

Уважаемые читатели и авторы!

Редакция журнала открыта для сотрудничества и приглашает к публикации ученых, педагогов, аспирантов и практикующих специалистов в образовательной, технической и экономической сферах. Плата за размещение статьи в выпуске не взимается.

Цели журнала – удовлетворение потребностей специалистов различного профиля в научной и аналитической информации по вопросам внедрения и использования информационно-коммуникационных технологий (в том числе в образовательном процессе) в условиях цифровой трансформации всех сфер общественной жизни.

Задачи журнала: публикация современных достижений в области технических и экономических наук, включая результаты национальных и международных исследований.

Журнал «Цифровая трансформация» зарегистрирован в Министерстве информации Республики Беларусь (свидетельство о регистрации от 27.09.2017 № 662), перерегистрирован 10.06.2022 (учредитель и издатель – учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»). Журнал включен приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь в Перечень научных изданий для опубликования результатов диссертационных исследований (отрасли наук: технические (информатика, компьютерная техника), экономические и образование). Также журнал индексируется в базах Российского индекса научного цитирования (РИНЦ), Directory of Open Access Journals (DOAJ), EconPapers. Префикс DOI 10.35596.

С электронной версией журнала, редакционной политикой и правилами для авторов можно ознакомиться на сайте dt.bsuir.by. Материалы научной статьи для публикации можно подать с помощью специальной формы на сайте журнала или отправить на электронный адрес dig.tr@bsuir.by.

Получение бумажной версии журнала «Цифровая трансформация» доступно через оформление подписки на квартал, полугодие или год по следующим индексам: 75057 – для индивидуальных подписчиков, 750572 – для ведомственных.

Редакция журнала «Цифровая трансформация»

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ

Научный журнал издается с 1995 г. Выходит ежеквартально.

Ранее издание выходило под названием «Информатизация образования».

В 2017 г. журнал перерегистрирован под названием

«Цифровая трансформация», ISSN 2522-9613

Главный редактор

Вадим Анатольевич Богущ, д. ф.-м. н., профессор,
ректор Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники

Редакционный совет

Листопад Н. И., д. т. н., профессор, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь, – заместитель главного редактора;

Беляцкая Т. Н., д. э. н., профессор, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь, – заместитель главного редактора;

Певнева Н. А., к. т. н., доцент, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь, – ответственный секретарь редакционной коллегии;

Сафонов В. Г., д. ф.-м. н., профессор, директор, Институт математики Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь;

Байнев В. Ф., д. э. н., к. т. н., профессор, Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь;

Ковалев М. М., Заслуженный деятель науки Республики Беларусь, д. ф.-м. н., профессор, Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь;

Курбацкий А. Н., Заслуженный деятель науки Республики Беларусь, д. т. н., профессор, Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь;

Хацкевич Г. А., д. э. н., профессор, Институт бизнеса Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь;

Голенков В. В., д. т. н., профессор, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск, Республика Беларусь;

Быков А. А., д. э. н., профессор, Белорусский государственный экономический университет, г. Минск, Республика Беларусь;

Сирота А. А., чл.-кор. Международной академии информатизации, д. т. н., профессор, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Российская Федерация;

Малинецкий Г. Г., д. ф.-м. н., профессор, Институт прикладной математики имени М. В. Келдыша Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация;

Глухов В. В., д. э. н., профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация;

Плотников В. А., д. э. н., профессор, Санкт-Петербургский государственный экономический университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация;

Касумов В. А., д. т. н., профессор, Азербайджанский технический университет, г. Баку, Азербайджанская Республика;

Ордуна-Мале Э., д. инф. н., доцент, Технический университет Валенсии, г. Валенсия, Испания;

Дземида Г., действительный член Академии наук Литвы, д. т. н., профессор, Вильнюсский университет, г. Вильнюс, Литовская Республика.

Ответственный секретарь Т. В. Мироненко

Подписано в печать 12.09.2024. Формат бумаги 60×84 $\frac{1}{8}$. Бумага офисная. Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. 10,46. Уч.-изд. л. 9,3. Тираж 50 экз. Заказ 160.

Адрес редакции: ул. П. Бровки, 6, к. 329а, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Тел.: +375 17 293-88-41. dig.tr@bsuir.by; <http://dt.bsuir.by>

Отпечатано в БГУИР. ЛП № 02330/264 от 24.12.2020.
220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6

Учредитель – учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Индекс для индивидуальной подписки 75057. Индекс для ведомственной подписки 750572

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2024

DIGITAL TRANSFORMATION

The scientific journal is being published since 1995. Publication frequency – quarterly.

The publication previously came out under the title “Informatization of Education”.

In 2017 the journal was reregistered
as “Digital Transformation”, ISSN 2522-9613

Editor-in-Chief

Vadim Bogush, Dr. of Sci. (Phys. and Math.), Professor,
Rector of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

Editorial Board

Listopad N., Dr. of Sci. (Tech.), Professor, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus – Deputy Chief Editor;

Beliatskaya T., Dr. of Sci. (Econ.), Professor, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus – Deputy Chief Editor;

Pevneva N., Cand. of Sci., (Tech.), Associate Professor, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus – Executive Secretary of the Editorial Board;

Safonov V., Dr. of Sci. (Phys. and Math.), Professor, Director, Institute of Mathematics of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus;

Baynev V., Dr. of Sci. (Econ.), Cand. of Sci. (Tech.), Professor, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus;

Kovalev M., Honored Scientist of the Republic of Belarus, Dr. of Sci. (Phys. and Math.), Professor, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus;

Kurbatski A., Honored Scientist of the Republic of Belarus, Dr. of Sci. (Tech.), Professor, Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus;

Khatskevich G., Dr. of Sci. (Econ.), Professor, School of Business of Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus;

Golenkov V., Dr. of Sci. (Tech.), Professor, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus;

Bykau A., Dr. of Sci. (Econ.), Professor, Belarus State Economic University, Minsk, Republic of Belarus;

Sirota A., Corresponding Member of International Informatization Academy, Dr. of Sci. (Tech.), Professor, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation;

Malinetskiy G., Dr. of Sci. (Phys. and Math.), Professor, Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation;

Glukhov V., Dr. of Sci. (Econ.), Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russian Federation;

Plotnikov V., Dr. of Sci. (Econ.), Professor, Saint Petersburg State University of Economics, Saint Petersburg, Russia;

Gasimov V., Dr. of Sci. (Tech.), Professor, Azerbaijan Technical University, Baku, Republic of Azerbaijan;

Orduna-Malea E., Dr. of Sci. (Inform.), Assistant Professor, Technical University of Valencia, Valencia, Spain;

Dzemyda G., Full Member of the Lithuanian Academy of Sciences, Dr. of Sci. (Tech.), Professor, Vilnius University, Vilnius, Republic of Lithuania.

Responsible Secretary T. Mironenka

Signed for printing 12.09.2024. Format 60×84 ½. Office paper. Printed on a risograph. Type face Times.

Ed.-pr. I. 10,46. Ed.-ed. I. 9,3. Edition 50 copies. Order 160.

Editorial Address: P. Brovki St., 6, Off. 329a, Minsk, 220013, Republic of Belarus

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

Tel.: +375 17 293-88-41. dig.tr@bsuir.by; <http://dt.bsuir.by>

Printed in BSUIR. License LP No 02330/264 from 24.12.2020.

220013, Minsk, P. Brovki St., 6

Founder – Educational Establishment “Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics”

Index for individual subscription 75057. Index for departmental subscription 750572

© Educational Establishment “Belarusian State University
of Informatics and Radioelectronics”, 2024

СОДЕРЖАНИЕ Т. 30, № 3, 2024

Экономические науки, образование

Шумский Д. С., Сосновский О. А. Методика оценки удовлетворенности клиентов и сотрудников цифровыми технологиями и услугами банка	5
Колодник Т. Д. Оценка управления цифровым маркетингом в работе компаний	14
Старовойтова Т. Ф., Шешолко В. К., Старовойтов И. А. Образовательная среда и умный город	22
Астанков К. С., Николаев А. С., Сувви С. В. Перспективы трансфера интеллектуальных решений для умного города	31
Нечепуренко Ю. В. Интеллектуальная собственность в условиях цифровой трансформации экономики	38
Шацкая И. В. Подходы к подготовке инженерных кадров в условиях цифровой трансформации образования	46
Якушев Н. О. Вопросы исследования цифровизации в различных сферах деятельности.....	52
Выборнов А. Н., Вегера Ж. Г. Совершенствование методик преподавания базовых математических дисциплин в высшей школе	57

Технические науки

Вишняков В. А., Ивэй Ся, Чуюэ Юй. Использование блокчейна Ethereum в сети интернета вещей для ИТ-диагностики	61
Одерышев А. В. Оценка результатов тестирования с помощью Mathcad.....	69
Сеилов Ш. Ж., Зулпыхар Ж. Е., Нурланкызы А., Журсинбек Б. Ш. Формирование научно-образовательного ландшафта цифровой экономики стран Организации тюркских государств и Евразийского экономического союза	75
Петров Д. О. Практический подход к изучению эволюционных методов настройки весовых коэффициентов искусственных нейронных сетей.....	80

CONTENTS V. 30, No 3, 2024

Economic Sciences, Education

Shumsky D. S., Sosnovsky O. A. Assessment Methodology for Customer and Employee Satisfaction with Digital Technologies and Bank Services	5
Kolodnik T. D. Assessment of Digital Marketing Management in Companies	14
Starovoitova T. F., Shesholko V. K., Starovoitov I. A. Educational Environment and a Smart City	22
Astankov K. S., Nikolaev A. S., Suvvi S. V. Prospects for the Transfer of Intelligent Solutions for a Smart City.....	31
Nechepurenko Yu. V. Intellectual Property in the Conditions of Digital Transformation of the Economy.....	38
Shatskaya I. V. Approaches to the Training of Engineering Personnel in the Context of Digital Transformation of Education	46
Yakushev N. O. Questions of Research of Digitalization in Various Fields of Activity.....	52
Vybornov A. N., Vegera Zh. G. Enhancement of Teaching Methods of Main Mathematical Disciplines in Higher School	57

Technical Sciences

Vishniakou U. A., YiWei Xia, Chuyue Yu. Using the Ethereum Blockchain in the Internet of Things Network for IT Diagnostics	61
Oderyshev A. V. Evaluating Test Results Using Mathcad.....	69
Seilov Sh. Zh., Zulpkykhar Zh. E., Nurlankyzy A., Zhursinbek B. Sh. Formation of the Scientific and Educational Landscape of the Digital Economy of the Countries of the Organization of Turkic States and the Eurasian Economic Union	75
Petrov D. O. Practical Approach to Studying Evolutionary Methods for Setting Weight Coefficients of Artificial Neural Networks.....	80



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-5-13>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 338.001.36:004:336.717.1

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ КЛИЕНТОВ И СОТРУДНИКОВ ЦИФРОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ И УСЛУГАМИ БАНКА

Д. С. ШУМСКИЙ, О. А. СОСНОВСКИЙ

Белорусский государственный экономический университет (г. Минск, Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 29.02.2024

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

Аннотация. Предложена методика оценки удовлетворенности клиентов и сотрудников цифровыми технологиями и услугами банка. Методика включает показатели и критерии оценки, анкеты опроса клиентов и сотрудников банка. Приведены формулы расчета ключевых показателей на основании данных, полученных в анкетах опроса. Рассмотрены подходы к вербальной оценке уровня удовлетворенности клиентов и сотрудников цифровыми технологиями и услугами банка.

Ключевые слова: качество, удовлетворенность, методика оценки, клиент, сотрудник, технологии и услуги банка, критерии оценки, вербальная оценка.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Шумский, Д. С. Методика оценки удовлетворенности клиентов и сотрудников цифровыми технологиями и услугами банка / Д. С. Шумский, О. А. Сосновский // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 3. С. 5–13. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-5-13>.

ASSESSMENT METHODOLOGY FOR CUSTOMER AND EMPLOYEE SATISFACTION WITH DIGITAL TECHNOLOGIES AND BANK SERVICES

DMITRIY S. SHUMSKY, OLEG A. SOSNOVSKY

Belarus State Economic University (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 29.02.2024

Abstract. A methodology for assessing customer and employee satisfaction with digital technologies and bank services is proposed. The methodology includes indicators and evaluation criteria, questionnaires for surveying clients and bank employees. Formulas for calculating key indicators based on data obtained in survey questionnaires are provided. Approaches to verbal assessment of the level of satisfaction of clients and employees with digital technologies and bank services are considered.

Keywords: quality, satisfaction, assessment methodology, client, employee, bank technologies and services, indicators and assessment criteria, verbal assessment.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Shumsky D. S., Sosnovsky O. A. (2024) Assessment Methodology for Customer and Employee Satisfaction with Digital Technologies and Bank Services. *Digital Transformation*. 30 (3), 5–13. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-5-13> (in Russian).

