизация Neuron Perception с 32-мя нейронами, устройство начинает отслеживать движения всего тела и создавать его AR-прототип [17]. Для разработчиков Perception Neuron V2 является достаточно хорошим продуктом обеспечения анимации и 3D – графики. С ним используются Axis Neuron и API на C/C++ с поддержкой Unity и Unreal Engine.

Сравнительная характеристика костюмов представлена в таблице 1.

Как видно из таблицы, для нужд вуза использования студентами такого сложного оборудования при проведении занятий, наиболее всего подходит костюм Senso Suit, вторым по возможностям являет костюм Perception Neuron-32 V2.

Практическая значимость

В рамках исследования апробированы возможности костюма с нательными датчиками при создании развлекательного приложения с целью формирования практических заданий для студентов.

В результате сформировано практическое задание «Реали-

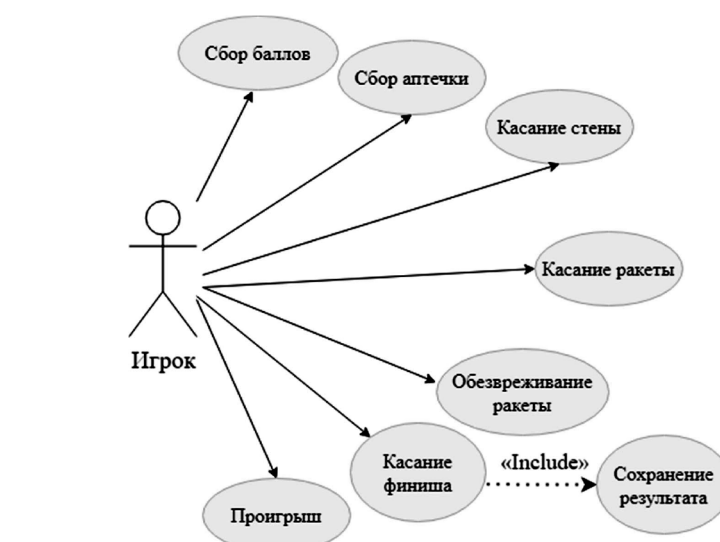


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования процесса игры.

Fig. 1. Diagram of use cases for the game process.

Таблица 2

Варианты использования приложения

Table 2

Application use cases

Действующее лицо	Вариант использования
Игрок	Сбор баллов Сбор аптечки Касание стены Касание ракеты Обезвреживание ракеты Касание финиша Проигрыш

зация компьютерной игры с использованием костюма с нательными датчиками» и предложен алгоритм его выполнения:

1. Создание нового проекта игры, сценария игры.
2. Настройка персонажа.
3. Разработка игровых объектов.

4. Сборка.

Ниже приведен пример задания.

Разрабатываемая игра должна представлять собой линейный уровень, в течение которого игрок, стоящий на платформе будет двигаться в сторону финиша. На пути игрока будут расположены

игровые объекты с определенной реакцией на взаимодействие с игроком.

Целью игрока является получение баллов, путем взаимодействия меча с игровыми объектами. Меч будет расположен в правой руке игрока. Наряду со сбором баллов целью игрока будет являться защита и уклонение от других игровых объектов, при взаимодействии с которыми игрок будет терять баллы и очки здоровья. Для защиты от некоторых игровых объектов игрок будет пользоваться щитом, прикрепленным к левой руке. В конце игрового процесса будет расположен финиш, при взаимодействии с которым игра заканчивается и на экран выводится итоговый счет. Наибольшее значение баллов запоминается игрой и выводится на экран как рекордный результат.

Для наглядности отобразим процесс игры на рисунке 1.

Опишем варианты использования для игрока. Варианты использования представлены в таблице 2–9.

Результаты

Рассмотрим процесс формирования компьютерной игры. Разработка велась на игровом движке Unity версии 2019.4.21f1 с применением Perception Neuron Unity Integration 0.2.19. Система захвата движения Perception Neuron для передачи информации о положении костюма подключена к официальному ПО Axis Neuron [18], где происходит обработка данных датчиков о движении. Если есть необходимость, полученные данные можно перенаправить в другое ПО, в нашем случае это среда разработки Unity.

1. Создание сцены. Традиционно, как в любых программных средах для нового проекта, в нашем случае сцены, в Unity Hub выбираем кнопку New. Выбираем тип проекта и задаем ему название.

Таблица 3

Пример варианта использования 1

Table 3

Example of use case 1

№ варианта использования	Вариант использования 1
Название	Сбор баллов
Действующее лицо	Игрок
Описание	На пути следования игрока располагаются объекты, за касание которых игрок получает баллы.
Предварительные условия.	У игрока не нулевые очки здоровья
Выходные условия	К текущим баллам добавляется некоторое значение
Нормальное направление	Игрок сближается с объектом Касается объекта мечом Объект уничтожается Игроку начисляются баллы
Приоритет	Высокий
Частота использования	Около 20 объектов на игровом уровне

Таблица 4

Пример варианта использования 2

Table 4

Example of use case 2

№ варианта использования	Вариант использования 2
Название	Сбор аптечки
Действующее лицо	Игрок
Описание	На пути следования игрока располагаются объекты, за касание которых игрок получает баллы и восполняет очки здоровья
Предварительные условия.	У игрока не нулевые очки здоровья
Выходные условия	К текущим баллам добавляется некоторое значение, к текущим очкам здоровья добавляется некоторое значение
Нормальное направление	Игрок сближается с объектом Касается объекта мечом Объект уничтожается Игроку начисляются баллы Игроку начисляются очки здоровья
Приоритет	Высокий
Частота использования	2 объекта на игровом уровне

Таблица 5

Пример варианта использования 3

Table 5

Example of use case 3

№ варианта использования	Вариант использования 3
Название	Касание стены
Действующее лицо	Игрок
Описание	На пути следования игрока располагаются объекты, которые он должен избегать. в противном случае игрок теряет баллы и очки здоровья
Предварительные условия.	У игрока не нулевые очки здоровья
Выходные условия	От текущих баллов отнимается некоторое значение, от текущих очков здоровья отнимается некоторое значение
Нормальное направление	Игрок сближается с объектом Касается объекта мечом Объект уничтожается У игрока отнимаются баллы У игрока отнимаются очки здоровья
Альтернативное направление	Игрок сближается с объектом Игрок касается стены игровой моделью Объект уничтожается У игрока отнимаются баллы У игрока отнимаются очки здоровья
Приоритет	Высокий
Частота использования	6 объектов на игровом уровне

Таблица 6

Пример варианта использования 4

Table 6

Example of use case 4

№ варианта использования	Вариант использования 4
Название	Касание ракеты
Действующее лицо	Игрок
Описание	На пути следования игрока располагаются ракеты, движущиеся к игроку, при попадании ракеты игрок теряет баллы и очки здоровья
Предварительные условия.	У игрока не нулевые очки здоровья
Выходные условия	От текущих баллов отнимается некоторое значение, от текущих очков здоровья отнимается некоторое значение
Нормальное направление	Игрок сближается с ракетой Касается ракеты мечом Объект уничтожается У игрока отнимаются баллы У игрока отнимаются очки здоровья
Альтернативное направление	Игрок сближается с ракетой Игрок касается ракетой игровой моделью Объект уничтожается У игрока отнимаются баллы У игрока отнимаются очки здоровья
Приоритет	Высокий
Частота использования	2 объекта на игровом уровне

Таблица 7

Пример варианта использования 5

Table 7

Example of use case 5

№ варианта использования	Вариант использования 5
Название	Обезвреживание ракеты
Действующее лицо	Игрок
Описание	На пути следования игрока располагаются ракеты, движущиеся к игроку, игрок может защититься от столкновения щитом, расположенным на левой руке
Предварительные условия.	У игрока не нулевые очки здоровья
Выходные условия	К текущим баллам добавляется некоторое значение
Нормальное направление	Игрок сближается с ракетой Касается ракеты щитом Объект уничтожается Игроку начисляются баллы
Приоритет	Высокий
Частота использования	2 объекта на игровом уровне

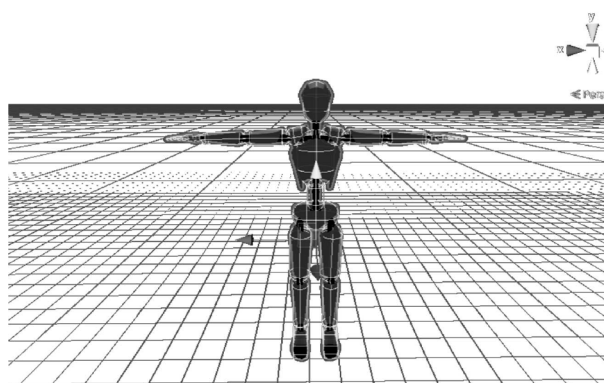


Рис. 2. Модель с компонентами Collider

Fig. 2. Model with Collider components

После создания проекта откроется пустая сцена, используем выбранный пакет средств для разработки, содержащий в себе скрипты, модели и многое другое ПО Axis Neuron [19].

2. Подключение костюма. На этом этапе следует осуществить подключение костюма по протоколам передачи данных ПО Axis Neuron. После применения данных настроек ПО Axis Neuron сможет передавать данные о положении костюма в среду разработки Unity. На этом настройка рабочей среды закончена [20].

3. Настройка персонажа. Для создания персонажа 3D модели гуманоидного типа использовалась модель из пакета разработки Perception Neuron. Далее был применен компонент Neuron Animator Instance.cs для уточнения настроек. Чтобы наша модель могла взаимодействовать с другими объектами, подключили для каждой отдельной части тела компонент Collider [21]. На рисунке 2 приведен пример полученного персонажа.

4. Разработка игровых объектов. Для прорисовки объектов игры можно использовать, например, ПО Blender или 3D-max.

5. Сборка. Если существуют уже созданные элементы, их можно взять из других проектов посредством импортирования. В зависимости от сложности заданного сценария игры, могут быть задействованы и несколько костюмов, подключены дополнительные датчики, очки виртуальной реальности. Проведена интеграция с различным ПО.

Разрабатываемое приложение в рамках выполнения лабораторных работ студентами демонстрирует основные возможности костюма для создания развлекательных элементов на игровом движке «Unity 3D». Потенциальному пользователю разрабатываемого приложения должен быть обе-

спечен свободный доступ к продукту в удобное для него время. Основным критерием успеха может являться статистика просмотров и скачиваний реализованных проектов приложений, например на платформе официального магазина «Unity 3D». Это будет свидетельствовать об интересе к использованию такой технологии, как костюм с нейронными датчиками.

Размещение в официальном магазине позволит пользователю, при необходимости, приобрести дополнительные игровые компоненты для Unity, такие как 3D модели, звуки, наборы UI, шейдеры, частицы и другое. При посещении страницы приложения и загрузке его в свое хранилище, пользователь сможет импортировать необходимые компоненты к себе в проект и использовать их уже для своих разработок.

Обучающиеся смогут развивать свои компетенции в этой области и начать предлагать свои бизнес-решения не только при разработке игр.

Заключение

Исследование проводилось в рамках выполнения лабораторных работ студентами, а также на реальном предприятии в качестве выполнения проекта с целью получения опыта.

Предложенный вариант практического задания по разработке игрового приложения с использованием костюма с IMU-датчиками закрепляет компетенции выбора и настройки ПО, использования технических устройств, струк-

турирования и программирования игровых элементов.

По материалам исследования планируется написать учебное пособие по применению VR/AR-технологий, костюма с нательными датчиками для разработки игровых

приложений или мультимедийной обучающей системы для студентов направлений обучения 09 группы. Планируется обучение студентов других направлений подготовки и в рамках программ дополнительного обучения.

Литература

1. Смолин А.А., Жданов Д.Д., Потемин И.С. и др. Системы виртуальной, дополненной и смешанной реальности [Электрон. ресурс]. СПб.: НИУ ИТМО, 2018. 59 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/136468>.

2. Торн А. Основы анимации в Unity [Электрон. ресурс]. Пер. с англ. Р. Рагимова. М.: ДМК Пресс,

Пример варианта использования 6

Таблица 8

Table 8

Example of use case 6

№ варианта использования	Вариант использования 6
Название	Касание финиша
Действующее лицо	Игрок
Описание	В конце игрового уровня располагается стена, касание которой означает прохождение уровня
Предварительные условия.	У игрока не нулевые очки здоровья
Выходные условия	Игра останавливается, у игрока появляется интерфейс с набранными баллами и кнопкой повтора
Нормальное направление	Игрок сближается со стеной финиша Касается стены мечом Игра останавливается Открывается интерфейс с набранными баллами и кнопкой повтора
Приоритет	Высокий
Частота использования	1 объект на игровом уровне

Таблица 9

Пример варианта использования 7

Table 9

Example of use case 7

№ варианта использования	Вариант использования 7
Название	Проигрыш
Действующее лицо	Игрок
Описание	Если в течение игрового уровня игрок теряет более 100% очков здоровья, то игра останавливается, открывается окно с количеством набранных баллов и кнопкой повтора, при этом набранное количество баллов не записывается системой
Предварительные условия.	У игрока не нулевые очки здоровья
Выходные условия	Игра останавливается, у игрока появляется интерфейс с набранными баллами и кнопкой повтора
Нормальное направление	Игрок теряет очки здоровья Игра останавливается Открывается интерфейс с набранными баллами и кнопкой повтора
Приоритет	Высокий
Частота использования	Не более 1 раза за уровень

2016. 176 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/73075>. (Дата обращения: 10.10.2021).

3. Ларкович С. Н. Справочник UNITY. Кратко, быстро, под рукой [Электрон. ресурс]. СПб.: Наука и Техника, 2020. 288 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/175387>.

4. Корнилов, А. В. Unity. Полное руководство [Электрон. ресурс]. СПб.: Наука и Тех-

ка, 2020. 432 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/175394> (Дата обращения: 10.10.2021).

5. Ребус Н.А., Романова Е.В., Кан Д.В. Использование игровых механик в обучающих системах // Дистанционные образовательные технологии. Материалы II Всероссийской научно-практической интернет-конференции. 2017. С. 68–74.

6. Джонатан Л. Виртуальная реальность в Unity [Электрон. ресурс]. Пер. с англ. Р.Н. Рагимов. М.: ДМК Пресс, 2016. 316 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/93271>.

7. Остроух А.В. Системы искусственного интеллекта [Электрон. ресурс]. СПб.: Лань, 2021. 228 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/176662>.

8. Дикинсон К. Оптимизация игр в Unity 5 [Электрон. ресурс]. М.: ДМК Пресс, 2017. 306 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/90109>.

9. Гаврилова И.В., Масленникова О.Е. Основы искусственного интеллекта [Электрон. ресурс]. М.: ФЛИНТА, 2019. 283 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/115839>.

10. Боровская Е.В., Давыдова Н.А. Основы искусственного интеллекта [Электрон. ресурс]. М.: Лаборатория знаний, 2020. 130 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/151502>.

11. Махмутова М.В. Давлеткиреева Л.З. Инновационная модель подготовки ИТ-специалиста в образовательной среде вуза // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сборник избранных трудов VII Международной научно-практической конференции. Под ред. проф. В.А. Сухомлина. М.: ИНТУИТ.РУ, 2012. 1050 с.

12. Чусавитина Г.Н., Давлеткиреева Л.З. Анализ и установление уровня зрелости информационной инфраструктуры организации для управления непрерывностью бизнеса // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2012. № 8. С. 529–544.

13. Mike Walker. Hype Cycle for Emerging Technologies, Gartner Group, 2017. // Virtual Expertise at Real Disposal. Metals & Mining. 2009. № 3. С. 100–114. Режим доступа: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>.

14. Shahyar Ziaei. Virtual rolling mills: bar and structural mill design and optimization using computer simulations // AISE Steel Technology, 2000.

15. Turan Z., Meral E., Sahin I. F. The impact of mobile augmented reality in geography education: achievements, cognitive loads and views of university students // Journal of Geography in Higher Education. 2018. Т. 42. № 3. С. 427–441. DOI: 10.1080/03 098 265.2018.1 455 174.

16. Анализ рынка виртуальной реальности [Электрон. ресурс]. Режим доступа: www.vc.ru/flood/13837-vr-use.

17. Возможности «Microsoft Visual Studio 2017 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: docs.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/ide/whats-new-in-visual-studio.

18. Информационное агентство «cnews» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: www.cnews.ru/news/top/2017-12-20_vlasti_rossii_sobralis_vnedrit_virtualnuyu.

19. Официальный сайт Министерства образования и науки РФ: приоритетный проект «Вузы как центры пространства создания инноваций» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://минобрнауки.рф/проекты/вузы-центры-инноваций>.

20. Руководство «Unity3D» [Электрон. ресурс]. Режим доступа: docs.unity3d.com/ru/current/Manual/UnityManual.

21. Что такое гироскоп в смартфоне и зачем он нужен? [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://hobbyits.com/chto-takoe-giroskop-v-smartfone-i-zachem-on-nuzhen/>.

References

1. Smolin A.A., Zhdanov D.D., Potemin I.S. et al. Sistemy virtual'noy, dopolnennoy i smeshannoy real'nosti = Systems of virtual, augmented and mixed reality [Internet]. Saint Petersburg: NIU ITMO; 2018. 59 p. Available from: <https://e.lanbook.com/book/136468>. (In Russ.)

2. Torn A. Osnovy animatsii v Unity = Fundamentals of animation in Unity [Internet]. Tr. from Eng. R. Ragimova. Moscow: DMK Press; 2016. 176 p. Available from: <https://e.lanbook.com/book/73075>. (cited 10.10.2021). (In Russ.)

3. Larkovich S. N. Spravochnik UNITY. Kratko, bystro, pod rukoy = UNITY Handbook. Briefly, quickly, at hand [Internet]. Saint Petersburg: Science and technology; 2020. 288 p. Available from: <https://e.lanbook.com/book/175387>. (In Russ.)

4. Kornilov, A. V. Unity. Polnoye rukovodstvo = Unity. Complete guide [Internet]. Saint Petersburg: Science and technology; 2020. 432 p. Available

from: <https://e.lanbook.com/book/175394> (cited 10.10.2021). (In Russ.)

5. Rebus N.A., Romanova Ye.V., Kan D.V. The use of game mechanics in training systems. Distantionnyye obrazovatel'nyye tekhnologii. Materialy II Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy internet-konferentsii = Distance educational technologies. Materials of the II All-Russian Scientific and Practical Internet Conference. 2017: 68–74. (In Russ.)

6. Dzhonatan L. Virtual'naya real'nost' v Unity = Virtual reality in Unity [Internet]. Tr. from Eng. R.N. Ragimov. Moscow: DMK Press; 2016. 316 p. Available from: <https://e.lanbook.com/book/93271>. (In Russ.)

7. Ostroukh A.V. Sistemy iskusstvennogo intellekta = Systems of artificial intelligence [Internet]. Saint Petersburg: Lan; 2021. 228 p. Available from: <https://e.lanbook.com/book/176662>. (In Russ.)

8. Dikinson K. Optimizatsiya igr v Unity 5 = Optimization of games in Unity 5 [Internet]. Moscow: DMK Press; 2017. 306 p. Available from: <https://e.lanbook.com/book/90109>. (In Russ.)

9. Gavrilova I.V., Maslennikova O.Ye. Osnovy iskusstvennogo intellekta = Fundamentals of artificial intelligence [Internet]. Moscow: FLINT; 2019. 283 p. Available from: <https://e.lanbook.com/book/115839>. (In Russ.)

10. Borovskaya Ye.V., Davydova N.A. Osnovy iskusstvennogo intellekta = Basics of artificial intelligence [Internet]. Moscow: Laboratory of Knowledge; 2020. 130 p. Available from: <https://e.lanbook.com/book/151502>. (In Russ.)

11. Makhmutova M.V., Davletkireyeva L.Z. An innovative model of training an IT specialist in the educational environment of a university. Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovaniye. Sbornik izbrannykh trudov VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Pod red. prof. V.A. Sukhomlina = Modern information technologies and IT education. Collection of selected works of the VII International Scientific and Practical Conference. Ed. prof. V.A. Sukhomlin. Moscow: INTUIT.RU; 2012. 1050 p. (In Russ.)

12. Chusavitina G.N., Davletkireyeva L.Z. Analysis and establishment of the maturity level of the organization's information infrastructure for business continuity management. Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovaniye = Modern information technologies and IT education. 2012; 8: 529-544. (In Russ.)

13. Mike Walker. Hype Cycle for Emerging Technologies, Gartner Group, 2017. Virtual Expertise at Real Disposal. Metals & Mining. 2009; 3: 100-114. Available from: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/top-trends-in-the-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2017/>.

14. Shahyar Ziaei. Virtual rolling mills: bar and structural mill design and optimization using computer simulations. AISE Steel Technology, 2000.

15. Turan Z., Meral E., Sahin I. F. The impact of mobile augmented reality in geography education: achievements, cognitive loads and views of university students. Journal of Geography in Higher Education. 2018; 42; 3: 427-441. DOI: 10.1080/03098265.2018.1455174.

16. Analiz rynka virtual'noy real'nosti = Analysis of the virtual reality market [Internet]. Available from: www.vc.ru/flood/13837-vr-use. (In Russ.)

17. Vozmozhnosti «Microsoft Visual Studio 2017 = Opportunities «Microsoft Visual Studio 2017 [Internet]. Available from: docs.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/ide/whats-new-in-visual-studio. (In Russ.)

18. Informatsionnoye agentstvo «cnews» = News agency «cnews» [Internet]. Available from: www.cnews.ru/news/top/2017-12-20_vlasti_rossii_sobralis_ynedrit_virtualnuyu. (In Russ.)

19. Ofitsial'nyy sayt Ministerstva obrazovaniya i nauki RF: prioritnyy proyekt «Vuzy kak tsentry prostranstva sozdaniya innovatsiy» = Official site of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation: the priority project «Universities as centers of space for creating innovations» [Internet]. Available from: <https://minobrnauki.rf/proyekty/vuzy-tsentry-innovatsiy>. (In Russ.)

20. Rukovodstvo «Unity3D» = Manual «Unity3D» [Internet]. Available from: docs.unity3d.com/ru/current/Manual/UnityManual. (In Russ.)

21. Chto takoye giroskop v smartfone i zachem on nuzhen? = What is a gyroscope in a smartphone and why is it needed? [Internet]. Available from: <https://hobbyits.com/cto-takoe-giroskop-v-smartfone-i-zachem-on-nuzhen/>. (In Russ.)

Сведения об авторах

Елена Владимировна Романова

Старший преподаватель

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

Эл. почта: Romanova_e@mirea.ru

Любовь Викторовна Курзаева

К.п.н., доцент

Магнитогорский Государственный Технический Университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия

Эл. почта: lkurzaeva@mail.ru

Лилия Зайнитдиновна Давлеткиреева

К.п.н., доцент

Магнитогорский Государственный Технический Университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия

Эл. почта: ldavletkireeva@mail.ru

Татьяна Борисовна Новикова

К.п.н., доцент

Магнитогорский Государственный Технический Университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия

Эл. почта: tglushenko_2184@mail.ru

Information about the authors

Elena V. Romanova

Senior lecture

MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

E-mail: Romanova_e@mirea.ru

Lyubov V. Kurzaeva

Cand. Sci. (Pedagogical), Associate professor

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

E-mail: lkurzaeva@mail.ru

Liliya Z. Davletkireeva

Cand. Sci. (Pedagogical), Associate professor

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

E-mail: ldavletkireeva@mail.ru

Tatyana B. Novikova

Cand. Sci. (Pedagogical), Associate professor

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

E-mail: tglushenko_2184@mail.ru

Методика оценки рисков информационной безопасности предприятия с использованием CASE-технологий

Цель исследования. Построение эффективной системы информационной безопасности предприятия невозможно без адекватной оценки рисков, которым подвержены его активы. Результаты такой оценки должны стать основой для принятия решений в области информационной безопасности предприятия. Идентификация информационных активов и оценка их стоимости, определение уровня угроз безопасности активов позволяют спланировать мероприятия по созданию системы информационной безопасности предприятия.

В настоящей работе рассматривается методика оценки рисков информационной безопасности предприятия, отличительной особенностью и новизной которой является применение современных средств и методов построения и анализа бизнес-процессов с целью выявления подлежащих защите информационных активов предприятия.

Материалы и методы. Идентификацию информационных активов предлагается выполнять, опираясь на модель бизнес-процессов предприятия, выполняемую с использованием методики IDEF0. Моделирование бизнес-процессов выполнялось в среде Business Studio компании «Современные технологии управления».

В качестве примера для анализа рисков рассматривалась деятельность типовой компании IT-индустрии.

Результаты. Описываемая в статье методика оценки рисков информационной безопасности предприятия прошла успешную апробацию в учебном процессе. Её использование при проведении лабораторных занятий по дисциплине «Проектирование системы информационной безопасности предприятий и организаций» для магистров, обучающихся по направлению «Информационная безопасность» позволило, по мнению авторов статьи, повысить эффективность формирования у обучающихся профессиональных компетенций.

Заключение. В работе предложена методика оценки рисков информационной безопасности для объектов информационной инфраструктуры предприятия, позволяющая выделить приоритетные направления защиты информации на предприятии. В результате применения методики формируется матрица потерь, показывающая проблемные места в организации защиты информации, на которые следует обратить первоочередное внимание при планировании мероприятий информационной безопасности. На основе полученных данных можно сформировать обоснованную с экономической точки зрения стратегию и тактику развития системы информационной безопасности предприятия.

Ключевые слова: информационная безопасность, риски, CASE-технологии, бизнес-процесс, IDEF0.

Aleksandr V. Gavrilov, Valeriy A. Sizov, Elena V. Yaroshenko

Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia

Methodology for Assessing the Risks of Information Enterprise Security Using Case Technologies

Purpose of the study. Creating an effective information security system of an enterprise is impossible without an adequate assessment of the risks to which its assets are exposed. The results of such an assessment should become the basis for making decisions in the field of information security of the enterprise. Identification of information assets and assessment of their value, determination of the level of threats to the security of assets allow planning measures to create an enterprise information security system.

This paper discusses a methodology for assessing the risks of information security of an enterprise, a distinctive feature and novelty of which is the use of modern tools and methods for constructing and analyzing business processes in order to identify the information assets of an enterprise to be protected.