Введение

Анализ результатов научных и прикладных исследований [1–5], посвященных проблемам оценки цифровой конкурентоспособности и эффективности функционирования организаций, показал, что одним из основных факторов эффективности цифровизации организаций, в том числе банков, является удовлетворенность потребителей оптимальным соотношением качественных и стоимостных (ценовых) характеристик предлагаемых продуктов и оказываемых услуг. Производитель товаров и услуг должен постоянно работать над оптимизацией качества, затрат по обеспечению и цен реализации продукции и услуг, добиваясь преимуществ по этим показателям перед основными конкурентами и оценивая результаты своей деятельности с позиции потребителя, так как его мнение решающее. Отказ потребителя в пользу конкурента указывает на низкую удовлетворенность [5, с. 16]. От качества современных цифровых технологий и услуг зависят доступность и прозрачность разного рода информации, скорость ее передачи и обработки, что, в свою очередь, влияет на эффективность бизнес-процессов в различных областях социально-экономической деятельности государства. Обеспечение гарантированного качества и приемлемой цены технологий и услуг способствует более высокому уровню удовлетворенности и лояльности клиентов и сотрудников и, как следствие, повышению эффективности цифровизации банков [6].

Согласно СТБ ISO 9000–2015 [7], под качеством понимается степень соответствия совокупности присущих характеристик (отличительных свойств) продукта/услуги предполагаемым или обязательным потребностям, или ожиданиям (требованиям), заинтересованных сторон. Следовательно, удовлетворенность потребителей зависит как от качества продукта/услуги, так и от качества обслуживания, и отражает восприятие потребителями степени выполнения их требований (ценность/полезность продукта/услуги). В свою очередь, согласно рекомендации МСЭ-Т G.1000, понятие «качество обслуживания» формулируется как совокупность показателей, характеризующих удовлетворенность потребителя предоставляемыми ему услугами. Удовлетворенность потребителей является необходимым условием для формирования их лояльности и ключевым показателем долгосрочных отношений потребителя и организации, оказывающей данную услугу [6].

Показатели и критерии оценки качества банковских цифровых технологий

Показатели и критерии оценки качества банковских цифровых технологий представлены в табл. 1.

Таблица 1. Перечень показателей и критериев оценки качества банковских цифровых технологий
Table 1. List of indicators and criteria for assessing the quality of banking digital technologies

Показатель оценки	Критерий оценки
Техническое качество цифровой технологии	Полнота реализации технологии. Отсутствие багов (неисправностей)/недоработок. Время отклика на действие пользователя
Затраты на внедрение и сопровождение цифровой технологии	Затраты на разработку/закупку технологии. Затраты на оплату труда персонала, способствующего разработке/закупке и внедрению технологии. Затраты на внедрение и интеграцию технологии с имеющимися в банке технологиями. Затраты на обучение персонала работе с технологией. Затраты на оплату труда персонала, осуществляющего сопровождение технологии
Уровень безопасности цифровой технологии	Применяемые методы аутентификации. Разделение уровней доступа. Безопасный доступ и способ обработки данных клиентов. Обеспечение сохранности данных клиентов. Централизованный мониторинг санкционированности доступа сотрудников
Способы обеспечения взаимодействия с клиентом	Появление новых каналов взаимодействия с клиентами. Централизованное хранилище данных о взаимодействии с клиентами. Инструменты для аналитики продаж и интереса клиентов к продуктам/услугам, предлагаемым банком

Окончание табл. 1
Ending of Tab. 1

Показатель оценки	Критерий оценки
Актуальность цифровой технологии	Соответствие технологии ожиданиям клиентов. Способность технологии удовлетворить потребности клиентов. Уникальность технологии на рынке банковских технологий
Лояльность клиентов	Удовлетворенность клиентов качеством предлагаемых цифровых технологий. Удовлетворенность клиентов уровнем обслуживания. Адекватность временных и психологических затрат на пользование предлагаемыми цифровыми технологиями. Готовность клиентов советовать банк друзьям/знакомым, характеризуя его как высокотехнологичный. Имидж банка как цифрового
<i>Примечание – Все таблицы в статье разработаны авторами.</i>	

Для сбора сведений об удовлетворенности клиентов и сотрудников качеством каждой отдельно взятой внедренной цифровой технологии и оправданности ее внедрения автором разработаны анкеты опроса удовлетворенности клиентов и сотрудников банков, которые позволяют оценить используемые цифровые технологии с точек зрения обычного потребителя и банковского сотрудника, осуществляющего сопровождение данных технологий.

Анкета оценки удовлетворенности клиентов качеством цифровых технологий банка

Часть 1. Общая информация

Для интервьюера – укажите технологию и банк, в отношении которых будет проводиться анкетирование.

Вопросы для респондента (на вопросы нужно отвечать только «Да» или «Нет», развернутого ответа не требуется; за ответ «Да» ставится 1 балл, за «Нет» – 0 баллов).

А.1., Т.1. Удовлетворены ли вы полнотой реализации технологии: достаточно ли вам встроенного функционала для комфортной работы с технологией?

А.2. Соответствует ли технология вашим ожиданиям?

А.3. Отсутствуют ли аналоги данной технологии с тем же или лучшим функционалом на банковском рынке?

А.4. Как вы считаете, эта технология востребована на данный момент?

Л.1. Удовлетворены ли вы быстродействием технологии?

Л.2. Весь ли функционал данной технологии вам интуитивно понятен?

Л.3., Т.2. Удовлетворены ли вы временем отклика технологии на ваше действие (нет ли задержек между выбором какого-либо действия в программе и исполнением запроса)?

Л.4. Удовлетворены ли вы инструкцией по использованию технологии и/или онлайн-консультантом?

Т.3. Отсутствовали ли у вас за время пользования технологией критические ошибки, самопроизвольные закрытия программы?

Т.4. Считаете ли вы, что весь функционал технологии уместен?

Б.1. Удовлетворены ли вы применяемыми методами аутентификации?

Б.2. Считаете ли вы достаточным уровень безопасности данных, обеспечиваемый технологией?

Б.3. Есть ли у вас уверенность, что ваши данные не доступны третьим лицам?

Б.4. Считаете ли вы, что данная технология в полной мере обеспечивает сохранность ваших данных (были ли когда-либо потери данных)?

Часть 2. Оценка важности для клиента различных аспектов технологий

Пример заполнения анкеты удовлетворенности клиентов качеством цифровых технологий банка показан в табл. 2. Респондент в соответствующей графе, отражающей для него важность каждого аспекта технологии, должен поставить значок V.

Таблица 2. Пример заполнения анкеты удовлетворенности клиентов качеством цифровых технологий банка
Table 2. An example of filling out a customer satisfaction questionnaire with the quality of the bank's digital technologies

Аспект/степень важности	1. Не имеет особого значения, $k_{\text{важн}} = 0,2$	2. Важно в малой степени, $k_{\text{важн}} = 0,4$	3. Важно, но не является решающим фактором выбора технологии, $k_{\text{важн}} = 0,6$	4. Важно и является решающим фактором выбора технологии, $k_{\text{важн}} = 0,8$	5. Очень важно. При отсутствии данного параметра технология не будет рассматриваться к использованию, $k_{\text{важн}} = 1,0$
Актуальность технологии (графа А)					
1. Соответствие встроенного функционала современным потребностям			V		
2. Уникальность функционала		V			
3. Отсутствие полноценной альтернативы	V				
4. Востребованность технологии на банковском рынке				V	
Лояльность клиентов (графа Л)					
1. Быстрота отклика на действие пользователя					V
2. Интуитивно понятный интерфейс			V		
3. Оптимальное время отклика на действие пользователя; отсутствие подвисаний				V	
4. Наличие подробной инструкции по использованию технологии либо онлайн-консультанта	V				
Техническое качество технологии (графа Т)					
1. Наличие полного спектра функций				V	
2. Время отклика на действие пользователя				V	
3. Отсутствие самопроизвольных закрытий программы					V
4. Уместность функционала (отсутствие лишних функций)		V			
Уровень безопасности технологии (графа Б)					
1. Удобство применяемых методов аутентификации				V	
2. Наличие нескольких уровней защиты информации (например, пароль + SMS-код)			V		
3. Запрос подтверждения на каждое значимое действие (пароль/touch id/face id/ SMS -код)				V	
4. Отсутствие потерь данных					V
<p><i>Примечания</i></p> <p>1. $k_{\text{важн}}$ – коэффициент важности.</p> <p>2. Вопросы для респондента части 1 анкеты в своей нумерации имеют буквы А, Л, Т, Б, где А, Л – актуальность технологии и лояльность клиентов соответственно, Т, Б – техническое качество и уровень безопасности технологии соответственно. Каждая технология (если их несколько) подлежит отдельному опросу по части 1, часть 2 является универсальной для всех технологий.</p>					

Анкета оценки удовлетворенности сотрудников качеством цифровых технологий банка

Часть 1. Общая информация

Для интервьюера – укажите технологию и банк, в отношении которых будет проводиться анкетирование.

Вопросы для респондента (на вопросы нужно отвечать только «Да» или «Нет», развернутого ответа не требуется; за ответ «Да» ставится 1 балл, за ответ «Нет» – 0 баллов).

3.1. Удовлетворены ли вы затратами на разработку/закупку технологии?

3.2. Справился ли ваш банк с разработкой/закупкой технологии силами собственного IT-департамента без привлечения сторонних разработчиков?

3.3. Успешно ли технология интегрировалась с существующими в банке технологиями?

3.4. Потребовалось ли длительное обучение персонала пользованию и сопровождению технологии?

С.1. Способствовала ли технология появлению новых каналов взаимодействия с клиентами?

С.2. Присутствуют ли в технологии инструменты для аналитики продаж?

С.3. Присутствуют ли в технологии инструменты для фиксации взаимодействия с клиентами?

С.4. Присутствует ли в технологии централизованное хранилище данных о взаимодействии с клиентами?

Часть 2. Оценка важности для сотрудников различных аспектов технологий

Пример заполнения анкеты удовлетворенности сотрудников качеством цифровых технологий банка показан в табл. 3. Респондент в соответствующей графе, отражающей для него важность каждого аспекта технологии, должен поставить значок V.

Таблица 3. Пример заполнения анкеты удовлетворенности сотрудников качеством цифровых технологий банка

Table 3. An example of filling out a employee satisfaction questionnaire with the quality of the bank's digital technologies

Аспект/степень важности	1. Не имеет особого значения, $k_{важн} = 0,2$	2. Важно в малой степени, $k_{важн} = 0,4$	3. Важно, но не является решающим фактором выбора технологии, $k_{важн} = 0,6$	4. Важно и является решающим фактором выбора технологии, $k_{важн} = 0,8$	5. Очень важно. При отсутствии данного параметра технология не будет рассматриваться к использованию, $k_{важн} = 1,0$
Затраты на внедрение и сопровождение (графа 3)					
1. Низкие затраты на разработку/закупку технологии			V		
2. Отсутствие необходимости привлечения сторонних разработчиков для разработки/закупки технологии	V				
3. Успешная интеграция со всеми существующими в банке технологиями				V	
4. Отсутствие необходимости длительного обучения персонала пользованию и сопровождению технологии		V			
Способы обеспечения взаимодействия с клиентами (графа С)					
1. Появление новых каналов взаимодействия с клиентами после внедрения технологии			V		
2. Присутствие в технологии инструментов для аналитики продаж			V		
3. Присутствие в технологии инструментов для фиксации взаимодействия с клиентами			V		
4. Присутствие в технологии централизованного хранилища данных о взаимодействии с клиентами					V
<p><i>Примечание</i> – Вопросы для респондента части 1 анкеты в своей нумерации имеют буквы З, С, где З – затраты на внедрение и сопровождение технологии, С – способы обеспечения взаимодействия с клиентами. Каждая технология (если их несколько) подлежит отдельному опросу по части 1, часть 2 является универсальной для всех технологий.</p>					

Расчет системы показателей удовлетворенности клиентов и сотрудников качеством цифровых технологий банка

В процессе исследования на основе индексных и комплексных методов (аддитивный, мультипликативный, векторного развития), экспертных оценок, подходов к оценке лояльности клиентов и сотрудников [8] сформирована система показателей оценки удовлетворенности клиентов и сотрудников качеством внедренных за исследуемый период цифровых технологий. Экономический показатель E – показатель адекватности затрат на разработку/закупку и внедрение, сопровождающие цифровой технологии – определяется по формуле

$$E = \frac{k_{\text{важн},3_1} \cdot \text{отв}_{3_1} + k_{\text{важн},3_2} \cdot \text{отв}_{3_2} + k_{\text{важн},3_3} \cdot \text{отв}_{3_3} + k_{\text{важн},3_4} \cdot \text{отв}_{3_4}}{k_{\text{важн},3_1} + k_{\text{важн},3_2} + k_{\text{важн},3_3} \cdot k_{\text{важн},3_4}}, \quad (1)$$

где $\text{отв}_{3_{1-4}}$ – процент положительных ответов на вопросы графы 3 части 1 анкеты для сотрудника (табл. 3); $k_{\text{важн},3_{1-4}}$ – коэффициент важности показателя, описанного в вопросе графы 3 части 2 анкеты для сотрудника (табл. 3).