Materials and methods. It is proposed to identify information assets based on the model of business processes of the enterprise, performed using the IDEF0 methodology. Modeling of business processes was carried out in the Business Studio environment of the "Modern Management Technologies" company.

The activity of a typical IT-industry company was considered as an example for the risk analysis.

Results. The methodology for assessing the risks of information security of an enterprise described in the article has been successfully tested in the educational process. Its use in conducting laboratory classes in the discipline "Designing the information security system of enterprises and organizations" for masters studying in the direction of "Information security" allowed, according to the authors of the article, to increase the effectiveness of the formation of students' professional competencies.

Conclusion. The paper proposes a methodology for assessing information security risks for objects of an enterprise's information infrastructure, which makes it possible to identify priority areas of information security at an enterprise. As a result of the application of the technique, a loss matrix is formed, showing the problem areas in the organization of information protection, which should be given priority attention when planning information security measures. Based on the data obtained, it is possible to form an economically justified strategy and tactics for the development of an enterprise information security system.

Keywords: information security, risks, CASE technologies, business process, IDEF0.

Введение

Процесс управления рисками информационной безопасности (ИБ) направлен на противодействие угрозам и пресечение нарушений ИБ предприятия. Эффективное управление рисками требует их адекватной оценки, результаты которой станут основой для принятия решений в области информационной безопасности предприятия.

Практически все современные подходы к оценке рисков информационной безопасности предприятия основаны на последовательном решении следующих задач:

1. Идентификация активов предприятия и оценка их ценности.
2. Идентификация угроз активам и выявление уязвимостей в системе защиты информации.
3. Определение вероятностей реализации угроз и оценка их последствий.
4. Формирование предложений по обработке выявленных рисков [1-4].

Ключевым фактором построения эффективной системы информационной безопасности предприятия является идентификация подлежащих защите информационных активов предприятия. Не случайно данному вопросу посвящено немало исследований. Так, например, в работах [5-8] предлагаются методики расчета рисков информационной безопасности предприятия, в рамках реализации которых выделяются информационные активы предприятия. Однако конкретные способы идентификации активов авторами не рассматриваются.

Идентификация информационных активов и оценка их стоимости, определение уровня угроз безопасности активов позволяет спланировать мероприятия по созданию системы информационной безопасности предприятия. В то же вре-

мя адекватная оценка стоимости информационного актива невозможна без правильного понимания его роли и значения в реализуемых бизнес-процессах [9]. Существующие подходы к вопросу формирования реестра подлежащих защите активов предприятия не предполагают использования для решения данной задачи современных методов и программных средств построения и анализа бизнес-процессов предприятия.

В настоящей работе рассматривается методика оценки рисков информационной безопасности предприятия, отличительной особенностью и новизной которой является применение современных средств и методов построения и анализа бизнес-процессов с целью определения подлежащих защите информационных активов предприятия.

Для выявления подлежащих защите информационных активов предприятия производится построение функциональной модели бизнес-процессов с использованием методики IDEF0 [10]. Моделирование бизнес-процессов выполняется в среде Business Studio компании «Современные технологии управления» [11].

1. Обзор методик оценки рисков информационной безопасности предприятия

Выявление, анализ и оценка рисков информационной безопасности является ключевым этапом проектирования систем информационной безопасности (СИБ) предприятия. От того, насколько правильно будут оценены риски зависит и эффективность системы информационной безопасности предприятия в целом. Кратко охарактеризуем наиболее популярные в настоящее время методики управления рисками ИБ.

Метод CRAMM (CCTA Risk Analysis and Management Method) и реализующий его

одноименный программный продукт от компании Insight Consulting Limited является мощным и универсальным инструментом проведения обследования информационных систем и анализа рисков ИБ. Данный метод используется уже более 30 лет и за это время приобрел популярность во всем мире. Основным недостатком метода в контексте поставленной задачи исследования является то, что идентификация защищаемых ресурсов производится без привязки к бизнес-процессам предприятия. Данный недостаток CRAMM отмечается, в частности, в работе [12], автор которой утверждает, что методика не учитывает сопроводительной документации, такой как описание бизнес-процессов компании.

Указанного недостатка не лишена и методика FRAP (Facilitated Risk Analysis Process), предлагаемая компанией Peltier and Associates. В данной методике определение защищаемых ресурсов производится с использованием опросных листов, изучения документации на систему, использования инструментов автоматизированного анализа (сканирования) сетей [13]. Идентификация защищаемых ресурсов производится также без привязки к бизнес-процессам предприятия.

Метод CORAS представляет собой методику и программный инструмент моделирования риска. Программный продукт, реализующий методологию CORAS распространяется бесплатно. В методике CORAS не предусмотрена периодичность проведения оценки рисков и актуализация их значений [14]. CORAS не позволяет оценить эффективность инвестиций, вложенных во внедрение мер безопасности. Так же, как и в выше рассмотренных методиках CORAS не дает возможности анализа бизнес-процессов предприя-

тия с целью выявления защищаемых ресурсов.

Разработанная компанией RiskWatch одноименная методика ориентирована на количественные способы оценки рисков. Величина риска определяется как математическое ожидание потерь за год. Эффект от внедрения средств защиты количественно рассчитывается с помощью показателя ROI (Return on Investment – возврат инвестиций). Данный метод целесообразно использовать для проведения анализа рисков на программно-техническом уровне защиты без учета организационных и административных факторов [15].

Методика MSAT (Microsoft Security Assessment Tool), реализованная в соответствующем программном продукте от компании Microsoft использует качественные оценки рисков информационной безопасности. Методика позволяет оценить эффективность инвестиций от внедрения средств защиты информационных активов, но не дает возможность принимать во внимание протекающие в компании бизнес-процессы с целью идентификации объектов защиты [16].

Приведенный обзор позволяет сделать вывод о том, что на сегодняшний день не существует общепринятой научно обоснованной методики выявления рисков. Используемые при проектировании СИБ предприятий и организаций частные методики в большинстве своем опираются на эмпирические подходы в оценке рисков ИБ, основанные на накопленном компаниями-разработчиками опыте разработки систем управления рисками ИБ.

По мнению авторов статьи, основным недостатком большинства работ по данной проблематике является их ориентация на эмпирический подход, недостаточное внимание возможностям, возникающим при использовании методов и средств проектирования ин-

формационных систем. К числу таких методов относится и методика структурно-функционального анализа, опирающаяся на применении CASE¹-технологий.

2. Методика оценки рисков информационной безопасности с использованием функциональной модели бизнес-процессов предприятия

Предлагаемая методика оценки рисков информационной безопасности предприятия включает в себя следующие составляющие:

- 1) построение и анализ модели бизнес-процессов предприятия с целью идентификации активов предприятия,
- 2) экспертную оценку ценности активов,
- 3) идентификацию угроз активам предприятия,
- 4) определение вероятностей реализации угроз,
- 5) стоимостную оценку последствий реализации угроз (ущерб предприятия).

Современное предприятие владеет большим количеством подлежащих защите информационных активов, и эффективность системы его информационной безопасности во многом зависит от правильности расстановки приоритетов защиты, грамотного выбора наиболее ценных и уязвимых информационных ресурсов. В результате применения предлагаемой методики должны быть определены ключевые информационные ресурсы, на защиту которых должны, в первую очередь, быть направлены мероприятия по защите информации.

Трудность идентификации активов предприятия состоит, с одной стороны, в необходимости выявления и анализа

всех информационных ресурсов предприятия, с другой – в необходимости (для дальнейшей оценки стоимости актива) понимания его значения для успешного и эффективного протекания реализуемых бизнес-процессов. Так как информационный ресурс зачастую используется несколькими подразделениями и должностными лицами, то существует также вероятность его дублирования (с различными наименованиями) при построении реестра ресурсов.

Отличительная особенность методики – формирование реестра подлежащих защите информационных активов предприятия на основе анализа его функциональной модели, выполненной с применением методики IDEF0 [17, 18]. Информационные потоки, являющиеся выходами блоков IDEF0, заносятся в соответствующую таблицу. Такой подход позволяет на системной основе выявить все информационные активы предприятия, понять их значение в контексте протекающих бизнес-процессов и, как следствие, произвести более точную оценку стоимости этих активов. Рассмотрим предлагаемую методику детально.

На *первом этапе* выполняется построение модели бизнес-процессов предприятия с использованием методики IDEF0. В качестве примера рассматривается предприятие ИТ-индустрии. При построении модели были использованы типовые функциональные модели компаний [19, 20]. Пример модели приведен в приложениях 1, 2. Диаграмма A0 иллюстрирует взаимодействие основных процессов предприятия. Диаграмма A4 соответствует ключевому процессу «Планирование, реализация и сопровождение ИТ-проектов».

На *втором этапе* составляется таблица, содержащая описание выходов функциональных блоков IDEF0-мо-

¹ CASE – программные средства автоматизации разработки программ.

дели. В табл. 1 описываются выходы процесса А4 «Планирование, реализация и сопровождение ИТ-проектов». Содержимое графы «Выход» соответствует наименованию дуг на IDEF0-диаграмме, соответствующих информационным потокам, порождаемым функциональными блоками. В графе «Объекты» отображаются компоненты информационного потока (перечень документов, описание информационных единиц). Графа «Получатель» содержит сведения о получателе информационного ресурса. В качестве получателя может выступать структурное подразделение, конкретное должностное лицо. Получатель может также являться внешней по отношению к моделируемой системе сущностью, например, заказчик, аутсорсер и пр. В графе «Процесс/Внешняя среда» приво-

дятся данные о процессе — получателе информационного ресурса.

На *третьем этапе* выполняется формирование реестра информационных ресурсов. Для каждого ресурса выполняется экспертная оценка его стоимости. Исходными данными при формировании реестра ресурсов служат сведения о выходах процессов, полученные на предыдущем шаге.

При оценке стоимости (C_k) информационного ресурса необходимо учитывать:

- стоимость возможных потерь при получении информации заинтересованными лицами (конкурентами, клиентами и пр.);
- стоимость восстановления информации при ее утрате;
- затраты на восстановление нормального процесса функционирования предприятия в случае, если потеря ин-

формации приведет к частичной или полной остановке его бизнес-процессов и т.д.

По каждому информационному ресурсу определяется перечень объектов защиты (таблица 2). При этом учитываются:

- все ресурсы, на которых хранится ценная информация;
- все сетевые группы, в которых находятся ресурсы системы (т.е. физические связи ресурсов друг с другом);
- отделы, к которым относятся ресурсы;
- виды ценной информации;
- ущерб для каждого вида ценной информации по трем видам угроз: внешние, внутренние, комбинированные;
- бизнес-процессы, в которых обрабатывается информация;
- группы пользователей, имеющих доступ к ценной информации;

Таблица 1

Выходы процесса А4 «Планирование, реализация и сопровождение ИТ-проектов»

Table 1

Outputs of the A4 process “Planning, implementation and maintenance of IT projects”

№	Выход	Объекты	Передается	
			Получатель	Процесс/Внешняя среда
1.	Бюджет расходов проекта	Бюджет расходов проекта	Бухгалтерия	А6.1 Формирование бюджета доходов и расходов
2.	Обязательства перед аутсорсерами	Договор на выполнение работ Акт выполненных работ	Бухгалтерия	А6.1 Формирование бюджета доходов и расходов
3.	Обязательства заказчика	Договор на реализацию ИТ-проекта Акт ввода в эксплуатацию	Бухгалтерия	А6.2 Контроль доходов
4.	ИТ-проект, сданный в эксплуатацию	ИТ-проект, сданный в эксплуатацию Проектная документация		Внешняя среда — заказчик
5.	Отчет об удовлетворенности клиента	Отчет об удовлетворенности клиента	Начальник отдела продаж	А1.1 Анализ рынка
6.	Отчетность по выполнению проектных работ	Акт ввода в эксплуатацию Акт выполненных работ и счет-фактура Акт выполненных работ по пуско-наладке Отчет о предпроектном обследовании Отчет о пуско-наладочных работах Техно-рабочий проект Сдаточная документация	Бухгалтерия	А6.6 Подготовка отчетности
7.	Задачи на выполнение работ по аутсорсингу	Описание задачи проекта	Аутсорсеры	Внешняя среда — аутсорсеры
8.	Потребность в специалистах	План привлечения специалистов для реализации проекта	Начальник отдела кадров	А3.1 Определение потребностей в персонале
9.	Потребность программно-технических средств	Ведомость потребности в программно-технических средствах	Начальник отдела снабжения	Заказчик
10.	Заявка на программно-техническое обеспечение	Заявка на программно-техническое обеспечение	Инженерно-технический отдел	А5.2 Выполнение профилактических и ремонтно-восстановительных работ

- класс группы пользователей;
- доступ группы пользователей к информации;
- характеристики этого доступа (вид и права);
- средства защиты информации;
- средства защиты рабочего места группы пользователей.

Рассмотрим информационный ресурс «Программное обеспечение, разработанное компанией – интеллектуальная собственность (исходные

коды программ)». Предположим, что данный ресурс хранится на сервере отдела разработки программного обеспечения (ПО) и доступ к нему в настоящее время имеют следующие лица: системный администратор, начальник отдела. Данная информация используется при реализации проектов, поэтому копируется на рабочие станции участников проектов (менеджер проекта, архитектор(ы) проекта, системные аналитики, про-

граммисты). Таким образом, к числу объектов защиты можно отнести: сервер отдела разработок, каналы передачи данных, средства вычислительной техники (СВТ) сотрудников отдела – участников проектов. Рассуждая подобным образом, заполним в таблице 2 графу «объекты защиты».