Показатель удовлетворенности техническим качеством цифровой технологии Т запишется в виде

$$T = \frac{k_{\text{важн},T_1} \cdot \text{отв}_{T_1} + k_{\text{важн},T_2} \cdot \text{отв}_{T_2} + k_{\text{важн},T_3} \cdot \text{отв}_{T_3} + k_{\text{важн},T_4} \cdot \text{отв}_{T_4}}{k_{\text{важн},T_1} + k_{\text{важн},T_2} + k_{\text{важн},T_3} \cdot k_{\text{важн},T_4}}, \quad (2)$$

где $\text{отв}_{T_{1-4}}$ – процент положительных ответов на вопросы графы Т части 1 анкеты для клиента (табл. 2); $k_{\text{важн},T_{1-4}}$ – коэффициент важности показателя, описанного в вопросе графы Т части 2 анкеты для клиента (табл. 2).

Показатель безопасности цифровой технологии Б определяется по формуле

$$B = \frac{k_{\text{важн},B_1} \cdot \text{отв}_{B_1} + k_{\text{важн},B_2} \cdot \text{отв}_{B_2} + k_{\text{важн},B_3} \cdot \text{отв}_{B_3} + k_{\text{важн},B_4} \cdot \text{отв}_{B_4}}{k_{\text{важн},B_1} + k_{\text{важн},B_2} + k_{\text{важн},B_3} \cdot k_{\text{важн},B_4}}, \quad (3)$$

где $\text{отв}_{B_{1-4}}$ – процент положительных ответов на вопросы графы Б части 1 анкеты для клиента (табл. 2); $k_{\text{важн},B_{1-4}}$ – коэффициент важности показателя, описанного в вопросе графы Б части 2 анкеты для клиента (табл. 2).

Показатель лояльности клиентов Л запишется в виде

$$L = \frac{k_{\text{важн},L_1} \cdot \text{отв}_{L_1} + k_{\text{важн},L_2} \cdot \text{отв}_{L_2} + k_{\text{важн},L_3} \cdot \text{отв}_{L_3} + k_{\text{важн},L_4} \cdot \text{отв}_{L_4}}{k_{\text{важн},L_1} + k_{\text{важн},L_2} + k_{\text{важн},L_3} \cdot k_{\text{важн},L_4}}, \quad (4)$$

где $\text{отв}_{L_{1-4}}$ – процент положительных ответов на вопросы графы Л части 1 анкеты для клиента (табл. 2); $k_{\text{важн},L_{1-4}}$ – коэффициент важности показателя, описанного в вопросе графы Л части 2 анкеты для клиента (табл. 2).

Показатель актуальности цифровой технологии А определяется по формуле

$$A = \frac{k_{\text{важн},A_1} \cdot \text{отв}_{A_1} + k_{\text{важн},A_2} \cdot \text{отв}_{A_2} + k_{\text{важн},A_3} \cdot \text{отв}_{A_3} + k_{\text{важн},A_4} \cdot \text{отв}_{A_4}}{k_{\text{важн},A_1} + k_{\text{важн},A_2} + k_{\text{важн},A_3} \cdot k_{\text{важн},A_4}}, \quad (5)$$

где $\text{отв}_{A_{1-4}}$ – процент положительных ответов на вопросы графы А части 1 анкеты для клиента (табл. 2); $k_{\text{важн},A_{1-4}}$ – коэффициент важности показателя, описанного в вопросе графы А части 2 анкеты для клиента (табл. 2).

Показатель эффективности инструментов цифровой технологии для взаимодействия с клиентом С запишется в виде

$$C = \frac{k_{\text{важн},C_1} \cdot \text{отв}_{C_1} + k_{\text{важн},C_2} \cdot \text{отв}_{C_2} + k_{\text{важн},C_3} \cdot \text{отв}_{C_3} + k_{\text{важн},C_4} \cdot \text{отв}_{C_4}}{k_{\text{важн},C_1} + k_{\text{важн},C_2} + k_{\text{важн},C_3} \cdot k_{\text{важн},C_4}}, \quad (6)$$

где $отв_{C_{1-4}}$ – процент положительных ответов на вопросы графы С части 1 анкеты для сотрудника (табл. 3); $k_{важн, C_{1-4}}$ – коэффициент важности показателя, описанного в вопросе графы С части 2 анкеты для сотрудника (табл. 3).

На основе системы показателей оценки удовлетворенности клиентов и сотрудников качеством внедренных за исследуемый период цифровых технологий авторами разработан обобщающий показатель удовлетворенности, рассчитываемый методом векторного развития [8], который уместно использовать для вычисления комплексных показателей:

$$K = \sqrt{\frac{E^2 + T^2 + B^2 + Л^2 + A^2 + C^2}{6}}. \quad (7)$$

В свою очередь, показатель оценки удовлетворенности клиентов и сотрудников цифровыми технологиями и услугами банка K_{dig} за исследуемый период предлагается рассчитывать как среднее арифметическое обобщающих показателей удовлетворенности качеством цифровых технологий, внедренных в исследуемый период, в связи с тем, что удовлетворенность клиентов и сотрудников цифровыми технологиями и услугами банка напрямую зависит от их удовлетворенности каждой цифровой технологией банка:

$$K_{dig} = \frac{K_1 + K_2 + K_n}{n}, \quad (8)$$

где n – количество цифровых технологий, внедренных за исследуемый период.

Для вербальной оценки уровня удовлетворенности клиентов и сотрудников цифровыми технологиями и услугами банка предлагается использовать интервалы изменения K_{dig} , представленные в табл. 4.

Таблица 4. Интервалы изменения показателя удовлетворенности клиентов и сотрудников цифровыми технологиями и услугами банка

Table 4. Intervals of change in the indicator of customer and employee satisfaction with digital technologies and bank services

Интервал изменения K_{dig}	Вербальная оценка
$[0; 0,5)$	Плохое качество/неудовлетворенность
$[0,5; 0,75)$	Удовлетворительное качество/средняя степень удовлетворенности
$[0,75; 1]$	Хорошее качество/высокая степень удовлетворенности

Все показатели удовлетворенности (формулы (1)–(8)) являются относительными величинами и принимают значения в интервале $(0; 1]$. Чем больше значение обобщающего показателя удовлетворенности качеством цифровой технологии (формула (7)) и цифровыми технологиями и услугами банка в целом (формула (8)), тем большим потенциалом обладает банк на увеличение своих позиций по ключевым направлениям деятельности по отношению к другим банкам страны.

Результаты исследований и их обсуждение

В процессе исследования разработана методика оценки удовлетворенности клиентов и сотрудников цифровыми технологиями и услугами банка. Представим ее по шагам.

Шаг 1. Формирование перечня показателей и критериев оценки качества банковских цифровых технологий.

Шаг 2. Определение взаимосвязи между показателями и критериями оценки, сформированными на шаге 1.

Шаг 3. Сбор сведений об удовлетворенности клиентов и сотрудников качеством каждой отдельно взятой цифровой технологии, внедренной за исследуемый период, и оправданности ее внедрения путем анкетирования клиентов и сотрудников банка.

Шаг 4. Разработка и расчет системы показателей оценки удовлетворенности клиентов и сотрудников качеством внедренных за исследуемый период цифровых технологий.

Шаг 5. Разработка и расчет обобщающего показателя удовлетворенности клиентов и сотрудников качеством каждой цифровой технологии, внедренной за исследуемый период.

Шаг 6. Разработка и расчет обобщающего показателя удовлетворенности клиентов и сотрудников цифровыми технологиями и услугами банка за исследуемый период.

Шаг 7. Вербальная оценка уровня удовлетворенности клиентов и сотрудников цифровыми технологиями и услугами банка.

Шаг 8. Анализ полученных результатов и формирование аналитических выводов.

Заключение

1. Изучение проблем оценки удовлетворенности клиентов и сотрудников банков показало, что подобный анализ может быть полезным дополнением к комплексной оценке эффективности цифровизации банковской деятельности Республики Беларусь. Он позволяет проводить не только количественную оценку финансовых показателей, но и качественную (вербальную) оценку удовлетворенности клиентов и сотрудников качеством цифровизации, так как вербальная оценка, получаемая в результате данного анализа, может быть полезна для анализа спроса потребителей на различные виды цифровых технологий и прогнозирования их спроса в будущем, что поможет в принятии решений касательно инвестиционной стратегии банками страны на будущий период, основываясь не только на финансовых показателях, и в достижении банками конкурентных преимуществ (поскольку повышение лояльности потребителей в настоящем непременно приведет к повышению прибыли в будущем). Это положительно скажется на работе банковской системы Республики Беларусь в целом.

2. Научная новизна разработанной методики заключается в комплексном подходе к оценке удовлетворенности клиентов и сотрудников с учетом специфики работы банков Беларуси и всех основных аспектов цифровизации, актуальных для банков республики. Методика может быть применена любой финансовой и нефинансовой организацией, в деятельности которой используются цифровые технологии для оценки преимуществ и недостатков используемых цифровых технологий с точки зрения потребителя.

Список литературы

1. Забродская, К. А. Инфокоммуникационные технологии как фактор обеспечения инновационной конкурентоспособности банков на рынке безналичных расчетов / К. А. Забродская, М. С. Хроменкова // *Вестник Беларускага дзяржаўнага эканамічнага ўніверсітэта*. 2016. № 4. С. 28–37.
2. Нехорошева, Л. Н. Новые модели и инструменты повышения конкурентоспособности предприятий в условиях интеллектуализации экономики / Л. Н. Нехорошева, Ю. В. Нечепуренко // *Инновационное развитие через рынок интеллектуальной собственности: сб. докл., докум. и матер. XII Междунар. форума, г. Москва, 30 октября 2020 г. М.: Издание РНИИС, 2020. С. 290–296.*
3. Ештокин, С. В. Оценка конкурентоспособности банка в цифровой экономике: количественный и качественный подходы / С. В. Ештокин // *Beneficium*. 2021. Т. 38, № 1. С. 16–27.
4. Жданович, В. В. Стратегии и модели банковской деятельности в условиях развития цифровых технологий / В. В. Жданович // *Экономика и предпринимательство*. 2020. № 2. С. 838–841.
5. Корнева, О. А. Стратегическое планирование в коммерческом банке / О. А. Корнева // *Экономика, управление, финансы: матер. VIII Междунар. науч. конф.* 2018. № 1. С. 69–73.
6. Вишнякова, Ю. В. Строительные растворы с карбонатосодержащим наполнителем из вторичного продукта водоподготовки / Ю. В. Вишнякова. Минск, 2014.
7. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь: СТБ ISO 9000–2015. Введ. 01.03.2016. Минск: Госуд. комитет по стандар. Респ. Беларусь, 2016.
8. Меркулова, Ю. В. Теория и методология синтеза стратегий на основе векторного анализа / Ю. В. Меркулова // *Фундаментальные исследования*. 2021. № 5. С. 46–53.

References

1. Zabrodskaya K. A., Khromenkova M. S. (2016) Infocommunication Technologies as a Factor in Ensuring the Innovative Competitiveness of Banks in the Market of Non-Cash Payments. *Belarusian State Economic University Bulletin*. (4), 28–37 (in Russian).
2. Nekhorosheva L. N., Nечepurenko Yu. V. (2020) New Models and Tools for Increasing the Competitiveness of Enterprises in the Conditions of Intellectualization of the Economy. *Innovative Development Through the Intellectual Property Market: Collection. Reports, Documents and Materials of the XII International Forum, Moscow, Oct. 30*. Moscow, Publishing House RNIIS. 290–296 (in Russian).

3. Eshtokin S. V. (2021) Assessment of the Bank Competitiveness in the Digital Economy: Quantitative and Qualitative Approaches. *Beneficium*. 38 (1), 16–27 (in Russian).
4. Zhdanovich V. V. (2020) Strategies and Models of Banking Activities in the Context of the Development of Digital Technologies. *Economics and Entrepreneurship*. (2), 838–841 (in Russian).
5. Korneva O. A. (2018) Strategic Planning in a Commercial Bank. *Economics, Management, Finance: Materials of the VIII International. Scientific Conf.* (1), 69–73 (in Russian).
6. Vishnyakova Yu. V. (2014) *Construction Mortars with Carbonate-Containing Filler from a Secondary Water Treatment Product*. Minsk (in Russian).
7. STB ISO 9000–2015. *Quality Management Systems. Basic Provisions and Vocabulary*. Minsk, State Committee for Standardization of the Republic of Belarus, 2016 (in Russian).
8. Merkulova Yu. V. (2021) Theory and Methodology of Strategy Synthesis Based on Vector Analysis. *Fundamental Research*. (5), 46–53 (in Russian).