Задачей *четвертого этапа* является непосредственная оценка рисков для объектов защиты с учетом потенциальных угроз.

Таблица 2

Реестр информационных ресурсов предприятия

Table 2

Register of information resources of the enterprise

№	Информационный ресурс	Ценность ресурса, руб.	Объекты защиты
1.	Сведения по бюджетам реализованных проектов	1 000 000	1. Сервер бухгалтерии 2. СВТ сотрудников бухгалтерии 3. Каналы передачи данных
2.	База внештатных исполнителей (аутсорсеров) с данными о выполненных работах и выплатах	2 000 000	1. Компьютер начальника отдела разработки ПО 2. Сервер отдела разработки ПО
3.	База заказчиков с данными о заключенных договорах	10 000 000	1. Компьютер начальника отдела разработки ПО 2. Компьютер начальника отдела продаж 3. Сервер отдела разработки ПО 4. Сервер отдела продаж 5. Сервер бухгалтерии 6. СВТ сотрудников бухгалтерии
4.	Программное обеспечение, разработанное компанией – интеллектуальная собственность (исходные коды программ)	100 000 000	1. Компьютер начальника отдела разработки ПО 2. Компьютер системного администратора 3. Сервер отдела разработки ПО 4. СВТ системных аналитиков 5. СВТ программистов 6. СВТ менеджеров проектов 7. Каналы передачи данных
5.	Типовые проектные решения – интеллектуальная собственность (проектные модели, скрипты баз данных и пр.)	100 000 000	1. Компьютер начальника отдела разработки ПО 2. Компьютер системного администратора 3. Сервер отдела разработки ПО 4. СВТ системных аналитиков 5. СВТ программистов 6. СВТ менеджеров проектов 7. Каналы передачи данных
6.	Данные по программно-техническому обеспечению предприятия	500 000	1. Компьютер начальника ИТ-отдела 2. Сервер ИТ-отдела 3. СВТ сотрудников ИТ-отдела
7.	Сведения об удовлетворенности заказчиков реализованными проектами	1 000 000	1. Компьютер начальника отдела продаж 2. Сервер отдела продаж 3. СВТ сотрудников отдела продаж
8.	Дополнительная документация по выполненным проектам	50 000 000	1. Компьютер начальника отдела разработки ПО 2. Компьютер системного администратора 3. Сервер отдела разработки ПО 4. СВТ системных аналитиков 5. СВТ программистов 6. СВТ менеджеров проектов 7. Каналы передачи данных
9.	Сведения по заявкам на программно-техническое обслуживание	100 000	1. Компьютер начальника ИТ-отдела 2. Сервер ИТ-отдела 3. СВТ сотрудников ИТ-отдела
...	...	...	...

Обозначим объекты, подлежащие защите O_i , например, компьютер начальника отдела разработки ПО – O_1 , сервер отдела продаж – O_2 , сервер отдела разработки ПО – O_3 и т.д.

С каждым объектом, требующим защиты O_i , связывается некоторое множество действий, к которым может прибегнуть нарушитель для получения несанкционированного доступа к объекту (в случае преднамеренного воздействия), а также некоторое множество случайных событий (в случае непреднамеренного/случайного воздействия). Обозначим j -ую угрозу объекту защиты Y_j , например, угроза несанкционированного доступа нарушителя к защищаемым файлам на локальном компьютере – Y_1 , угроза доступа к файлам сервера – Y_2 , угроза несанкционированного удаления защищаемой информации Y_3 т.д. Потенциальные злоумышленные действия по отношению ко всем объектам формируют набор угроз информационной безопасности – множество Y_j .

Множество отношений «объект-угроза-вероятность реализации» представим в виде таблицы (табл. 3), в ячейки которой внесем оценки вероятности реализации Y_j угрозы для O_i объекта – P_{ij} , полученные экспертным путем. Определение вероятности должно основываться на оценке текущего уровня уязвимости (степени защищенности данного объекта) с учетом как числа прецедентов нарушения информационной безопасности объекта, так и стоимости связанного информационного ресурса как фактора, повышающий вероятность его кражи.

Отсутствие числа в ячейке таблицы соответственно означает, что для i -го объекта j -ой угрозы не существует.

Для определения риска нарушения безопасности информации на i -ом объекте следует учесть стоимость связанного с

Таблица 3

Оценки вероятности реализации угроз

Table 3

Estimates of the probability of threat implementation

	Y_1	Y_2	...	...	Y_j	...	...	...	Y_m
O_1	0,1				0,01				0,1
O_2		0,05							
...									
O_i	0,03				0,01				
...									
O_n	0,2								0,01

ним информационного ресурса. Например, объект O_i – СВТ сотрудников отдела продаж связан с обработкой информационного ресурса C_k – сведения об удовлетворенности заказчиков реализованными проектами, оценочная стоимость которого составляет 1 000 000 руб. (см. табл. 2). Назовем полученное значение приведенной стоимостью объекта защиты информации и обозначим ее для i -ого объекта – C_{Oi} .

Как видно из таблицы 2 обеспечение безопасности различных информационных ресурсов может производиться путем организации защиты одних и тех же объектов. В этом случае для расчета приведенной стоимости объекта защиты нужно использовать стоимость наиболее ценного из информационных ресурсов, связанных с этим объектом (см. табл. 2).

$$C_{Oi} = \max(C_k) \{O_{ij}\},$$

где C_k – стоимость связанного с объектом защиты информационного ресурса.

Так, например, в соответствии с таблицей 2 сервер

отдела разработки ПО – объект O_3 связан с обработкой/хранением трех информационных ресурсов: 1) База аутсорсеров с данными о выполненных работах и выплатах ($C_1 = 2\,000\,000$ руб.), 2) База заказчиков с данными о заключенных договорах ($C_2 = 10\,000\,000$ руб.), 3) Программное обеспечение, разработанное компанией ($C_3 = 100\,000\,000$ руб.), 4) Типовые проектные решения ($C_4 = 100\,000\,000$ руб.), 5) Дополнительная документация по выполненным проектам ($C_5 = 50\,000\,000$ руб.).

$$C_{O3} = \max\{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5\} = 100\,000\,000 \text{ руб.}$$

Определив приведенную стоимость объектов защиты информации, рассчитаем матрицу вероятных потерь.

Расчет вероятных потерь для i -ого объекта при реализации j -ой угрозы определим по формуле:

$$P_{ij} = P_{ij} \times C_{Oi},$$

где P_{ij} – величина вероятных потерь для i -ого объекта при реализации j -ой угрозы,

Таблица 4

Матрица вероятных потерь

Table 4

Matrix of probable losses

	Y_1	Y_2	...	Y_j	...	Y_m
O_1	10 000 000			400 000		3 000 000
O_2		500 000				
...						
O_i	5 000 000			1 000 000		
...						
O_n	2 000 000					100 000

P_{ij} — вероятность реализации j -ой угрозы для i -ого объекта.

В результате выполненного анализа получим таблицу с оценкой вероятных потерь (таблица 4).

Основываясь на полученной таким образом матрице вероятных потерь можно выделить приоритетные направления защиты информации на предприятии. Это,

в свою очередь, позволит не только оценить риски информационной безопасности для объектов информационной инфраструктуры предприятия, но и выделить угрозы безопасности информации, от которых защищать объекты инфраструктуры предприятия нужно в первую очередь. Матрица потерь показывает узкие места в организации

защиты информации, на которые следует обратить первоочередное внимание при планировании мероприятий информационной безопасности. На основе полученных данных можно сформировать обоснованную с экономической точки зрения стратегию и тактику развития системы информационной безопасности предприятия.

Литература

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27005-2010. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Менеджмент риска информационной безопасности. Взамен ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 13335-3-2007 и ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 13335-4-2007; Введ. с 30.11.2010. М.: Стандартинформ, 2011.
2. ГОСТ Р ИСО 31000-2010. Менеджмент риска. Принципы и руководство.; Введен с 01.09.2011. М.: Стандартинформ, 2012.
3. Международный стандарт ISO/IEC 27001-2013. Информационные технологии — Методы защиты — Системы менеджмента информационной безопасности — Требования.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17799-2005. Информационная технология. Практические правила управления информационной безопасностью. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2005 г. №447-ст.
5. Ильченко Л.М., Брагина Е.К., Егоров И.Э., Зайцев С.И. Расчет рисков информационной безопасности телекоммуникационного предприятия // Открытое образование. 2018. Т. 22. № 2. С. 61-70.
6. Плетнев П.В., Белов В.М. Методика оценки рисков информационной безопасности на предприятиях малого и среднего бизнеса // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2012. № 1–2(25). С. 83–86.
7. Одинцова М.А. Методика управления рисками для малого и среднего бизнеса // Экономический журнал. 2014. № 3(35).
8. Выборнова О.Н., Давидюк Н.В., Кравченко К.Л. Оценка информационных рисков на основе экспертной информации (на примере ГБУЗ АО «Центр медицинской профилактики») // Инженерный вестник Дона. 2016. № 4(43). С. 86.
9. Гаврилов А.В., Сизов В.А. Повышение эффективности формирования профессиональных компетенций магистров по направлению «Информационная безопасность» на основе применения CASE-технологий // Открытое образование. 2019. Т. 23. № 3. С. 25–32.
10. Р 50.1.028-2001. Методология функционального моделирования. Рекомендации по стандартизации. Приняты и введены в действие Постановлением Госстандарта России от 2.07.201 № 256 ст.
11. Официальный сайт компании «Современные технологии управления». Инструмент для проектирования — система Business Studio [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://www.businessstudio.ru/products/business_studio/intro/ (Дата обращения: 20.05.2021).
12. Баранова Е.К. Методики анализа и оценки рисков информационной безопасности // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. 2015. № 1. С. 73-79.
13. Сухаревская Е.В., Михальченко С.В., Шамин И.М., Никишова А.В. Анализ методов оценки рисков при применении ERP-систем [Электрон. ресурс] // Современные научные исследования и инновации. 2016. № 9. Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2016/09/72016>. (Дата обращения: 21.05.2021).
14. Файзулаев Д. Ф., Морозов Б. Б. Методы и средства анализа рисков информационной безопасности предприятия // Безопасность информационных технологий. 2017. Т. 24. № 3. С. 72–77.
15. Пугин В.В., Губарева О.Ю. Обзор методик анализа рисков информационной безопасности информационной системы предприятия // Т-COMM — Телекоммуникации и транспорт. 2012. № 6. С. 54-57.
16. Абрамов А.С., Писарев В.Д., Шилов А.К. Применение методологии MSAT для оценки защищенности предприятия // Аллея науки. 2017. Т. 3. № 13. С. 961–965.
17. Гаврилов А.В. Использование современных CASE-средств структурного проектирования при обучении студентов по направлению подготовки «прикладная информатика» // Открытое образование. 2015. № 4(111). С. 22–27.
18. Гаврилов А.В. Анализ функциональных возможностей бесплатных CASE-средств проектирования баз данных // Открытое образование. 2016. Т. 20. № 4. С. 39–43.
19. Пример функциональной модели (IDEF0) промышленного предприятия в Business Studio [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.businessstudio.ru/publication/proizv_predpr_abc/businessmodel.php?lang=ru-ru. (Дата обращения: 21.05.2021).

20. Пример функциональной модели компании, осуществляющей деятельность по проектированию, монтажу и обслуживанию инженерно-технических систем [Электрон.

ресурс]. Режим доступа: <http://publication.businessstudio.ru/businessmodel.php?lang=ru-ru&oguid=2be70b1c-a108-4228-b272-1c9eefbc464e>. (Дата обращения: 21.05.2021).

References

1. GOST R ISO/MEK 27005-2010. Informatsionnaya tekhnologiya. Metody i sredstva obespecheniya bezopasnosti. Menedzhment riska informatsionnoy bezopasnosti. Vzamen GOST R ISO/MEK TO 13335-3-2007 i GOST R ISO/MEK TO 13335-4-2007; Vved. s 30.11.2010 = GOST R ISO / IEC 27005-2010. Information technology. Methods and means of ensuring safety. Information security risk management. Instead of GOST R ISO / MEK TO 13335-3-2007 and GOST R ISO / MEK TO 13335-4-2007; Enter. from 30.11.2010. Moscow: Standartinform; 2011. (In Russ.)
2. GOST R ISO 31000-2010. Menedzhment riska. Printsipy i rukovodstvo.; Vveden s 01.09.2011 = GOST R ISO 31000-2010. Risk management. Principles and guidelines .; Introduced from 01.09.2011. Moscow: Standartinform; 2012. (In Russ.)
3. Mezhdunarodnyy standart ISO/IEC 27001-2013. Informatsionnyye tekhnologii – Metody zashchity – Sistemy menedzhmenta informatsionnoy bezopasnosti – Trebovaniya = International standard ISO / IEC 27001-2013. Information technology - Security methods - Information security management systems - Requirements. (In Russ.)
4. GOST R ISO/MEK 17799-2005. Informatsionnaya tekhnologiya. Prakticheskiye pravila upravleniya informatsionnoy bezopasnost'yu. Utverzhden i vveden v deystviye Priказом Federal'nogo agentstva po tekhnicheskemu regulirovaniyu i metrologii ot 29 dekabrya 2005 g. №447-st = GOST R ISO / IEC 17799-2005. Information technology. Practical rules for information security management. Approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated December 29, 2005 No. 447-st. (In Russ.)
5. Il'chenko L.M., Bragina Ye.K., Yegorov I.E., Zaytsev S.I. Calculation of information security risks of a telecommunications enterprise. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2018; 22; 2: 61-70. (In Russ.)
6. Pletnev P.V., Belov V.M. Methodology for assessing information security risks at small and medium-sized businesses. Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki = Reports of the Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics. 2012; 1–2(25): 83–86. (In Russ.)
7. Odintsova M.A. Methodology of risk management for small and medium-sized businesses. Ekonomicheskyy zhurnal = Economic Journal. 2014; 3(35). (In Russ.)
8. Vybornova O.N., Davidyuk N.V., Kravchenko K.L. Assessment of information risks based on expert information (on the example of GBUZ JSC «Center for Medical Prevention»). Inzhenernyy

vestnik Dona = Engineering Bulletin of the Don. 2016; 4(43): 86. (In Russ.)

9. Gavrilov A.V., Sizov V.A. Increasing the effectiveness of the formation of professional competencies of masters in the direction of «Information Security» based on the use of CASE-technologies. Otkrytoye obrazovaniye = Open Education. 2019; 23; 3: 25-32. (In Russ.)

10. R 50.1.028-2001. Metodologiya funktsional'nogo modelirovaniya. Rekomendatsii po standartizatsii. Prinyaty i vvedeny v deystviye Postanovleniyem Gosstandarta Rossii ot 2.07.201 № 256 st = R 50.1.028-2001. Functional modeling methodology. Recommendations for standardization. Adopted and put into effect by the Resolution of the Gosstandart of Russia dated 2.07.201 No. 256 Art. (In Russ.)

11. Ofitsial'nyy sayt kompanii «Sovremennyye tekhnologii upravleniya». Instrument dlya proyektirovaniya – sistema Business Studio = Official site of the company «Modern technologies of management». Design tool - Business Studio system [Internet]. Available from: https://www.businessstudio.ru/products/business_studio/intro/ (cited 20.05.2021). (In Russ.)

12. Baranova Ye.K. Methods of analysis and assessment of information security risks. Vestnik Moskovskogo universiteta im. S.YU. Vitte = Bulletin of the Moscow University. S.Yu. Witte. 2015; 1: 73-79. (In Russ.)

13. Sukharevskaya Ye. V., Mikhail'chenko S. V., Shamin I. M., Nikishova A. V. Analysis of risk assessment methods when using ERP systems [Internet]. Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii = Modern scientific research and innovations. 2016; 9. Available from: <http://web.snauka.ru/issues/2016/09/72016>. (cited 21.05.2021). (In Russ.)

14. Fayzulayev D. F., Morozov B. B. Methods and tools for risk analysis of information security of an enterprise. Bezopasnost' informatsionnykh tekhnologiy = Security of information technologies. 2017; 24; 3: 72-77. (In Russ.)

15. Pugin V.V., Gubareva O.YU. Review of methods for analyzing information security risks of an enterprise information system. T-COMM – Telekommunikatsii i transport = T-COMM - Telecommunications and transport. 2012; 6: 54-57. (In Russ.)

16. Abramov A.S., Pisarev V.D., Shilov A.K. Application of the MSAT methodology for assessing the security of an enterprise. Alleya nauki = Alley of Science. 2017; 3; 13: 961-965. (In Russ.)

17. Gavrilov A.V. The use of modern CASE-tools for structural design in teaching students in the direction of training «Applied Informatics». Otkrytoye obrazovaniye = Open Education. 2015; 4(111): 22-27. (In Russ.)

18. Gavrilov A.V Analysis of the functionality of free CASE database design tools. Otkrytoye obrazovaniye = Open education. 2016; 20; 4: 39-43. (In Russ.)

19. Primer funktsional'noy modeli (IDEF0) promyshlennogo predpriyatiya v Business Studio = An example of a functional model (IDEF0) of an industrial enterprise in Business Studio [Internet]. Available from: http://www.businessstudio.ru/publication/proizv_predpr_abc/businessmodel.php?lang=ru-ru. (cited 21.05.2021). (In Russ.)

20. Primer funktsional'noy modeli kompanii, osushchestvlyayushchey deyatel'nost' po proyektirovaniyu, montazhu i obsluzhivaniyu inzhenerno-tekhnicheskikh system = An example of a functional model of a company engaged in the design, installation and maintenance of engineering systems [Internet]. Available from: <http://publication.businessstudio.ru/businessmodel.php?lang=ru-ru&oguid=2be70b1c-a108-4228-b272-1c9eefbc464e>. (cited 21.05.2021). (In Russ.)

Сведения об авторах

Александр Викторович Гаврилов

к.т.н., доцент, доцент кафедры
Прикладной информатики и информационной
безопасности

Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия
Эл. почта: Gavrilov.AV@rea.ru

Валерий Александрович Сизов

д.т.н., профессор, профессор кафедры
Прикладной информатики и информационной
безопасности

Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия
Эл. почта: Sizov.VA@rea.ru

Елена Валерьевна Ярошенко

К.э.н. доцент кафедры прикладной информатики
и информационной безопасности
Российский экономический университет
им. Г.В. Плеханова,
Москва, Россия
yaroshenko.ev@rea.ru

Information about the authors

Aleksandr V. Gavrilov

Cand. Sci. (Engineering) Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Applied
Informatics and Information Security
Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: Gavrilov.AV@rea.ru

Valeriy A. Sizov

Dr. Sci. (Engineering), Professor, Professor at the
Department of Applied Informatics and Information
Security
Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: Sizov.VA@rea.ru

Elena V. Yaroshenko

Cand. Sci. (Economics), Associate professor of
the Academic Department of Applied Information
Technology and Information Security
Plekhanov Russian University of Economics,
Moscow, Russia
E-mail: yaroshenko.ev@rea.ru

Графическая нотация моделирования документных баз данных

Цели и задачи. Графические модели зарекомендовали себя как надежный, понятный и удобный инструмент создания эскизных моделей баз данных. Большинство существующих нотаций разработаны для реляционной модели данных, доминирующей последние тридцать лет моделью данных. Однако, развитие информационных технологий привело к росту популярности нереляционных моделей данных, в первую очередь документной модели. Одной из проблем её применения на практике является отсутствие подходящих инструментов, позволяющих выполнять графическое моделирование базы данных, с учетом особенностей документной модели, на этапе логического проектирования. Разработка соответствующих инструментов является важной и актуальной задачей, так как их применение в практических исследованиях позволяет выявить, классифицировать и разобрать типовые ошибки моделирования, что позволяет проектировщику снизить риск их появления в дальнейшем.

Цель данной статьи заключается в разработке графической нотации, с одной стороны обеспечивающей удобство работы для проектировщика, а с другой стороны учитывала особенности построения и функционирования noSQL документной модели хранения данных.

Материалы и методы. Материалами для исследования послужили многочисленные публикации, посвященные разработке графических нотаций в задачах и их применению проектирования баз данных для различных информационных систем. Отобранные материалы были проанализированы и выявлены основные графические нотации, применяемые для описания реляционной модели данных. Из них было отобрано три нотации, набор графических

стереотипов, которых наиболее отличался друг от друга, анализ которых позволил выделить основные паттерны изображения составляющих реляционной модели.

Полученные паттерны были применены к основным элементам документной базы данных, которые были получены путём анализа документации популярной СУБД MongoDB.

Результаты. Результатом проведенного исследования стало создание нового инструмента для моделирования документных баз данных на логическом уровне, который, состоит из набора графических стереотипов и правил их применения. Разработка с одной стороны хорошо знакома практикам, ранее работавшим с реляционными моделями данных, так как при его разработке учитывался многолетний опыт применения графических моделей в области проектирования реляционных баз данных, а с другой стороны отражает особенности структуры документной модели.

Заключение. Практическое применение разработанной модели показало удобство ее использования как в процессе проектирования документных баз данных, так и в процессе обучения студентов в рамках данной предметной области. Применение графических моделей, построенных в предложенной графической нотации, позволит исследователям создавать и иллюстрировать типовые паттерны документных баз данных, что, несомненно, положительно скажется на динамике развития перспективных технологий хранения данных.

Ключевые слова: проектирование баз данных, логическая модель, документная модель данных, реляционная модель, графическая модель.

Mikhail V. Smirnov, Ruslan S. Tolmasov

¹ MIREA – Russian Technological University, Moscow, Russia

Graphical Notation for Document Database Modeling

Goals and objectives. Graphical models have proven to be a reliable, clear and convenient tool for creating sketch models of databases. Most of the existing notations are designed for the relational data model, the dominant data model for the last thirty years. However, the development of information technologies has led to an increase in the popularity of non-relational data models, primarily the document model. One of the problems of its application in practice is the lack of suitable tools that allow performing graphical modeling of the database, taking into account the features of the document model, at the stage of logical design. The development of appropriate tools is an important and actual task, since their application in practical research makes it possible to identify, classify and analyze typical modeling errors that allow the designer to reduce the risk of their occurrence in the future. The purpose of this article is to develop a graphical notation that, on the one hand, providing convenience for the designer, and on the other hand, taking into account the peculiarities of creating and functioning of the noSQL document storage model.

Materials and methods. The materials for the study were numerous publications devoted to the development of graphical notations in problems and their application to database design for various information systems. The selected materials were analyzed and the main graphical notations used to describe the relational data model were identified. Three notations were selected from them, a set of graphic stereotypes, which were most different from each other, the

analysis of which allowed us to identify the main image patterns of the components of the relational model.

The resulting patterns were applied to the main elements of the document database, which were obtained by analyzing the documentation of the popular MongoDB DBMS.

Results. The result of the research was the creation of a new tool for modeling document databases at the logical level, which consists of a set of graphic stereotypes and rules for their application. On the one hand, the development is well known to practitioners who have previously worked with relational data models, since its development took into account many years of experience in using graphical models in the field of relational database design, and on the other hand, it reflects the features of the structure of the document model.

Conclusion. The practical application of the developed model has shown the convenience of its use both in the process of designing document databases and in the process of teaching students within this subject area. The use of graphical models constructed in the proposed graphical notation will allow researchers to create and illustrate typical patterns of document databases, which will undoubtedly have a positive impact on the dynamics of the development of promising data storage technologies.

Keywords: database design, logical model, document data model, relational model, graphical model.

Введение

Графические модели изображения структур хранения данных используются с 60-х годов прошлого века, и зарекомендовали себя как надежный, понятный и удобный инструмент создания эскизных моделей баз данных. Графические модели последовательно создавались, испытывались и применялись для иерархических, сетевых, реляционных баз данных.

Значимость графических моделей данных, в первую очередь семантических, отмечают как зарубежные, так и отечественные исследователи в области теории баз данных. Кузнецов С.Д., внесший значительный вклад в развитие теории баз данных на территории России, в своём учебнике так описывал необходимость построения моделей: «... построение мощной и наглядной концептуальной схемы БД позволяет более полно определить специфику моделируемой предметной области и избежать возможных ошибок на стадии проектирования схемы реляционной БД» [1]. С этой точкой зрения согласны Ф.А. Попов и А.В. Максимов [2], которые провели исследование подходов к проектированию баз данных, дополняя её утверждением, что ошибки допущенные при концептуальном моделировании наиболее трудно выявляемые и устраняемые в дальнейшем. Среди зарубежных исследователей решающий вклад в развитие доминирующей в последние 30 лет реляционной модели хранения данных внес американский математик Э.Ф. Кодд, который создал реляционную модель данных и сформировал основы реляционной алгебры [3]. Его принципы легли в основу всех используемых на проектной стадии графических моделей баз данных. Также следует отметить Питера Чена, предложившего графическую

модель «сущность-связь», успешно применяемой на этапах концептуального и логического проектирования [4].

Однако семантические (концептуальные) модели — это модели с высоким уровнем абстракции, они позволяют глубже понять предметную область, назначение конкретных сущностей и необходимость того или иного ограничения, но совершенно не учитывают модель данных, которая будет использована в дальнейшем. Эти особенности отражаются уже на уровне логического проектирования. Для реляционных моделей создано большое количество инструментов для проектирования логических моделей, однако в настоящее время наблюдается повышение интереса к конкурирующим с реляционными моделям данных.

С развитием специализированных информационных систем и технологий обработки данных возникли предметные области, где применение традиционной реляционной модели оказывалось существенно затруднено или даже невозможно. Так, при работе с Большими Данными (*Big Data*) использование статичной и строго определённой структуры хранения данных, подразумеваемой реляционной парадигмой, становилось невозможным, поскольку в большинстве случаев Большие Данные являются плохо структурированными.

Это привело к формированию концепции *noSQL* баз данных, которая в настоящее время активно набирает популярность, что, в свою очередь, подталкивает к изучению новых принципов *noSQL* моделей данных как профессионалов отрасли, так и людей, проходящих обучение специальностям, связанным с технологиями хранения данных. В обзорной статье *A B M Moniruzzaman* и *Syed Akhter Hossain* [5] опираясь на мировой опыт, авторы показывают в каких условиях

выбор *noSQL* модели оптимален, а также приводят общую характеристику и классификацию существующих на данный момент нереляционных моделей: хранилище «ключ-значение», документная модель, графовые модели и др.