Вклад авторов

Шумский Д. С. разработал показатели и критерии оценки качества банковских цифровых технологий, анкеты оценки удовлетворенности клиентов и сотрудников качеством цифровых технологий банка, сформировал систему показателей удовлетворенности клиентов и сотрудников качеством цифровых технологий банка, разработал методику оценки удовлетворенности клиентов и сотрудников цифровыми технологиями и услугами банка, подготовил рукопись статьи.

Сосновский О. А. проанализировал прикладные исследования, посвященные оценке лояльности потребителей, цифровой конкурентоспособности и эффективности функционирования организаций, установил взаимосвязь между данными показателями, осуществил постановку задачи для проведения исследования, обобщил полученные результаты, выделил их научную новизну.

Authors' contribution

Shumsky D. S. developed indicators and criteria for assessing the quality of banking digital technologies, questionnaires for assessing customer and employee satisfaction with the quality of the bank's digital technologies, formed a system of indicators of customer and employee satisfaction with the quality of the bank's digital technologies, developed a methodology for assessing customer and employee satisfaction with the bank's digital technologies and services, and prepared the manuscript of the article.

Sosnovsky O. A. analyzed applied research devoted to assessing a consumer loyalty, digital competitiveness and the operational efficiency of organizations, established the relationship between these indicators, formulated the task for conducting the research, summarized the results obtained, and highlighted their scientific novelty.

Сведения об авторах

Шумский Д. С., выпускник асп. каф. информационных технологий, Белорусский государственный экономический университет

Сосновский О. А., доц. каф. экономической информатики, Белорусский государственный экономический университет

Адрес для корреспонденции

220070, Республика Беларусь,
г. Минск, Партизанский просп., 26
Белорусский государственный
экономический университет
Тел.: +375 33 328-26-35
E-mail: dmitriyshumskiy123@yandex.ru
Шумский Дмитрий Сергеевич

Information about the authors

Shumsky D. S., Graduate Student at the Department of Information Technologies, Belarus State Economic University

Sosnovsky O. A., Associate Professor at the Department of Economic Informatics, Belarus State Economic University

Address for correspondence

220070, Republic of Belarus,
Minsk, Partizansky Ave., 26
Belarus State
Economic University
Tel.: +375 33 328-26-35
E-mail: dmitriyshumskiy123@yandex.ru
Shumsky Dmitriy Sergeevich



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-14-21>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 339.138:004.738.5

ОЦЕНКА УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВЫМ МАРКЕТИНГОМ В РАБОТЕ КОМПАНИЙ

Т. Д. КОЛОДНИК

Белорусский государственный экономический университет (г. Минск, Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 15.03.2024

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

Аннотация. Проведена оценка управления цифровым маркетингом в работе компаний, а именно – соответствия внутренних ресурсов механизмам цифровой трансформации в маркетинге. Рассмотрены подход к цифровой трансформации систем маркетинга и принципы управления цифровым маркетингом. Отмечено, что управление цифровым маркетингом неотделимо от непрерывного процесса развития функций системы маркетинга. Для анализа методов цифрового маркетинга предложены этапы, на основе которых разработана методика расчета индекса управления маркетингом в работе компаний. Показатели эффективности коммуникаций цифрового маркетинга предлагается разделять на стратегические, аналитические и оперативные, объединять в классы в соответствии с методами. По итогу оценки управления цифровым маркетингом сделан вывод, что теоретической основой экономического успеха многих компаний является профессиональная гибкость специалистов топ-менеджмента и отделов маркетинга.

Ключевые слова: цифровой маркетинг, система маркетинга, методика управления цифровым маркетингом.

Благодарность. Автор выражает благодарность заведующему кафедрой маркетинга факультета маркетинга и логистики Белорусского государственного экономического университета Вадиму Сергеевичу Голику за консультацию.

Для цитирования. Колодник, Т. Д. Оценка управления цифровым маркетингом в работе компаний / Т. Д. Колодник // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 3. С. 14–21. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-14-21>.

ASSESSMENT OF DIGITAL MARKETING MANAGEMENT IN COMPANIES

TATIANA D. KOLODNIK

Belarus State Economic University (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 15.03.2024

Abstract. An assessment of digital marketing management in the work of companies was carried out – namely, the compliance of internal resources with the mechanisms of digital transformation in marketing. The approach to the digital transformation of marketing systems and the principles of digital marketing management are considered. It is noted that digital marketing management is inseparable from the continuous process of developing the functions of the marketing system. The stages are proposed, on the basis of which a methodology for calculating the marketing management index in the work of companies is developed in order to analyze the digital marketing methods. It is proposed to divide the performance indicators of digital marketing communications into strategic, analytical and operational, and combine them into the classes in accordance with the methods. Based on the results of the assessment of digital marketing management, it is concluded that the theoretical basis for the economic success of many companies is the professional flexibility of top management specialists and marketing departments.

Keywords: digital marketing, marketing system, digital marketing management techniques.

Conflict of interests. The author declares no conflict of interests.

Gratitude. The author expresses gratitude to the head of the Marketing Department of the Faculty of Marketing and Logistics of the Belarusian State Economic University, Vadim Sergeevich Golik, for consulting.

For citation. Kolodnik T. D. (2024) Assessment of Digital Marketing Management in Companies. *Digital Transformation*. 30 (3), 14–21. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-14-21> (in Russian).

Введение

В настоящее время цифровой маркетинг представляет специальную область знаний и важную функцию экономического развития. Использование в маркетинге цифровых технологий повлияло на создание новых моделей бизнеса и коммерции и позволило снизить издержки. Современный этап развития маркетинга предполагает реорганизацию и создание бизнес-процессов, способных уменьшать конкуренцию. Решительное применение цифровых технологий, включая маркетинг, демонстрируют сформированные бизнесы и системы транснациональной коммерции. Конкурентные преимущества прочно закрепились за многими зарубежными компаниями, сумевшими стать монополистами на разных рынках. Среди них – ведущие технологические гиганты Google, Microsoft, Oracle и другие, компании в сферах продаж и цифрового сервиса – Alibaba, eBay, Amazon, Uber, Booking, Apple, Android и др.

Цифровой маркетинг формирует разные методики исследований и тактик активных продвижений. Это позволяет выделить среди аудиторий потенциальных потребителей и в короткий срок прорекламировать компанию и/или продукты. Минимум затрат на основание и проведение цифровых рекламных кампаний усиливает востребованность и популярность такого маркетинга. Многие субъекты экономической деятельности стремятся направить коммуникации цифрового маркетинга на усиление заинтересованностей и расширение рынков.

Кроме того, цифровой маркетинг позволяет удешевить логистику, снизить издержки на транзакции, дифференцировать цены. Сегодня такой маркетинг раскрывается как инновационная траектория, которая активно формируется с применением интеллектуальных и цифровых ресурсов. Еще недавно под управлением цифровым маркетингом понимали веб-аналитику, SMM, профильную автоматизацию и использование инструментов сервисов цифровых рекламаций. Сегодня – это формирование системы взглядов, которые определяют управленческие концепции и, как рыночные гипотезы, могут становиться стратегически эффективными.

Механизм цифровой трансформации в маркетинге

Развитие компании предполагает усиление корпоративного сознания, охватывающего множество процессов, включая брендинг. В этой связи цифровой маркетинг можно рассматривать как одну из ведущих сил. Управление цифровым маркетингом – влиятельный процесс, способный задать вектор развития. Вместе с тем теоретические аспекты трансформации процесса управления маркетинговой деятельностью в цифровой экономике изучены недостаточно [1, с. 129].

Механизм цифровой трансформации в маркетинге, как правило, направлен на улучшение профильной деятельности и может основываться на процессах автоматизации операций, приложений точек цифровых контактов с потребителями в офлайн- и онлайн-пространствах. С помощью такого механизма можно планировать получение аналитики, усиление внимания и понимания потребителей для персональных обращений, развитие форм и методов взаимодействий, реагирования и укрепления отношений (рис. 1). Формирование управленческих концепций, которые могут стать эффективными, предполагает внимание компаний к внутренним ресурсам (рис. 1), представленных как потенциал кадров, включая специалистов отделов маркетинга. В крупных компаниях механизм цифровой трансформации в маркетинге может предполагать анализ больших данных, использование технологий искусственного интеллекта, машинного обучения и иных новшеств. И поскольку этот механизм основан на потенциале специалистов отделов маркетинга, их компетенции должны соответствовать уровню цифрового развития экономики и предполагать формирование культуры, принципами которой будут являться стремления к инновациям и саморазвитие. Чтобы решать вопросы экономии и развиваться, компаниям стоит усиливать компетенции маркетологов.

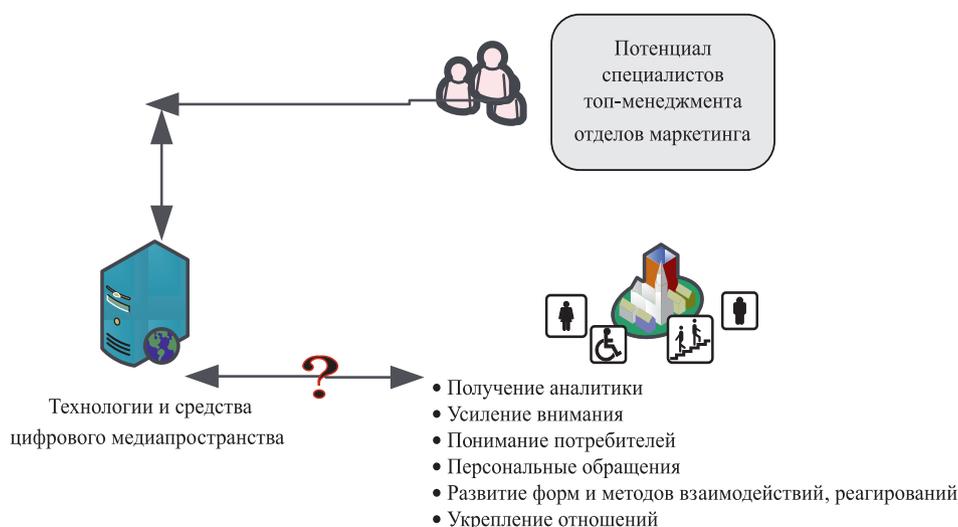


Рис. 1. Механизм цифровой трансформации в маркетинге
Fig. 1. The mechanism of digital transformation in marketing

Управление цифровым маркетингом неотделимо от непрерывного процесса развития функций системы маркетинга. Соответственно контроль за указанным процессом также должен быть постоянным, что требует внимания к инструментам кадрового рекрутинга и маркетингового менеджмента. Указанные инструменты позволят подобрать и расставить кадры, что скажется на оптимизации процессов, адаптации к изменениям рынков. Поэтому ускоренное развитие многих крупных монополий можно рассматривать сквозь призму приложения рекрутинга и менеджмента. Закрепление специалиста, ответственного за управление цифровым маркетингом, наделенного комплементарными компетенциями (экономическими, математическими и технологическими), может повлиять на эффект экономической деятельности компании. И поскольку специалисты топ-менеджмента в отделах маркетинга решают множественные задачи, результаты их работы должны передавать объективные и достижимые показатели, которые смогут знакомить с метриками, являющимися ориентирами достижения целей. Так, налаженные внутренние коммуникации между специалистами позволяют не только оперативно обмениваться информацией, но и формировать отчетность. Последняя может иметь смысл для основания и оптимизации кампаний маркетинга. Например, можно отслеживать поведение потребителей в разрезах интервалов времени, что позволит выявить подходы к их удержанию.

Подход к цифровой трансформации систем маркетинга

Управление маркетингом, включая цифровой, неразрывно от укрепления рыночных связей и включает подсистемы средств, информации и управления. Развитие подсистем предполагает усиление возможностей для модификации формул маркетинга, например, основной – 4«Р» – создание актуальных продуктов, назначение цен, определение мест размещения информации и элементов продвижения.

Маркетинговая направленность коммуникаций для компаний и потребителей решает единую задачу – информирование о продуктах и создание заинтересованных отношений, которые приведут, в конечном счете, к взаимовыгодной сделке – удовлетворению потребностей покупателей и получению прибыли (продаже товаров) [2, с. 31]. Для усиления заинтересованных отношений с потребителями компании стремятся использовать инновационные методы и тестируют цифровые идеи, адаптируют возможности мобильных компьютерных устройств. На практике большинство компаний нуждается в трансформации подсистем управления маркетингом. Последние объясняют развитые информационные потоки и комплексные отношения, которые передают маркетинговые коммуникации, способные определить результат экономической деятельности. Исходя из общности стратегий и важности результата, в компаниях работа подразделений (исследовательских, сервисных, рекламных и иных) должна быть согласована с управлением маркетингом, включая цифровой. С точки зрения управления цель цифровой трансформации систем маркетинга видится субъективной, поскольку, прежде всего, зависит от специфики деятельности

и особенностей приложения цифровых технологий. Данная цель вводится для организации подходов к стратегическому развитию.