Наиболее часто обсуждаемой в научном сообществе и применяемой в практике *noSQL* моделью хранения данных сейчас является документная модель хранения данных, являющаяся второй по популярности после реляционной модели по состоянию на 2021 год [6]. Документная модель широко применяется в сфере WEB-программирования, аналитике и других сферах, где хранятся и обрабатываются плохо структурированные данные [7–10].

Одной из проблем применения документной модели данных на практике является отсутствие на настоящей момент времени графической нотации, которая позволяла бы исследователю или проектировщику, с учетом особенностей выбранной модели хранения, осуществлять моделирование базы данных на этапе логического проектирования.

Решение этой проблемы является актуальной и важной задачей. Опыт практического применения графических моделей при проектировании реляционных баз данных на основании известных нотаций Питера Чена, Мартина, IDEF1x и других показывает, что они позволяют сформировать и повторно использовать типовые паттерны реляционных баз данных. При этом решается проблема демонстрации связей и элементов по-настоящему комплексных структур многопользовательских баз данных. Применение графических моделей в практических исследованиях позволяет выявить, классифицировать и разобрать типовые ошибки моделирования, что позволяет проектировщику

снизить риск их появления в дальнейшем.

Цель данной статьи заключается в разработке графической нотации, с одной стороны обеспечивающей удобство работы для проектировщика, а с другой стороны учитывала особенности построения и функционирования *noSQL* документной модели хранения данных.

Для этого необходимо последовательное решение следующих задач:

1. Проанализировать существующие графические нотации, применяемые для проектирования моделей баз данных на логическом уровне.

2. Выявить ключевые особенности и основные элементы документной модели данных, которые необходимо отразить графической нотацией.

3. Изучить существующие решения, которые могут быть применены для создания логической модели документной базы данных.

4. Разработать набор графических элементов и правил их применения, позволяющих корректно передать семантику проектируемой базы данных и логические взаимосвязи между её составляющими.

В результате был разработан новый инструмент для построения логических моделей документных баз данных, состоящий из набора графических элементов, для обозначения основных объектов документной модели (коллекции, документы и др.) и набор правил их применения, который позволит исследователям создавать и иллюстрировать типовые паттерны документных баз данных, что, несомненно, положительно скажется на динамике развития перспективных технологий хранения данных.

Апробация результатов была проведена на задаче перепроектирования существующей реляционной базы данных в документную для WEB-приложения MSUniversity [11], в

ходе которой была получена наглядная и простая для понимания логическая модель документной базы данных.

Анализ графических нотаций для описания реляционных моделей хранения данных

При создании инструментария и правил изображения графической нотации документной модели баз данных, за основу был взят многолетний опыт использования графических нотаций, применяемых реляционных структур хранения данных [4, 12–18].

Для графического описания реляционной модели данных существуют несколько наиболее распространённых нота-

ций: нотация Питера Чена [4], IDEF1x [15], нотация Crow's foot [16], диаграмма классов UML [1, стр. 160–174]. Каждая из них содержит элементы необходимые для изображения атрибутов, сущностей и связей между ними, а также правила, регламентирующие их применения. Благодаря этим элементам становится возможным проведение моделирования реляционных баз данных практически для любой предметной области. Детальное сравнение существующих нотаций было дано в ряде работ зарубежных учёных, в частности в работе Hay D. C. [19], подробно описавшего сходство и различия применяемых графических нотаций.

Таблица

Графические стереотипы, применяемые в различных нотациях

Table

	Нотация Питера Чена	IDEF1x	UML
Сущность			
Атрибут			
Первичный ключ			Часто не указывается. Может быть добавлено «(РК)» рядом с именем ключевого атрибута
Внешний ключ	Не указывается		Часто не указывается. Может быть добавлено «(FK)» рядом с именем ключевого атрибута
Связь			

Для анализа были выбраны три нотации: нотация Питера Чена и IDEF1x и диаграмма классов UML. Такой выбор обусловлен существенными различиями используемых графических обозначений для различных элементов реляционной модели базы данных. В ходе анализа были выделены основные элементы реляционной модели данных и для каждой из них были рассмотрены соответствующие графические стереотипы, применяемые в выбранных нотациях. Результаты сведены в Таблицу, где в строках указаны основные элементы модели, в столбцах — рассматриваемые нотации, в ячейках указаны применяемые для их обозначения графические стереотипы.

Анализ существующих нотаций для описания реляционных моделей баз данных позволил выделить основные графические стереотипы для изображения основных элементов модели. Использование этих стереотипов при разработке нотации для документной базы данных позволит создать инструмент, который с одной стороны хорошо знаком исследователям и проектировщикам реляционных моделей данных, но с другой — выполнять моделирование модели данных, имеющих существенно отличающейся от реляционной.

Особенности документной модели данных

Рассмотрим документную модель данных подробнее с целью выявить ключевые особенности и элементы, которые необходимо отразить в разрабатываемой модели.

На рис. 1 приведена типовая структура документной базы данных.

Основные элементы модели рассматриваются на примере популярной документной СУБД MongoDB. Согласно рейтингу, опубликованному на странице db-engines.com,

MongoDB стабильно занимает 5 место по популярности среди разработчиков, что повлияло на выбор данной СУБД

В рассматриваемой модели данные хранятся в документах. Согласно официальной документации [20], документ — основная единица хранения данных. Каждый документ содержит набор атрибутов, которые характеризуют объект, описываемый документом. Каждый атрибут представляет собой пару «ключ: значение», где «ключ» представляет собой уникальное в пределах рассматриваемого набора имя, удовлетворяющее требованиям к именам, установленными СУБД. В «значение» указывается любое допустимое значение соответствующего типа. То есть, при описании структуры документа, «значение» может быть представлено типом данных, которые планируется в нем разместить.

Документы могут и должны быть объединены в коллекции. При этом необязательно, но рекомендуется объединять в коллекции документы максимально похожие наборы атрибутов. Для идентификации документов, в *MongoDB* создаётся специальный атрибут «*_id*», который содержит уникальное в рамках БД значение и позво-

ляет однозначно определить документ и его принадлежность к той или иной коллекции. Стоит отметить, что сами коллекции не имеют собственного набора атрибутов, но они содержат все необходимые методы для работы с документами, помещенными в них.

Благодаря наличию «*_id*», документы могут ссылаться друг на друга, как в пределах одной коллекции, так и на документы, расположенные в других коллекциях той же базы данных. Но сами связи и механизм их работы существенно отличается от связей в реляционной модели. В *MongoDB* связи можно разделить на два типа: связь «включение», когда документ включается в состав родительского документа, и связь «ссылка на документ» которая с помощью дополнительного атрибута может служить указателем на любой документ, содержащийся в базе, что позволяет реализовать псевдореляционную модель.

Также, существенным отличием документной модели данных от реляционной является то, что схема хранения данных в документной модели не может быть определена и зафиксирована на стадии проектирования, и может быть изменена динамически, в зависимости

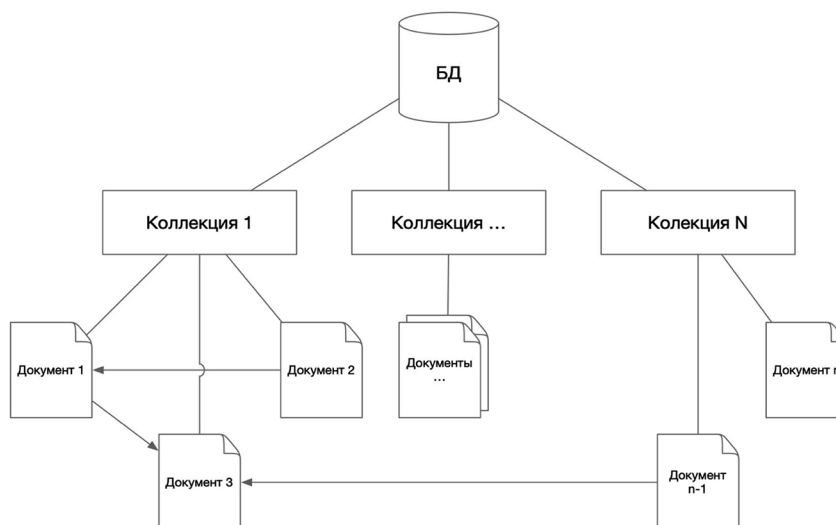


Рис. 1. Структура документной БД

Fig. 1. The structure of the document database

от потребностей пользователя в настоящий момент без существенных затруднений. Это отличие, не оказывает влияния на графическое изображение модели данных, но её необходимо учитывать при практическом применении модели.

Таким образом, были выявлены следующие ключевые особенности документной модели, которые необходимо учесть при разработке графической нотации:

- основной единицей моделирования является документ, который описывает объект предметной области или отдельный его аспект;
- документ должен быть включён в состав не более чем одной коллекции;
- коллекция представляет собой способ логического объединения документов;
- понятие «связь» и механизм её работы в документной модели существенно отличается от реляционной;
- выделяют два типа связей в документной модели «включение» и «ссылка на документ».

Существующие решения для визуализации документных моделей

Для организации доступа к данным и работы с ними применяется специально адаптированная версия *JSON*, которая получила название *BSON*. Современные источники научно-исследовательской информации не дают ссылки на статьи и другие материалы, которые бы описывали визуализацию структуры документных моделей, обслуживаемых *JSON/BSON-запросами*. Тем не менее, для визуализации структуры *JSON-документа*, существует ряд решений, одно из которых *JSONDesigner* [21], доступное в виде *WEB-приложения* и на мобильных устройствах под управлением *Android* и *iOS*.

Для оценки возможности применения *JSONDesigner* для

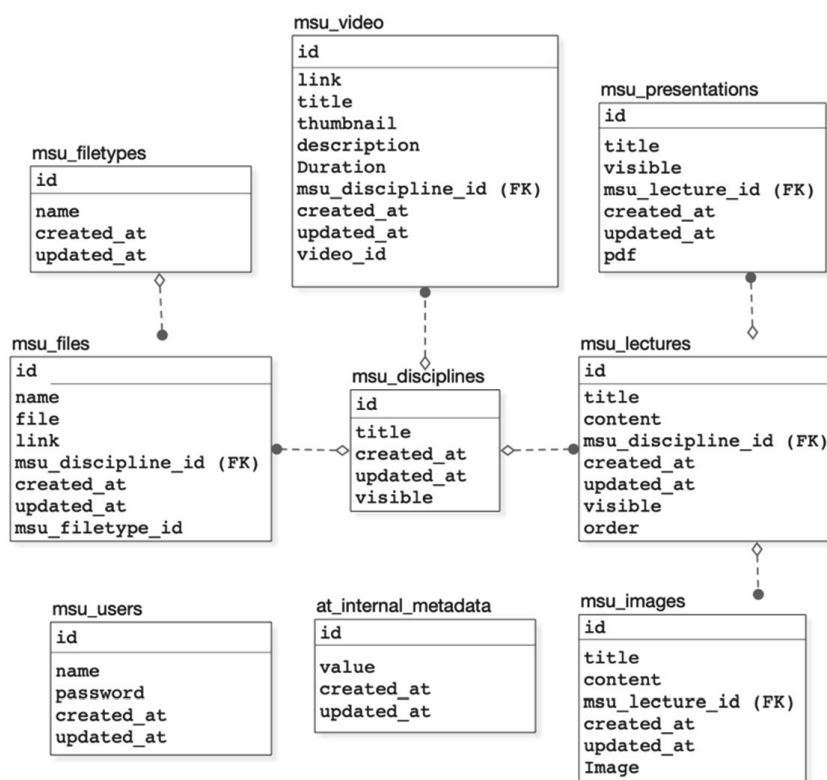


Рис. 2. Логическая модель базы данных MSUniversity (нотация IDEF1x)

Fig. 2. Logical model of the MSUniversity database (notation IDEF1x)

визуализации документной модели данных подготовим пример опираясь на реально существующую реляционную базу данных *WEB-приложения MSUniversity* [11], структура которой приведена на рис. 2.

Для этого структура базы данных была описана в формате *JSON*. Так как для проверки возможностей приложения *JSONDesigner* в части визуализации структуры типы данных полей не играют существенной роли при описании структуры использовались псевдотипы. Описание структуры в формате *JSON* приведено в листинге 1.

Листинг 1. Структура БД описанная с помощью JSON

Listing 1. Database structure described using JSON

```
{
  "title": "some_title",
  "created_at": "cr_date",
  "updated_at": "up_date",
  "visible": "y/n",
  "msu_files": {
    "name": "name",
    "file": "file",
    "link": "link", "created_at": "cr_date",
    "updated_at": "up_date",
    "msu_discipline_id (FK)": "discipline_id",
    "msu_filetype_id": "filetype_id"
  },
  "msu_video": {
    "link": "link",
    "title": "title",
    "thumbnail": "thumbnail",
    "description": "description",
    "duration": "duration",
    "created_at": "cr_date",
    "updated_at": "up_date",
    "video_id": "video_id"
  },
  "msu_disciplines": {
    "title": "title",
    "created_at": "cr_date",
    "updated_at": "up_date",
    "visible": "y/n"
  },
  "at_internal_metadata": {
    "value": "value",
    "created_at": "cr_date",
    "updated_at": "up_date"
  },
  "msu_presentations": {
    "title": "title",
    "visible": "y/n",
    "msu_lecture_id (FK)": "lecture_id",
    "created_at": "cr_date",
    "updated_at": "up_date",
    "pdf": "doc"
  },
  "msu_lectures": {
    "title": "title",
    "content": "content",
    "created_at": "cr_date",
    "updated_at": "up_date",
    "visible": "y/n",
    "order": ["1", "2"]
  },
  "msu_images": {
    "title": "title",
    "created_at": "cr_date",
    "updated_at": "up_date",
    "image": "image"
  }
}
```

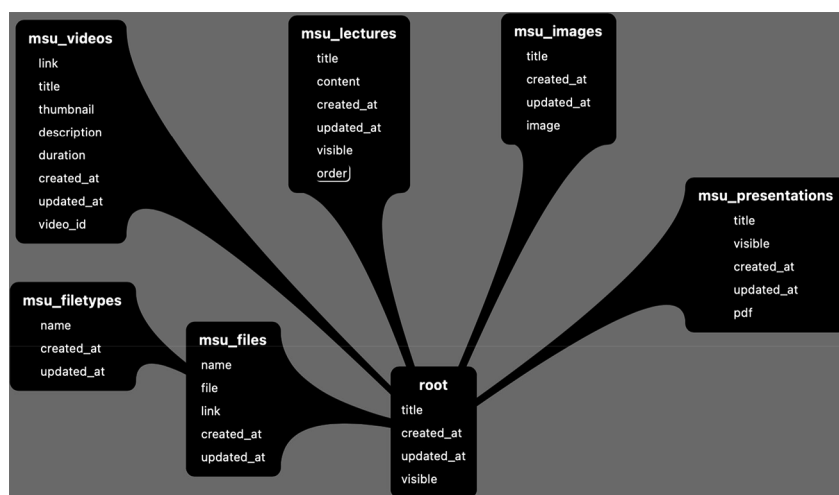


Рис. 3. Результат визуализации JSON-файла в программном средстве JsonDesigner

Fig. 3. Result of JSON file visualization in the software JsonDesigner

Код, приведённый на листинге 1 был загружен в приложение JSONDesigner, полученный результат приведён на рис. 2.

Как видно из рис. 3, графическая нотация JsonDesigner позволяет четко и наглядно передать структуру JSON-документа, что, однако не является достаточным для изображения документной модели хранения данных. Выделим несколько основных проблем использования рассмотренной графической нотации для представления документной модели:

1. Данная нотация не предоставляет возможности отображать более одной коллекции, что является критическим фактором для моделирования комплексных документных баз данных.

2. По упомянутой в п. 1 причине, в приведенной нотации невозможно показать отношение документов к коллекциям в модели.

3. Отсутствует визуализация связей типа «включение», типа «ассоциация» и типа «ссылка на документ».

4. Отсутствует возможность визуализации в схеме типов данных для атрибутов документа.

Описание разработанной графической нотации документной модели данных

Рассмотрев аспекты существующих графических нотаций, особенностей документных моделей данных и имеющихся на текущий момент программных средств, был разработан набор графических элементов и правил их применения для построения документной модели данных.

При выборе элементов для построения графической модели предпочтения отдавались тем графическим элементам, которые хорошо известны и понятны практикам, поскольку в похожем виде, они используются в графических нотациях реляционной модели данных.

Описание элементов

Ниже приводится описание предлагаемых графических обозначений.

1) Коллекция:

Коллекции представляют собой объекты-контейнеры. Они не содержат собственных атрибутов, предназначенных для хранения данных и служат для объединения документов в единый набор. База данных может содержать одну и более коллекций.

База данных может содержать множество коллекций, которые в свою очередь могут содержать различные виды документов. Поэтому, в зависимости от конкретной ситуации предлагается использовать один из двух вариантов.

В случае использования первого варианта коллекция изображается в виде прямоугольника, внутри которого отображается её название (рис. 4 (а)). Принадлежность документов при этом показывается с помощью связи специального типа «Ассоциация». Данный способ может быть использован при небольшом количестве коллекций и принадлежащих им документов.

Недостаток данного варианта состоит в необходимости использования дополнительного типа связи, которая ухудшит восприятие схемы с ростом числа документов.

Второй вариант — изображается в виде прямоугольника, в левом верхнем углу которого указывается название коллекции. Название коллекции отделяется от содержания горизонтальной чертой и/или цветом. Размер прямоугольника должен быть достаточным для того, чтобы вместить все документы принадлежащие коллекции (рис. 4 (б)).

Данный способ также имеет недостаток, связанный с тем, что с увеличением количества атрибутов в документе увеличивается и площадь прямоугольника, что также может привести к ухудшению восприятия конечной модели.

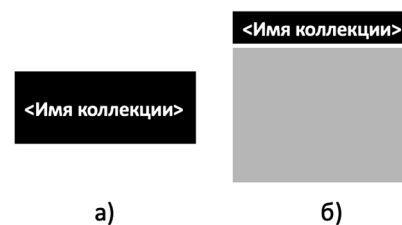


Рис. 4. Варианты отображения коллекций. а) Как отдельный элемент; б) Как контейнер
Fig. 4. Options for displaying collections. a) As a separate element; b) As a container

Примеры применения предложенных вариантов будут приведены далее.

2) Документ:

Основная единица хранения данных в модели. Содержит в себе необходимое количество атрибутов, представленных парами «ключ: значение», где ключ определяется именем поля, а значение — типом данных, которое оно может принимать.

Документ изображается в виде таблицы, состоящей минимум из двух строк и двух столбцов, ячейки первой строки таблицы объединены и служат для ввода имени документа, последующие строки должны содержать пары «ключ (имя поля) — допустимый тип значения» (рис. 5).

<Имя документа>	
<Имя поля>	<тип>
<Имя поля>	[<тип>]

Рис. 5. Графическое изображение документа

Fig. 5. Graphic representation of the document

Следует отметить, что атрибут может содержать более одного элемента (массив), в этом случае необходимо заключить имя типа в квадратные скобки.

3) Связи:

Как уже упоминалось, в документной модели возможно три типа связей:

- связь «включение», когда один документ является частью другого документа;
- связь «ссылка на другой документ», когда один или несколько документов содержат ссылку на другой документ этой же или другой коллекции;
- ассоциация (или принадлежность), для обозначения принадлежности документа к коллекции.

Графические элементы для отображения связей приведены на рис. 6.

Для построения логических моделей документных баз данных, используя разработанные графические элементы, и обеспечить однозначное вос-

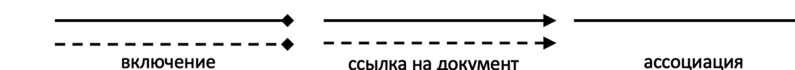


Рис. 6. Графическое изображение связей

Fig. 6. Graphic representation of links

приятие готовой модели был сформирован набор правил применения элементов, указывающий, когда следует использовать то или иное обозначение. Предложенные правила согласованы с базовыми правилами документной модели данных.

Правила применения элементов графической нотации документной модели данных

1. Модель должна содержать хотя бы одну коллекцию.
2. Каждый документ должен принадлежать к не более чем к одной коллекции.
3. Каждый документ должен содержать не менее одного атрибута.
4. Демонстрация принадлежности документа к коллекции возможна одним из двух описанных ниже способов:
 - 1) Документ принадлежит к коллекции, если между элементом «Коллекция» (рис. 4 (а)) и документом (рис. 5) установлена связь «Ассоциация» (рис. 6). Данный способ проиллюстрирован на рис. 7.

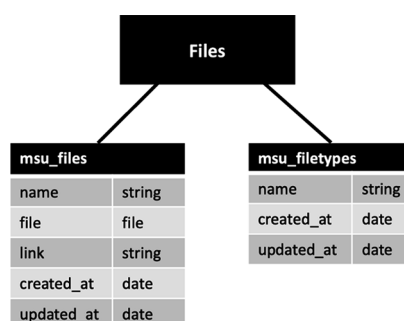


Рис. 7. Указание принадлежности документа к коллекции с помощью ассоциации

Fig. 7. Indication of a document belonging to a collection using an association

- 2) Документ принадлежит к коллекции, если он изображен на свободном месте внутри элемента «Коллекция» (рис. 4 (б))

под чертой (или выделенной цветом области), отделяющей название коллекции (рис. 8). Размеры элемента коллекции должны позволять вместить все входящие в неё документы.

Files			
msu_files		msu_filetypes	
name	string	name	string
file	file	created_at	date
link	string	updated_at	date
created_at	date		
updated_at	date		

Рис. 8. Способ изображения документов включённых в коллекцию

Fig. 8. Method of displaying documents included in the collection

5. Между документами могут быть установлены следующие типы связей:

- 1) Связь «Включение». Применяется если один документ входит в состав другого документа.

Для обозначения включения между двумя документами необходимо применить связь «Включение» в направлении от включаемого к родительскому документу.

Связь «Включение» изображается сплошной линией в случае, когда документ должен быть обязательно включён в состав родительского документа. Пример использования связи «Включение» приведён на рисунке ниже (рис. 9):

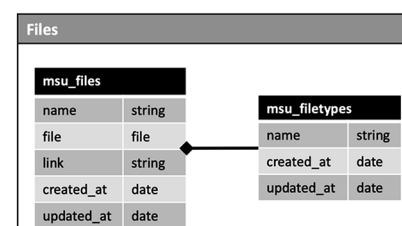


Рис. 9. Пример использования связи «Включение» (обязательное)

Fig. 9. An example of using the connection "Enable" (mandatory)

Приведённый пример (рис. 9) может быть описан следующей фразой: «Документ *msu_files* обязательно включает в себя не менее одного экземпляра документа *msu_filetypes*»

В случае если вложение документа необязательно, то связь «Включение» изображается в виде пунктирной линии. Пример связи «Включение» для случая необязательного вложения документов описывается следующим утверждением: «Документ *msu_lecture* может включать в себя экземпляры документа *msu_images*». Данная связь изображается на рис. 10.

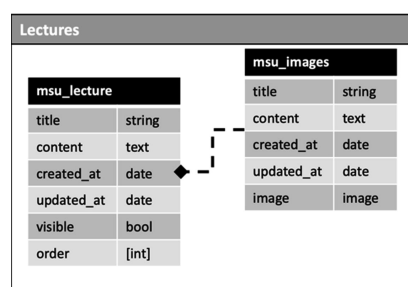


Рис. 10. Пример использования связи «Включение» (необязательное)

Fig. 10. An example of using the connection «Enable» (optional)

2) Связь «Ссылка на документ». Применяется в случае, если один документ ссылается на другой документ той же или другой коллекции базы данных. Обозначается в виде стрелки, направленной от ссылающегося документа.

В случае, если наличие такой ссылки обязательно, то линия изображается сплошной линией (рис. 11):

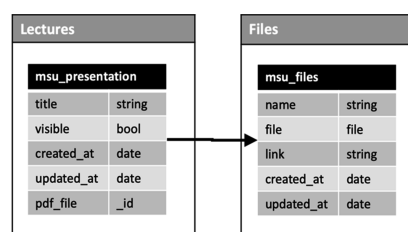


Рис. 11. Пример использования «Ссылка на документ» (обязательное наличие ссылки)

Fig. 11. Example of using «Link to document» (mandatory link)

На рис. 11 описывается следующая ситуация: «Документ *msu_presentation*, входящий в коллекцию *Lectures*, обязательно содержит ссылку на документ *msu_files* коллекции *Files*»

Если ссылка на документ может отсутствовать, то линия изображается пунктиром (рис. 12):

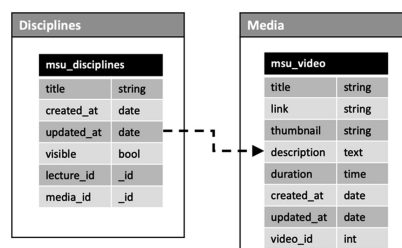


Рис. 12. Пример использования «Ссылка на документ» (необязательное наличие ссылки)

Fig. 12. Example of using «Link to document» (optional link)

На рис. 12 приведена ситуация необязательной ссылки на документ: «Документ *msu_disciplines*, коллекции *Disciplines* может содержать ссылку на документ *msu_video* коллекции *Media*»

Описанные графические элементы и правила в совокупности представляют собой законченный инструмент пригодный для построения логической модели документной базы данных.

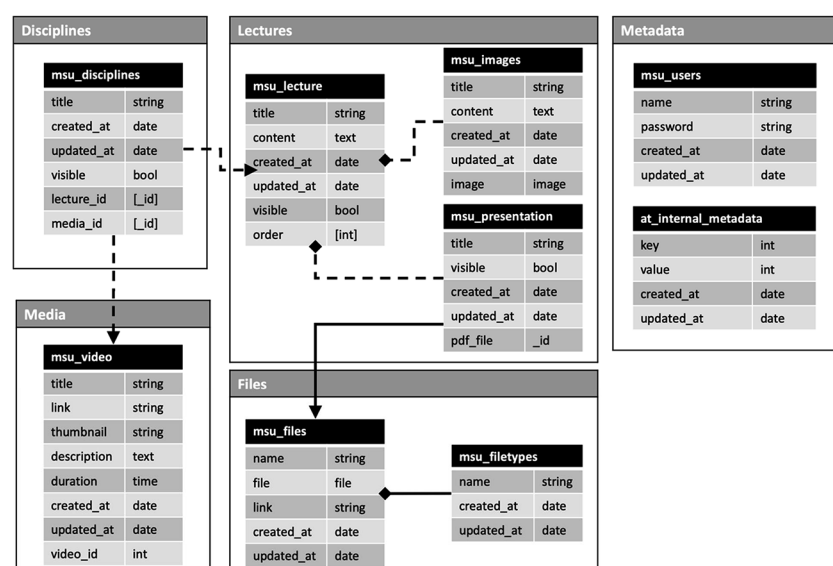


Рис. 13. Графическая модель документной модели данных
Fig. 13. Graphical model of the document data model

Пример практического применения модели

Руководствуясь определенными графическими элементами нотации, было произведено построение логической модели документной базы данных WEB-приложения, для которого в настоящее время существует реляционная модель приведенная на рис. 2. Результат приведен на рис. 13.