Цифровая трансформация системы маркетинга может стать основой для модификации бизнес-модели и способна усиливать ценность компании и продуктов. На рис. 2 показан подход к цифровой трансформации системы маркетинга на основе переустройства связанных подсистем: управления, средств и информации.

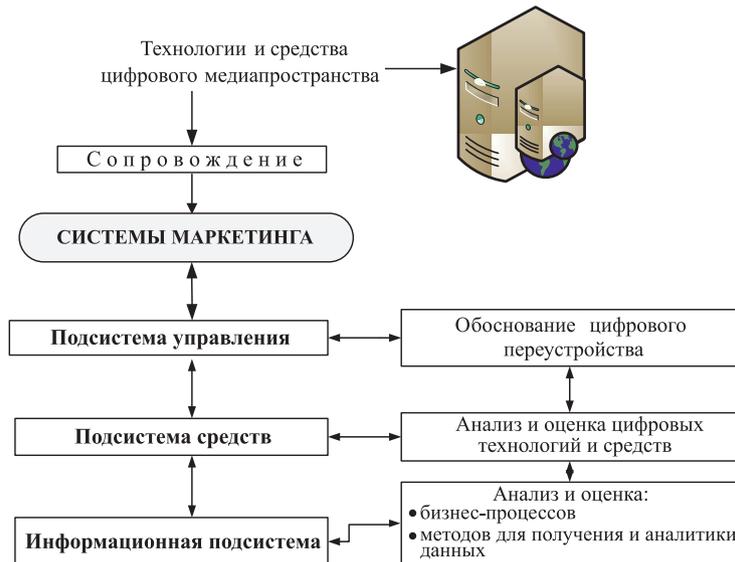


Рис. 2. Цифровая трансформация системы маркетинга
Fig. 2. Digital transformation of the marketing system

Динамика цифровой трансформации подсистем маркетинга (рис. 2), как и эффект от исполнения, в разных компаниях не могут быть одинаковыми. На рис. 3 показан пример схемы для управления цифровым маркетингом в работе компании.



Рис. 3. Схема управления цифровым маркетингом
Fig. 3. Digital marketing management framework

Однако задачи данной трансформации видятся схожими и определены стремлениями получать доход на основе удовлетворений существующих запросов. Для организации цифровой трансформации системы маркетинга можно определить взаимосвязанные параметры:

- компетенции специалистов топ-менеджмента, устанавливающие возможности для приложения технологий и средств цифрового медиапространства;
- доступность технологий и средств указанного пространства.

Технологии и средства способны усиливать системы маркетинга с учетом кадрового ресурсного потенциала, позволяющего инвестировать в технологии и средства цифрового медиапространства.

Принципы управления цифровым маркетингом

Для достижения результата экономической деятельности компании должны быть внимательны, использовать интуицию и генерировать идеи. В управлении цифровым маркетингом важны анализ рыночного окружения и внутренней среды, внимание к цифровой трансформации систем маркетинга, выбору стратегий и тактик рыночного поведения, также требуется учитывать организационные, технико-технологические и социальные условия. Общие подходы к формированию коммуникаций цифрового маркетинга можно группировать и передать как принципы управления цифровым маркетингом (табл. 1).

Таблица 1. Принципы управления цифровым маркетингом
Table 1. Digital marketing management principles

Принцип управления цифровым маркетингом	Подход к формированию коммуникаций
Актуальность	Планирует соответствие процессов уровню цифрового развития и запросам рынков
Эластичность	Означает возможность основания гибких коммуникаций в соответствии с условиями изменений рынков
Персонализация	Основана на внимании к запросам потребителей для персональных обслуживаний с использованием функциональных возможностей цифровых каналов и инструментов
Выгода	Предполагает взаимовыгодные отношения (например, производителей, продавцов и потребителей)
Получение информации	Рассчитывает получение актуальной, достоверной, объективной, релевантной, полной, надежной и своевременной информации
Прогнозы и стратегии	Организованы на изучении и охватах рынков, анализе ресурсов, использовании бенчмаркинга

Принципы управления цифровым маркетингом (табл. 1) основаны на внимании к профильным коммуникациям и предполагают системный подход, поскольку интегрируют классический маркетинг и цифровой. Следует отметить, что управление цифровым маркетингом планирует ряд взаимосвязанных процедур (рис. 3), в числе которых:

- изучение аудиторий,
- выбор цифровых каналов,
- организация комплексов маркетинга;
- контроль эффективности коммуникаций и др.

Процедуры управления цифровым маркетингом стоит согласовывать с уровнем развития компании. Вместе с тем такие процедуры должны быть эластичными по отношению к условиям изменчивых рынков.

Этапы основания и анализа методов цифрового маркетинга

Рассмотрим этапы, которые могут быть определены для основания и анализа методов цифрового маркетинга, к числу которых отнесем приведенные на рис. 4. Перечисленные на рис. 4 этапы можно применить для основания интегрированной методики, которая позволит рассчитать индекс управления цифровым маркетингом (digital marketing management index, DMMI) в компании.



Рис. 4. Этапы для основания и анализа методов цифрового маркетинга

Fig. 4. Steps for founding and analyzing the digital marketing methods

Методика расчета индекса управления цифровым маркетингом

Для основания интегрированной методики расчета индекса управления цифровым маркетингом необходимо учитывать ряд показателей, состав которых может быть передан детально. Данный индекс будет базироваться на интеграции внутренних показателей, как процедур и особенностей состава этапов, предназначенных для основания и анализа методов цифрового маркетинга. В этом случае каждому этапу можно присвоить коэффициент взвешивания – удельный вес, который может быть вариативным (дифференцированным) и определяться исходя из процедур и особенностей формирования (табл. 2). Расчет индекса управления можно выполнить с помощью несложной иерархической модели, предназначенной для определения удельного веса этапов для основания и анализа методов цифрового маркетинга (табл. 2).

Таблица 2. Взвешивание этапов для основания и анализа методов цифрового маркетинга как расчет индекса управления данной деятельностью

Table 2. Weighing the stages for the foundation and analysis of the digital marketing methods as a calculation of the management index of this activity

Этап	Наименование этапа	Удельный вес, %
1	Разграничение направлений маркетинга для приложения цифровых технологий и средств, в рамках которых планируется развитие указанной деятельности	8,3
2	Выбор цифровых каналов и инструментов для развития определенных направлений маркетинга	8,3
3	Оценка ресурсного потенциала цифровых каналов и инструментов, а также компетенций профильных специалистов для цифрового развития маркетинга	16,6
4	Установление расхождений в ресурсном потенциале, включая компетенции профильных специалистов	16,6
5	Основание методов приложения цифровых каналов и инструментов для развития направлений маркетинга	24,9
6	Анализ показателей эффективности KPI как аудит результативности методов и развития направлений маркетинга	24,9
Итого		100,0

Формулу расчета DMMI можно основать на внимании к процедурам формирования методов цифрового маркетинга

$$DMMI = \text{Stage 1} + \text{Stage 2} + \text{Stage 3} + \text{Stage 4} + \text{Stage 5} + \text{Stage 6}. \quad (1)$$

В данном случае DMMI будет численно равен взвешенной сумме этапов, предназначенных для основания и анализа KPI. Представленный расчет – один из примеров подхода к формированию индекса управления цифровым маркетингом

$$DMMI = \sum_{k=1}^6 S_k = 100 \%, \quad (2)$$

где S_k – удельный вес этапа основания и анализа методов цифрового маркетинга

Заметим, что в рамках формирования индекса управления цифровым маркетингом могут решаться различные подчиненные задачи, поэтому рейтинг этапа, предназначенного для основания и анализа методов цифрового маркетинга, видится как вариативный. Показатель данного рейтинга может измениться с учетом модификации подхода к исполнению этапа.

Представленная методика может быть дополнена или изменена. Соответственно процедуры детализации этапов для основания и анализа методов цифрового маркетинга стоит рассматривать как усиление подхода к расчету DMMI.

Методика может быть полезной для профильного аудита, например, для уяснения эффекта от исполнения определенных этапов в ее составе. Кроме этого, данная методика направлена на усиление гибкости маркетингового мышления специалистов топ-менеджмента компаний в условиях динамики рынков. К преимуществам расчета индекса управления можно отнести доступность исполнения, а к ограничениям то, что взвешивание этапов для основания и анализа методов цифрового маркетинга сложно передать в стоимостном выражении.

Чтобы оценивать эффект управления цифровым маркетингом, следует уделять внимание используемым методам. Аудит результата комплексных мероприятий цифрового маркетинга – непростая задача, которая предполагает отслеживание эффекта исполнения различных мер. Данный аудит основывается на получении разрозненных показателей, передающих эффект от исполнения KPI (табл. 3).

Таблица 3. Каналы и показатели эффективности коммуникаций цифрового маркетинга
Table 3. Channels and performance indicators of digital marketing communications

Канал цифрового маркетинга	Показатель эффективности коммуникаций
Цифровые трансляционные технологии	Стоимость привлечения клиента, охват, количество показов, LTV (за период взаимодействий), CPA (стоимость одного привлечения) и др.
Мобильные технологии передачи данных	CTR (кликабельность), CPA, RCP (сумма одного клика), комментарии, репосты, SMS, MMS и др.
Локальные сетевые технологии	CTR, трафик, стоимость клика, CPA, RCP, средний чек (AOV), комментарии, охваты, репосты и др.
Интернет-технологии	CPC (стоимость клика), CTR, трафик, процент отказов, возвратов, CR (коэффициент конверсии), CPL (стоимость лида), AOV, RCP, ER (коэффициент вовлеченности), комментарии, охваты, репосты и др.
Цифровой офлайн-канал	Коэффициент вовлеченности, показы, LTV, CPA и др.

KPI, приведенные в табл. 3, можно разделить на стратегические, аналитические и оперативные, а также объединять в классы в соответствии с коммуникационными, конверсионными и экономическими методами. Разрозненные KPI данного маркетинга могут применяться для основания авторских методик (интегрированных и/или групповых).

В крупных компаниях формированию системной оценки от исполнения комплексных мероприятий цифрового маркетинга уделяется больше внимание, поскольку эффект приложения технических и программных средств в маркетинге отслеживают команды специалистов, что позволяет получать точную аналитику. К примеру – учет конверсий на основе специальных и гибких цифровых онлайн-инструментов выделения целевых аудиторий. В этой связи методы оценки эффективности цифрового маркетинга должны быть известными на этапах основания профильных

коммуникаций. Использование цифровизации упрощает возможности управления компаниями и в случае цифрового маркетинга позволяет спрогнозировать эффект на этапах планирования профильных коммуникаций.

Результаты исследований и их обсуждение

Оценка управления цифровым маркетингом позволяет заключить, что данный маркетинг может являться исходным звеном в развитии компании. Для усиления экономической деятельности можно применять следующие аспекты управления цифровым маркетингом:

- механизм цифровой трансформации в маркетинге;
- подход к цифровой трансформации профильных систем;
- принципы управления цифровым маркетингом;
- этапы для основания и анализа методов цифрового маркетинга;
- методику расчета индекса управления цифровым маркетингом.

При управлении цифровым маркетингом теоретической основой успеха является профессиональная гибкость специалистов топ-менеджмента отделов маркетинга. И поскольку новые рынки возникают неожиданно (Booking, Amazon, Uber и др.), принятие управленческих решений во многом зависит от неординарного мышления специалистов компаний, формулирующих и доказывающих экономические гипотезы.

Заключение

Предложены этапы, на основе которых разработана методика расчета индекса управления цифровым маркетингом в работе компаний. Управление данным маркетингом, как и традиционным, предполагает анализ рынков и среды маркетинга, применяемых технологий, а также учреждение комплексов маркетинга и контроль эффективности используемых коммуникаций.

Список литературы

1. Багиев, Г. К. К вопросу формирования и совершенствования цифровой платформы организации и управления маркетинговой деятельностью фирмы: проблемы и задачи / Г. К. Багиев, М. Б. Яненко, М. Е. Яненко // Проблемы маркетинга. Логистика. 2022. Т. 17, № 4. С. 127–132.
2. Шевченко, Д. А. Цифровой маркетинг: обзор каналов и инструментов / Д. А. Шевченко // Практический маркетинг. 2019. № 10. С. 29–37.

References

1. Bagiev G. K., Yanenko M. B., Yanenko M. E. (2022) On the Issue of Forming and Improving the Digital Platform for Organizing and Managing the Company's Marketing Activities: Problems and Tasks. *Problems of Marketing. Logistics*. 17 (4), 127–132 (in Russian).
2. Shevchenko D. A. (2019) Digital Marketing: Review of Channels and Tools. *Practical Marketing*. (10), 29–37 (in Russian).

Сведения об авторе

Колодник Т. Д., соискатель кафедры маркетинга, Белорусский государственный экономический университет

Адрес для корреспонденции

220070, Республика Беларусь,
г. Минск, просп. Партизанский, 26
Белорусский государственный
экономический университет
Тел.: +375 29 767-71-60
E-mail: tatiana_ktd@mail.ru
Колодник Татьяна Дмитриевна

Information about the author

Kolodnik T. D., Applicant at the Department of Marketing, Belarus State Economic University

Address for correspondence

220070, Republic of Belarus,
Minsk, Partizanski Ave., 26
Belarus State
Economic University
Tel.: +375 29 767-71-60
E-mail: tatiana_ktd@mail.ru
Kolodnik Tatiana Dmitrievna



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-22-30>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 004.89

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА И УМНЫЙ ГОРОД

Т. Ф. СТАРОВОЙТОВА¹, В. К. ШЕШОЛКО¹, И. А. СТАРОВОЙТОВ²

¹Академия управления при Президенте Республики Беларусь (г. Минск, Республика Беларусь)

²Белорусский государственный технологический университет (г. Минск, Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 18.03.2024

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

Аннотация. В современном мире интеграция цифровых технологий в различные сферы жизни стимулирует развитие концепции умных городов, где цифровые инновации используются для оптимизации управления ресурсами, инфраструктурой и образованием. В статье рассматривается важность цифрового образования в контексте умного города, подчеркивается его роль в формировании образовательной среды и развитии общества. Исследование, проведенное в Минске среди студентов, выпускников и слушателей переподготовки, выявляет требования к цифровизации образования и его влияние на образовательные процессы в умном городе. Результаты опроса представляют собой ценные данные для разработки и внедрения единой городской образовательной среды на основе цифровых платформ.

Ключевые слова: умный город, цифровое образование, технологии, инновация, образовательная среда, цифровая платформа, образовательные ресурсы, опрос.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Старовойтова, Т. Ф. Образовательная среда и умный город / Т. Ф. Старовойтова, В. К. Шешолко, И. А. Старовойтов // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 3. С. 22–30. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-22-30>.

EDUCATIONAL ENVIRONMENT AND A SMART CITY

TATIANA F. STAROVOITOVA¹, VLADIMIR K. SHESHOLKO¹, ILIA A. STAROVOITOV²

¹Academy of Public Administration under the President of the Republic of Belarus (Minsk, Republic of Belarus)

²Belarusian State Technological University (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 18.03.2024

Abstract. In the modern world, the integration of digital technologies into various spheres of life stimulates the development of the concept of smart cities, where digital innovations are used to optimize the management of resources, infrastructure and education. The article discusses the importance of digital education in the context of a smart city, emphasizing its role in the formation of the educational environment and the development of society. A study conducted in Minsk among students, graduates and retraining students reveals the requirements for digitalization of education and its impact on educational processes in a smart city. The survey results provide valuable data for the development and implementation of a unified urban educational environment based on digital platforms.

Keywords: smart city, digital education, technology, innovation, educational environment, digital platform, educational resources, survey.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Starovoitova T. F., Shesholko V. K., Starovoitov I. A. (2024) Educational Environment and a Smart City. *Digital Transformation*. 30 (3), 22–30. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-22-30> (in Russian).

Введение

В современном мире технологии проникают во все сферы нашей жизни. Понятие умных городов становится все более актуальным, представляя собой интегрированные экосистемы, в которых информационные и коммуникационные технологии используются для оптимизации управления ресурсами, инфраструктурой и, конечно же, образованием.

Цифровое образование в умном городе – важный элемент формирования образовательной среды, способствующий более эффективному и доступному обучению для всех жителей. Современные технологии и программное обеспечение в учебном процессе не только расширяют возможности обучения, но и стимулируют инновации, содействуя развитию креативности, аналитических навыков и цифровой грамотности. В этой связи актуальной становится задача разработки и внедрения единой образовательной среды на базе образовательной цифровой платформы. Такая среда должна обеспечивать доступность образовательных ресурсов, разнообразие форм и методов обучения, возможности для профессионального роста, непрерывность образования на протяжении всей жизни, получение корректной и полной информации по областям профессиональной деятельности. Кроме того, образовательная среда должна органически вписываться в общую концепцию умного города, затрагивающую все области городской жизни.

Рассмотрим ключевые аспекты и преимущества цифрового образования в контексте умного города, а также его влияние на формирование образовательной среды и развитие общества в целом.

Методика проведения эксперимента

Несмотря на значительные успехи в области цифровизации образования в Республике Беларусь, развитие информационных технологий и подходов к формированию умных городов ставит перед системой образования новые задачи. Для выяснения требований и оценки существующего положения дел в области цифровизации образования был проведен опрос студентов очной и заочной форм обучения на базе среднего и высшего образования, выпускников вуза (в том числе магистратуры) и слушателей переподготовки. Опрос проводился в Минске 28.02.2024 среди шести ведущих вузов: Белорусского государственного экономического университета (БГЭУ), Института бизнеса Белорусского государственного университета (ИБ БГУ), Академии управления при Президенте Республики Беларусь, Белорусского национального технического университета (БНТУ), Белорусского государственного технологического университета (БГТУ), Белорусского государственного медицинского университета (БГМУ). Число участников – 261 респондент (рис. 1).

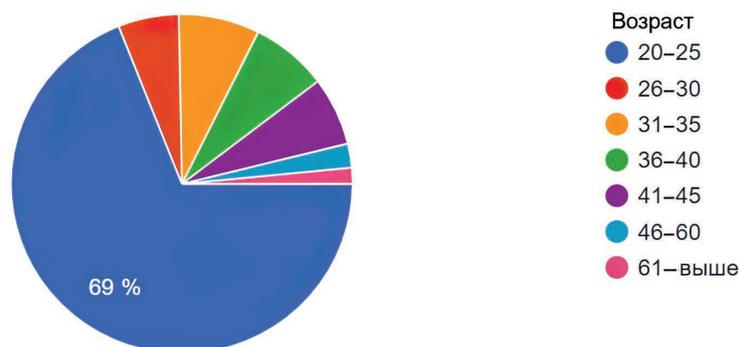


Рис. 1. Ответы на вопрос «Укажите ваш возраст» (все графики в статье – собственная разработка авторов)
Fig. 1. Answers to the question “State your age” (all graphs in the article are the authors’ own development)

По направлению профессионального образования представлены в основном экономический профиль (41,4 %), IT (39,1 %) и технический профиль (8,0 %) (рис. 2).



Рис. 2. Ответы на вопрос «Укажите направление вашего профессионального образования»
Fig. 2. Answers to the question “Specify the direction of your professional education”

При ответе на вопрос, пользуетесь ли вы цифровым образовательным контентом вуза (конспектами, практикумами, обучающими материалами), 73 % респондентов ответили, что часто или постоянно. В то же время уровень цифровизации высшего образования в данный момент оценили как ниже среднего 29,2 %, средний – 39,0 %, выше среднего – 20,8 %, высокий – только 9,1 %. Оценка текущего уровня цифровизации высшего образования показывает, что большинство респондентов всех возрастных групп считают этот уровень средним или ниже среднего (рис. 3). Это свидетельствует о хороших стартовых условиях для развития единой образовательной платформы. На рис. 3 уровни цифровизации включают следующую информацию: средний – используются обучающий портал, внутренний Wi-Fi, доступ в интернет; ниже среднего – внедрены элементы (ПК, проекторы, локальная сеть); выше среднего – есть удаленное взаимодействие со студентом, журнал оценок; высокий – удобная система получения актуальных электронных конспектов, выполнения заданий, онлайн-общение с преподавателем, электронный деканат.

Оцените уровень цифровизации высшего образования в данный момент
(образование с высокой степенью интеграции информационных технологий)

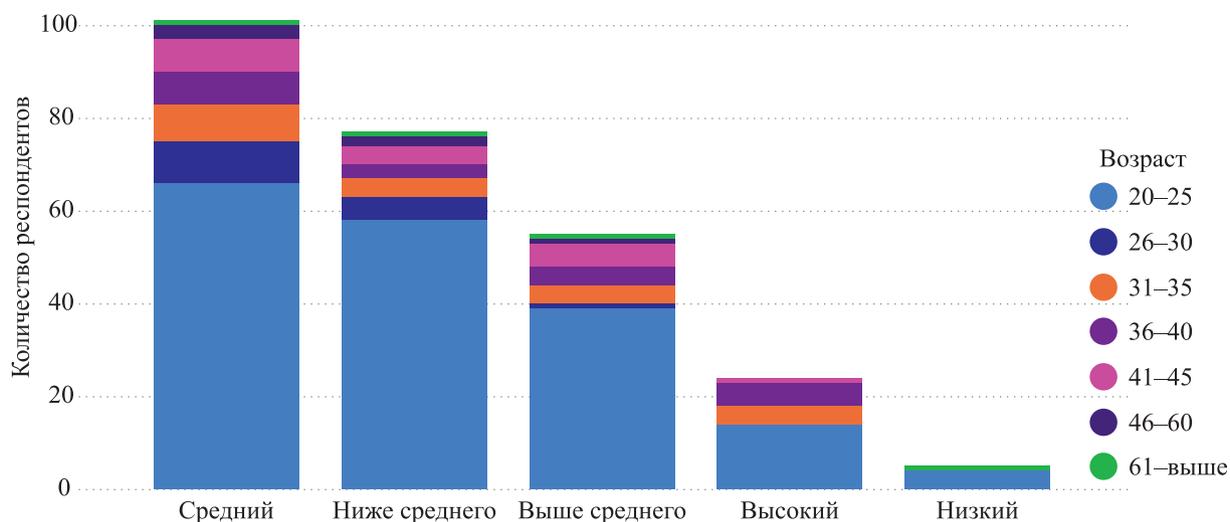
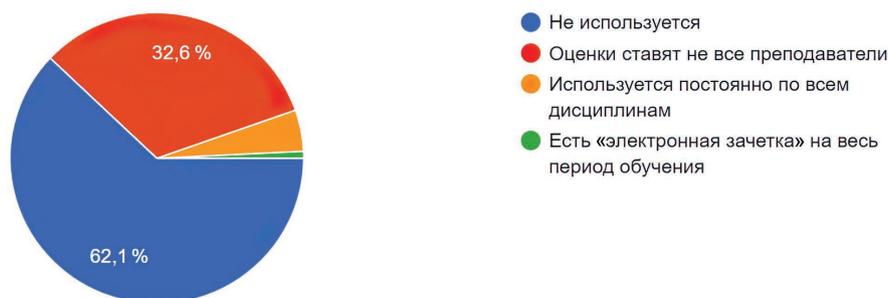
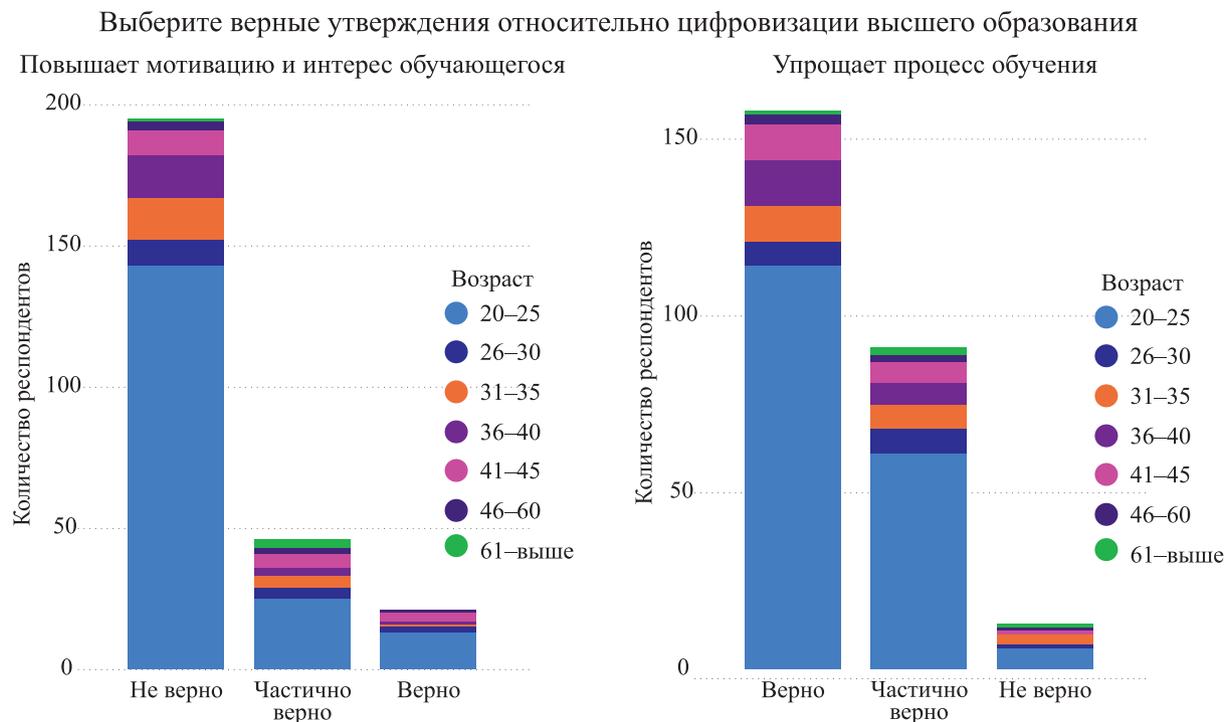