Документы, хранящие информацию об имеющемся контенте отсортированы по тематике и разнесены по соответствующим коллекциям. Модель содержит 9 видов документов, собранных в 5 коллекций:

– *Disciplines* — документы данной коллекции предназначены для хранения информации о дисциплинах, доступных для изучения с помощью приложения. Документ коллекции *msu_disciplines* может ссылаться на медиаматериалы расположенные на сторонних платформах (например, YouTube) с помощью необязательной ссылки на документ *msu_video*, коллекции *Media*, и на тематические материалы к лекционным и практическим занятиям с помощью необя-

зательной ссылки на документ *msu_lectures*, коллекции *Lectures*;

— *Lectures* — коллекция содержит документы, отвечающие за хранение материалов (текстовых лекций, наглядных пособий и т.д.). Коллекция содержит три вида документов: *msu_lectures*, содержащий основную информацию о занятии, *msu_images*, хранящий информацию о прикрепленных изображениях, и *msu_presentation*, в котором содержатся файлы, прикрепленные к какому-либо занятию. Документы *msu_images* и *msu_presentation* могут быть включены в состав документа *msu_lectures* при необходимости;

— *Files* — коллекция, содержащая файлы различных типов, используемых приложением. В первую очередь это файлы, прикрепляемые к занятиям. В рассматриваемом примере это реализуется с помощью связи «ссылка на документ», которой связаны *msu_presentation*, коллекции *Lectures* и *msu_files* коллекции *Files*, которая означает что если существует экземпляр документа *msu_presentation*, то он обязательно должен ссылаться на экземпляр документа *msu_files*. Документ *msu_filetypes* — описывает тип (формат) файла, описываемого документом *msu_files*. Экземпляр этого документа должен быть обязательно включен в состав экземпляра документа *msu_files*. В данном случае не используется связь «ссылка на документ», так как проведение нормализации документных баз данных не требуется, и официальная документация *MongoDB* рекомендует отдавать предпочтение связи типа «Включение» при проектировании;

— *Metadata* — содержит документы, описывающие пользователей приложения и данные, необходимые для корректной работы приложения.

Как уже упоминалось, документная модель данных не имеет заранее определённой схемы, в связи с чем у СУБД нет возможности определить соответствие добавляемых пользователем данных схеме, заданной проектировщиком. Используя графическую модель, представленную на рис. 13, пользователь получает полное представление о логическом устройстве документной базы данных и структуре входящих в нее документов, что позволяет снизить различные риски на этапе эксплуатации.

Заключение

В ходе работы был произведен анализ существующих графических нотаций, применяемых при проектировании реляционных баз данных и выявлены основные графические стереотипы, рассмотрены основные особенности документной модели данных, произведен поиск и анализ существующих решений для визуализации документных моделей данных и близких к ним структур. Основным результатом проведенного исследования стало создание графической нотации моделирования документных баз данных. Был предложен новый графический инструментарий, который, с одной стороны хорошо знаком практикам, ранее работавшим с реляционными моделями данных, а с другой стороны отражает особенности структуры документной модели. Практическое применение разработанной модели показало удобство ее использования как в процессе проектирования документных баз данных, так и в процессе обучения студентов в рамках данной предметной области.

Одним из направлений дальнейшего развития нотации является разработка и проверка в практических условиях механизма визуализации многократного вложения однотипных документов, что позволит более точно отразить особенности некоторых предметных областей. Данный механизм для документных БД позволит пользователю понять на сколько экземпляров документа он должен сослаться (или может сослаться) или включить в родительский документ.

Применение графических моделей, построенных в предложенной графической нотации, позволит исследователям создавать и иллюстрировать типовые паттерны документных баз данных, что, несомненно, положительно скажется на динамике развития перспективных технологий хранения данных.

Литература

1. Кузнецов С.Д. Базы данных: языки и модели. М.: ООО «Бином-Пресс», 2008. 720 с.
2. Попов Ф.А., Максимов А.В. Подходы к проектированию баз данных для автоматизированных систем [Электрон. ресурс] // Известия АлтГУ. 2003. № 1. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-proektirovaniyu-baz-dannyh-dlya-avtomatizirovannyh-sistem>. (Дата обращения: 20.07.2021).
3. Codd E. F. A relational model of data for large shared data banks // Comm. ACM. 1970. № 113(6).

4. Chen P. The Entity-Relationship Model Toward a Unified View of Data // ACM Transactions on Database Systems. 1976. Т. 1. № 11.

5. Moniruzzaman A. B. M., Hossain S. A. Nosql database: New era of databases for big data analytics-classification, characteristics and comparison // arXiv preprint arXiv:1307.0191. 2013.

6. DBMS popularity broken down by database model [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://db-engines.com/en/ranking_categories. (Дата обращения: 01.08.2021).

7. Миронов В. В., Гусаренко А. С., Юсупова Н. И. Ситуационно-ориентированные базы

данных как виртуальный интеграционный слой в веб-приложениях // *Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS'2016)*. 2016. С. 123–128.

8. Зимовец А. И., Хомоненко А. Д. Обоснование выбора модели хранения данных для системы мониторинга космического пространства // *Автоматика на транспорте*. 2019. Т. 5. № 2.

9. Блинков Ю. А., Панкратов И. А. Документо-ориентированное хранение и обработка научных публикаций // *Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках*. 2018. № 4. С. 28–36.

10. Бедердинова О. И. Результаты проектирования базы данных комплекса оборудования процессов лесопиления с использованием case-технологии IDEF1X // *Информационные технологии в проектировании и производстве*. 2007. № 3. С. 33–35.

11. Главная страница MSUniversity [Электрон. ресурс] // MSUniverdity.ru. Режим доступа: <http://msuniversity.ru>. (Дата обращения: 20.05.2021).

12. Алексеев В. А., Телегина М. В., Янников И. М. Создание базы данных биомониторинга потенциально опасных объектов // *Вестник Ижевского государственного технического университета*. 2008. № 4. С. 138–143.

13. Азовцев А. И. и др. Разработка инфологической модели базы данных предварительного информирования таможенных органов для судоходной компании // *Морские интеллектуальные технологии*. 2016. № 3(1). С. 327–332.

14. Горшков Е. А., Калинина А. В., Куликова С. А. Применение основ моделирования для автоматизации офисной деятельности санаторно-курортных учреждений // *ББК 1 Н 34*. 2019. С. 1683.

15. Kusiak A., Letsche T., Zakarian A. Data modelling with IDEF1x // *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 1997. Т. 10. № 6. С. 470–486. DOI: 10.1080/095119297131039.

16. Everest G. C. Basic data structure models explained with a common example // *Proc. Fifth Texas Conference on Computing Systems*. 1976. С. 18–19.

17. Юсупова Д. Ж. Возможности семантической модели ERD на этапе инфологического проектирования базы данных // *Современные материалы, техника и технология*. 2019. С. 423–425.

18. Горшков Е. А., Калинина А. В., Куликова С. А. Применение основ моделирования для автоматизации офисной деятельности санаторно-курортных учреждений // *ББК 1 Н 34*. 2019. С. 1683.

19. Hay D. C. A comparison of data modeling techniques // *Essential Strategies*. 1999. Т. 41. С. 43.

20. Документация MongoDB [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://docs.mongodb.com> (Дата обращения: 25.05.2021).

21. Страница Веб-приложения JSONDesigner [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://jsondesigner.com/#/>. (Дата обращения: 19.05.2021).

References

1. Kuznetsov S.D. Bazy dannykh: yazyki i modeli = Databases: languages and models. Moscow: OOO Binom-Press; 2008. 720 p. (In Russ.)

2. Popov F. A., Maksimov A. V. Approaches to designing databases for automated systems [Internet]. *Izvestiya AltGU = News of Altai State University*. 2003; 1. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/podhody-k-proektirovaniyu-baz-dannyh-dlya-avtomatizirovannyh-sistem>. (cited 20.07.2021). (In Russ.)

3. Codd E. F. A relational model of data for large shared data banks. *Comm. ACM*. 1970; 11(3): 370–376.

4. Chen P. The Entity-Relationship Model: Toward a Unified View of Data. *ACM Transactions on Database Systems*. 1976; 1: 11.

5. Moniruzzaman A. B. M., Hossain S. A. Nosql database: New era of databases for big data analytics-classification, characteristics and comparison. *arXiv preprint arXiv:1307.0191*. 2013.

6. DBMS popularity broken down by database model [Internet]. Available from: https://db-engines.com/en/ranking_categories. (cited 01.08.2021).

7. Mironov V.V., Gusarenko A.S., Yusupova N.I. Situation-oriented databases as a virtual integration layer in web applications. *Information Technologies for Intelligent Decision Making Support (ITIDS'2016)*. 2016: 123–128. (In Russ.)

8. Zimovets A.I., Khomonenko A.D. Substantiation of the choice of data storage model for the space monitoring system. *Avtomatika na transporte = Automation on transport*. 2019; 5: 2. (In Russ.)

9. Blinkov Yu.A., Pankratov I.A. Document-oriented storage and processing of scientific publications. *Matematicheskoye modelirovaniye, komp'yuternyy i naturnyy eksperiment v yestestvennykh naukakh = Mathematical modeling, computer and natural experiment in natural sciences*. 2018; 4: 28–36. (In Russ.)

10. Bederdinova O.I. Results of designing a database of a complex of equipment for sawmilling processes using case-technology IDEF1X. *Informatsionnyye tekhnologii v proyektirovanii i proizvodstve = Information technologies in design and production*. 2007; 3: 33–35. (In Russ.)

11. Glavnaya stranitsa MSUniversity = Main page of MSUniversity [Internet]. MSUniverdity.ru. Available from: <http://msuniversity.ru>. (cited 20.05.2021). (In Russ.)

12. Alekseyev V.A., Telegina M.V., Yannikov I.M. Creation of a database of biomonitoring of potentially dangerous objects. *Vestnik Izhevskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Bulletin of the Izhevsk State Technical University*. 2008; 4: 138–143. (In Russ.)

13. Azovtsev A.I. et al. Development of an infological model of a database of preliminary

informing of customs authorities for a shipping company. *Morskiye intellektual'nyye tekhnologii* = Marine intellectual technologies. 2016; 3(1): 327-332. (In Russ.)

14. Gorshkov Ye.A., Kalinina A.V., Kulikova S.A. Application of modeling principles for automation of office activities of sanatorium-resort institutions. *BBK 1 N 34 = LBC 1 N 34.* 2019: 1683. (In Russ.)

15. Kusiak A., Letsche T., Zakarian A. Data modelling with IDEF1x. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*. 1997; 10; 6: 470-486. DOI: 10.1080/095119297131039.

16. Everest G. C. Basic data structure models explained with a common example. *Proc. Fifth Texas Conference on Computing Systems*. 1976: 18-19.

17. Yusupova D.Zh. Possibilities of the semantic model of ERD at the stage of infological database design. *Sovremennyye materialy, tekhnika i tekhnologiya* = Modern materials, equipment and technology. 2019: 423-425. (In Russ.)

18. Gorshkov Ye.A., Kalinina A.V., Kulikova S.A. Application of modeling principles for automation of office activities of sanatorium-resort institutions. *BBK 1 N 34 = LBC 1 N 34.* 2019: 1683. (In Russ.)

19. Hay D.C. A comparison of data modeling techniques. *Essential Strategies*. 1999: 41: 43.

20. Dokumentatsiya MongoDB [Internet]. Available from: <https://docs.mongodb.com> (cited 25.05.2021).

21. Stranitsa Veb-prilozheniya JSONDesigner [Internet]. Available from: <https://jsondesigner.com/#/>. (cited 19.05.2021).

Сведения об авторах

Михаил Вячеславович Смирнов

К.э.н., доцент кафедры КБ-9

МИРЭА – Российский технологический университет,

Москва, Россия

Эл. почта: mikhailsmirnov@gmail.com

Руслан Сергеевич Толмасов

Преподаватель кафедры КБ-9

МИРЭА – Российский технологический университет,

Москва, Россия

Эл. почта: tol_rus@mail.ru

Information about the authors

Mikhail V Smirnov

Cand. Sci. (Associate Professor at the Department of "Subject-oriented information systems"

MIREA - Russian Technological University,

Moscow, Russia

E-mail: mikhailsmirnov@gmail.com

Ruslan S Tolmasov

Instructor at the Department of "Subject-oriented information systems"

MIREA - Russian Technological University,

Moscow, Russia

E-mail: tol_rus@mail.ru