Рис. 3. Оценка уровня цифровизации высшего образования
Fig. 3. Assessment of the level of digitalization of higher education

Достигнутый уровень цифровизации не решает многих проблем образования. По мнению авторов, наряду с упрощением процесса обучения, цифровизация не повышает мотивацию и интерес обучаемых. Это подтверждается и ответами респондентов, представленными на рис. 4. Тем не менее запрос на использование цифровых ресурсов в процессе обучения достаточно высок. При ответе на вопрос, пользуетесь ли вы цифровым образовательным контентом вуза (конспектами, практикумами, обучающими материалами), 73 % респондентов отметили, что час-

то или постоянно, 48 % выполняют решение задач в цифровом, дистанционном виде. В качестве недостатков 61,6 % отметили отсутствие цифрового формата выставления оценок, остальные 33,1 % – неудовлетворительную работу в данном направлении (рис. 5).



Респондентами также было отмечено, что цифровизация высшего образования:

- упрощает процесс обучения – 197 ответов;
- помогает лучше организовать процесс учебы – 183;
- помогает более эффективно решать задачи – 162;
- повышает мотивацию и интерес обучающегося – 147;
- увеличивает включенность обучающегося в процесс – 141;
- способствует лучшему усвоению учебного материала – 134;
- увеличивает объективность оценки знаний обучающегося – 91.

Как уже отмечалось, развитие концепции умного города должно сопровождаться разработкой и внедрением цифровых образовательных платформ. Это нашло отражение и в ответах респондентов. На вопрос «Как вы оцениваете значимость использования цифровых образовательных платформ (информационное пространство, объединяющее участников процесса обучения (студент-преподаватель-деканат-ректорат), которое дает возможность для удаленного образования, обеспечивает доступ к методическим материалам и информации, позволяет осуществлять тести-

рование, оценку контроля уровня знаний обучающихся и проч.)?» 22,0 % отметили ее крайнюю необходимость, 41,2 % – значимость выше средней (рис. 6).

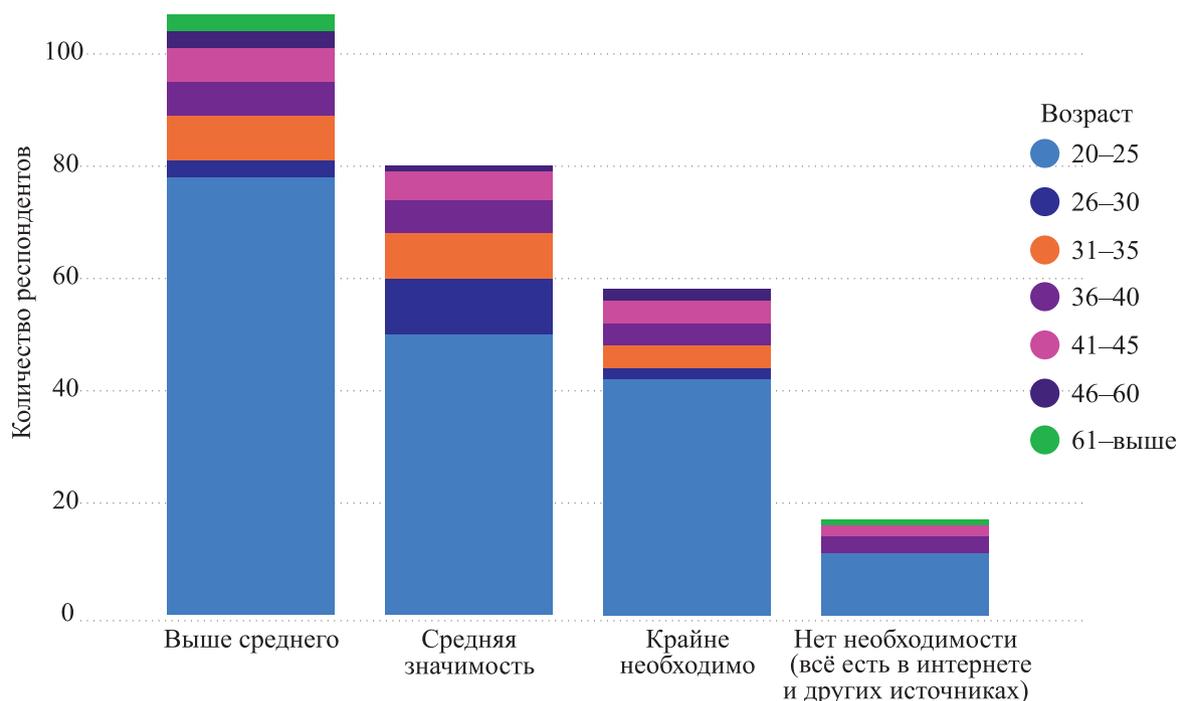


Рис. 6. Значимость использования цифровых образовательных платформ
Fig. 6. Importance of using digital learning platforms

Некоторые направления улучшения функционала цифровых образовательных платформ выявлены в результате опроса. На вопрос «Что бы вы хотели улучшить в работе образовательных платформ?» получены следующие ответы:

- иметь расписание занятий – верно 198 ответов;
- больше видеоматериала – верно 137, частично верно 85;
- расширить возможности общения с преподавателем – верно 133, частично верно 96;
- предоставить на платформе материалы цифрового деканата – верно 103, частично верно 115;
- качество лекционного материала – верно 114, частично верно 105;
- иметь оценки за весь период обучения – верно 110, частично верно 94;
- больше тестов и задач – верно 51, частично верно 117, неверно 78.

Таким образом, минимальный набор для образовательной платформы – это расписание занятий, видеолекция, общение с преподавателем. Следующий уровень – цифровой деканат с возможностью предоставления учебного плана специальности, программы каждой учебной дисциплины. Журнал оценок и автоматический расчет рейтинга значительно повысят мотивацию обучающихся. Высокая значимость у интерактивного взаимодействия «преподаватель – обучающийся» (рис. 7).

Взаимодействие «преподаватель – обучающийся» означает значительную роль преподавателя в процессе обучения даже в условиях цифровизации. Это подтверждается и желанием респондентов слушать «живую» лекцию (рис. 8).

Ответы подчеркивают значимость фигуры преподавателя в аудитории, такое мнение высказало и молодое поколение (65 человек в возрасте 20–25 лет). 68 студентов данного возрастного диапазона высказались за предпочтительный конспект (презентацию) лекции, 27 – за видеолекцию. Необходимость разработки единой образовательной платформы в вузах Беларуси – от средней до очень нужной (76,9 %) (рис. 7). Аналогичная платформа используется, например, в Казахстане [1, 2], отличительной особенностью которой является единая «точка входа» для всех вузов страны, отечественная разработка и расширенный функционал как для студента, так и для преподавателя.

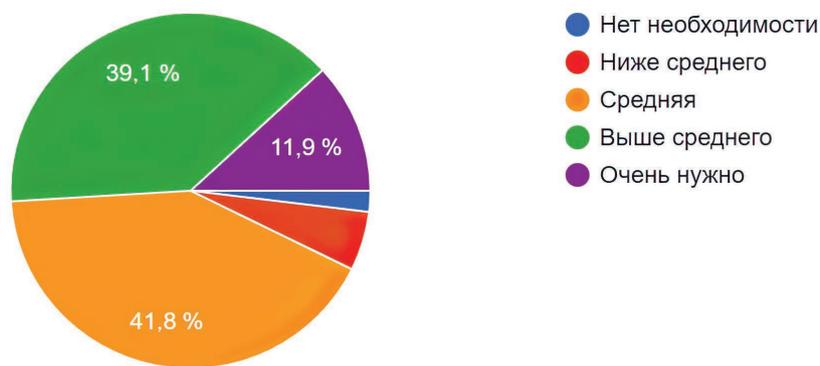


Рис. 7. Распределение ответов на вопрос «Как вы оцениваете необходимость интерактивного взаимодействия (в режиме реального времени) «преподаватель – обучающийся» в вузе?»

Fig. 7. Distribution of answers to the question “How do you assess the need for interactive interaction (in real time) between teacher and student at a university?”

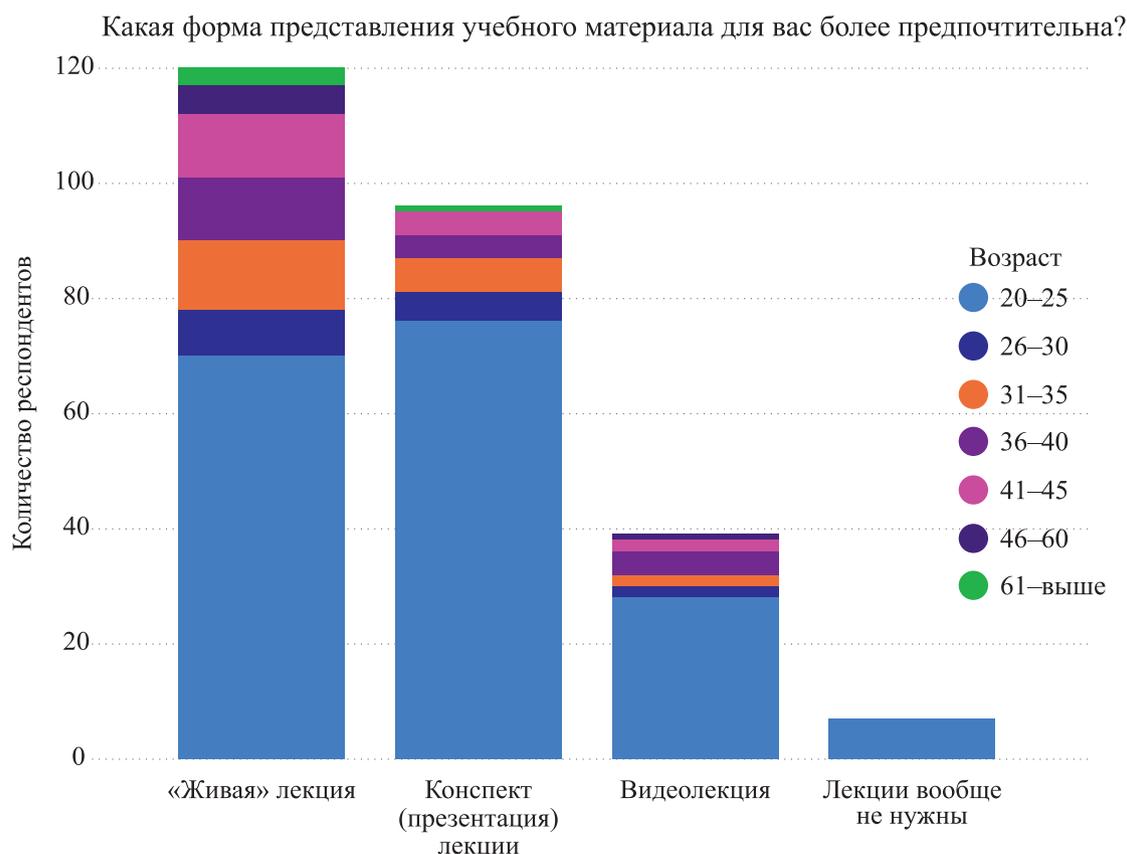


Рис. 8. Предпочтения по форме представления учебного материала
Fig. 8. Preferences on the form of presentation of the training material

Для успешного развития образовательной среды технологии образовательной платформы должны органически взаимодействовать с технологиями и платформами умного города. В этой связи респондентов просили оценить значимость технологий умного города, а также риски внедрения таких технологий. На вопрос «Как вы оцениваете значимость для вас технологий умного города?» получены следующие ответы (отсортировано по ответу «крайне необходимо»):

- быстрота и доступность получения информации об инфраструктуре города – 182 ответа;
- цифровизация здравоохранения – 180;
- интеллектуальная транспортная система – 179;
- удаленный мониторинг объектов ЖКХ и инфраструктуры – 172;

- единая образовательная среда – 165;
- система онлайн-профессиональных курсов – 161;
- интеллектуальные системы учета и дистанционного управления сетями тепло-, водо- и электроснабжения – 161;
- единая среда для обмена информацией – 153;
- цифровые технологии общественного порядка – 153;
- система студенческих форумов по специальностям – 149;
- цифровизация строительных технологий – 143;
- упрощенная система идентификации по биометрии – 116.

На предложение «Укажите недостатки, опасения внедрения концепции умный город для вас» можно выделить следующие наиболее распространенные темы и проблемы:

- 1) безопасность персональных данных и риски утечки информации:
 - недостаток контроля над доступом к персональным данным;
 - риск взлома системы и утечки конфиденциальной информации;
 - опасность использования личных данных против воли владельца;
- 2) технические проблемы и недостатки:
 - возможные программные сбои и проблемы с функционированием системы;
 - потенциальные трудности в поддержке устаревших технологий и устройств;
 - высокое потребление энергии и возможные перегрузки систем;
- 3) отсутствие человеческого вмешательства и социальные аспекты:
 - уменьшение уровня социализации и общения в реальной жизни;
 - зависимость от технологий и возможное уменьшение работы людей;
 - беспокойство о потере личного пространства и контроля;
- 4) проблемы доступности и обучения:
 - трудности в доступе к технологиям и обучении пожилых людей;
 - необходимость комплексного подхода к обучению и поддержке пользователей;
- 5) финансовые аспекты и неэффективное внедрение:
 - высокие затраты на внедрение и поддержку системы;
 - недостаточное финансирование и неактуальность концепции в момент внедрения.

Статистика по ключевым словам и фразам в ответах на данный вопрос следующая:

- безопасность персональных данных – 28 %;
- риск взлома системы – 13 %;
- утечка данных – 10 %;
- программные сбои – 9 %;
- высокая стоимость – 8 %;
- недостаток финансирования – 6 %;
- угроза киберпреступности – 5 %;
- личные данные – 4 %;
- низкий уровень подготовки – 4 %;
- отсутствие человеческого участия – 3 %;
- сложности в адаптации – 3 %.

Эти ответы указывают на важность учета социальных, технических, образовательных и финансовых аспектов при реализации концепции умных городов и цифрового образования. На предложение «Укажите недостатки цифровизации образования» можно выделить следующие наиболее распространенные темы и проблемы:

- 1) отсутствие живого общения:
 - отсутствие, недостаток полноценного живого общения;
 - прекращение встреч студент-преподаватель, отсутствие общения с преподавателем;
 - низкая социализация, низкий уровень физической активности;
- 2) безопасность персональных данных:
 - угроза распространения личных данных;
 - утечка личной информации;

- безопасность персональных данных;
- потеря данных;
- 3) технические проблемы и ограничения:
 - сложности в адаптации;
 - технические недостатки в сети;
 - устаревшие ПО и устройства;
 - много времени за монитором;
 - плохое усвоение материала, связь и вопросы с преподавателем;
 - отсутствие интернета;
- 4) общие ограничения и проблемы:
 - не работает так, как задумано;
 - недостаток компетенций;
 - сложности ее внедрения;
 - низкая осведомленность.

Итак, не всегда существующая инфраструктура умных городов готова к внедрению цифрового образования. Необходимость в высокоскоростном интернете, современном оборудовании и программном обеспечении может стать серьезным препятствием на пути успешной реализации новой концепции. Кроме того, низкая компетентность и мотивация некоторых преподавателей также являются значимыми факторами, затрудняющими успешное внедрение цифрового образования в умных городах. Не все преподаватели обладают достаточными навыками работы с современными технологиями или готовы изменить свои методы преподавания.

Заключение

1. Развитие умных городов и внедрение цифровых технологий в сферу образования – ключевые аспекты современного социального и технологического прогресса. Несмотря на значительные успехи, перед системой образования стоят новые вызовы, требующие дальнейшего развития и инноваций. Современные студенты ценят новые возможности цифровых конспектов и презентаций, интерактивных методов обучения, которые позволяют им активно участвовать в учебном процессе. Однако им важно чувствовать себя поддержанными и мотивированными преподавателями, «живое» взаимодействие.

2. Внедрение цифрового образования в умном городе требует комплексного подхода, включающего:

- мобильность и интерактивность преподавателей (создание базы данных профессионалов, обучение новым методам удаленной работы, мотивация и стимулирование);
- модернизацию инфраструктуры вуза (выделенные аудитории для удаленной работы, закупка необходимого ПО, цифровой деканат, личный кабинет студента);
- общереспубликанскую цифровую образовательную платформу (university.by);
- базу знаний по различным дисциплинам, разработку базы курсов вузов Республики Беларусь;
- развитие цифровой платформы «Умное образование».

3. Современное образование в умных городах должно стремиться к созданию гибкой, инновационной и доступной образовательной среды, способствующей развитию индивидуальных способностей и общественному прогрессу в целом. Только таким образом можно обеспечить эффективное использование цифровых технологий в образовании и создать благоприятные условия для развития умных городов в целом.

Список литературы

1. Казакова, А. А. Цифровизация образования: вызовы и возможности [Электронный ресурс] / А. А. Казакова. Режим доступа: apni.ru/article/6917-tsifrovizatsiya-obrazovaniya-vizovi-i-vozmohz. Дата доступа: 15.03.2024.
2. Platonus University. Автоматизации учебного процесса [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://platonus.kz/products/platonus-university>. Дата доступа: 15.03.2024.

References

1. Kazakova A. A. (2024) *Digitalization of Education: Challenges and Opportunities*. Available: apni.ru/article/6917-tsfrovizatsiya-obrazovaniya-vizovi-i-vozmozh (Accessed 15 March 2024) (in Russian).
2. *Platonus University. Automation of the Educational Process*. Available: <https://platonus.kz/products/platonus-university> (Accessed 15 March 2024) (in Russian).

Вклад авторов

Авторы внесли равный вклад в написание статьи.

Authors' contribution

The authors contributed equally to the writing of the article.

Сведения об авторах

Старовойтова Т. Ф., канд. экон. наук, доц., доц. Академии управления при Президенте Республики Беларусь

Шешолко В. К., канд. физ.-мат. наук, доц., доц. Академии управления при Президенте Республики Беларусь

Старовойтов И. А., студ., Белорусский государственный технологический университет

Адрес для корреспонденции

220019, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Скрипникова, 35–92
Академия управления
при Президенте Республики Беларусь
Тел.: +375 29 757-59-11
E-mail: tan.star00@gmail.com
Старовойтова Татьяна Феликсовна

Information about the authors

Starovoitova T. F., Cand. of Sci., Associate Professor, Associate Professor at the Academy of Public Administration under the President of the Republic of Belarus

Shesholko V. K., Cand. of Sci., Associate Professor, Associate Professor at the Academy of Public Administration under the President of the Republic of Belarus

Starovoitov I. A., Student, Belarusian State Technological University

Address for correspondence

220019, Republic of Belarus,
Minsk, Skripnikova St., 35–92
Academy of Public Administration
under the President of the Republic of Belarus
Tel.: +375 29 757-59-11
E-mail: tan.star00@gmail.com
Starovoitova Tatiana Feliksovna



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-31-37>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 347.77

ПЕРСПЕКТИВЫ ТРАНСФЕРА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УМНОГО ГОРОДА

К. С. АСТАНКОВ, А. С. НИКОЛАЕВ, С. В. СУВВИ

Национальный исследовательский университет ИТМО (г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Поступила в редакцию 26.03.2024

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

Аннотация. Проведен анализ интеллектуальных решений для всех видов связи технологий V2X посредством патентного поиска и разработки патентного ландшафта. Для анализа патентной активности составлена модель предметной области, на основе которой определены тренды патентования за последние 20 лет и сформирована динамика патентной активности с учетом правовых статусов. Выявлено распределение патентов среди ведущих компаний, определена география патентования.

Ключевые слова: искусственный интеллект, умный город, технологии V2X, тренды патентования, патентная активность, интеллектуальные транспортные системы, модель предметной области.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Астанков, К. С. Перспективы трансфера интеллектуальных решений для умного города / К. С. Астанков, А. С. Николаев, С. В. Сувви // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 3. С. 31–37. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-31-37>.

PROSPECTS FOR THE TRANSFER OF INTELLIGENT SOLUTIONS FOR A SMART CITY

KONSTANTIN S. ASTANKOV, ANDREJ S. NIKOLAEV, SOFIA V. SUVVI

ITMO University (Saint Petersburg, Russian Federation)

Submitted 26.03.2024

Abstract. An analysis of intelligent solutions for all types of V2X technologies communications was carried out through patent search and development of the patent landscape. To analyze the patent activity, a domain model was compiled, on the basis of which patenting trends over the past 20 years were determined and the dynamics of patent activity were formed taking into account the legal statuses. The distribution of patents among the leading companies has been identified, and the geography of patenting has been determined.

Keywords: artificial intelligence, smart city, V2X technologies, patent trends, patent activity, intelligent transportation systems, subject matter model.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Astankov K. S., Nikolaev A. S., Suvvi S. V. (2024) Prospects for the Transfer of Intelligent Solutions for a Smart City. *Digital Transformation*. 30 (3), 31–37. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-31-37> (in Russian).

Введение

Умный город представляет собой концепцию интеграции нескольких информационных и коммуникационных технологий и интернета вещей (IoT-решения) для управления городским имуществом. Различная информация с датчиков объектов инфраструктуры города лежит в основе умных городов. Умная мобильность, а именно – интегрированные транспортные системы – являются одними из основных направлений умных городов. Развитие транспортных процессов благодаря телематике приведет к ускорению реализации проектов умных городов. Эффективное управление транспортными процессами в умных городах возможно благодаря технологиям V2X (Vehicle-to-Everything – автомобиль, подключенный ко всему).

Описание технологии

Технологии V2X обеспечивают доступный и надежный обмен информацией между участниками дорожного движения, между подключенными транспортными средствами и инфраструктурой. Это позволяет создавать и применять новые виды услуг, которые значительно улучшают эффективность текущих транспортных систем и инфраструктуры, способствуя безопасному и экологически чистому движению. Кроме того, технологии V2X рассматриваются как умная мобильность и подразумевают под собой интеграцию в проект «Умный город», целью которого является повышение мобильности, эффективности и безопасности общественных услуг. Исследуемая технология позволит выполнять эффективное управление высокоавтоматизированными транспортными средствами. Технологии V2X могут быть внедрены в различные сектора автомобильной отрасли, способствуя передаче знаний и новых решений между различными участниками отрасли. Таким образом, технологии V2X имеют большое значение для трансфера знаний и инноваций в автомобильной отрасли. С точки зрения функциональных задач технологии V2X можно классифицировать следующим образом:

1) V2V (Vehicle-to-Vehicle) – коммуникация между транспортными средствами. Включает в себя обмен информацией о скорости движения, направлении, расстоянии между автомобилями, оповещения об аварийных ситуациях и т. п.;

2) V2I (Vehicle-to-Infrastructure) – связь между транспортными средствами и инфраструктурой дорожного движения, т. е. обмен информацией о светофорах, дорожных знаках, об условиях дороги, общественном транспорте и т. п.;

3) V2P (Vehicle-to-Pedestrian) – связь между транспортными средствами и пешеходами. Включает предупреждение пешеходов о приближении автомобиля, обмен информацией о направлении движения и скорости, а также создание безопасных условий для пешеходов;

4) V2N (Vehicle-to-Network) – взаимодействие транспортных средств с сетью, включая облачные сервисы, управление трафиком, системы навигации и управления [1].

Решаемые вопросы рынка технологий V2X

Технологии V2X оказывают значительное влияние на критерии безопасности и эффективности транспортной системы. Благодаря этим коммуникационным системам происходит новый уровень обмена информацией, что позволяет создавать новые услуги, повышающие безопасность и снижающие вероятность заторов. Применение технологий V2X приводит к увеличению скорости передвижения, сокращению времени ожидания и повышению эффективности транспорта, что, в свою очередь, увеличивает надежность и качество работы системы. Благодаря высокому уровню информирования, возможно предотвращение аварийных ситуаций, что улучшает безопасность на дорогах. Хотя технологии V2X не решают все проблемы транспорта, они могут улучшить общую ситуацию на дорогах при использовании существующей инфраструктуры, сокращая потери ресурсов из-за неэффективного использования транспортной системы в целом [2].

Модель предметной области

В процессе исследований сформирована модель предметной области, которая нужна для определения ключевых подробно изучаемых аспектов. В данной модели рассматриваются решения V2X, необходимые для выполнения различных задач. В модель предметной области входят:

- виды связи V2X;
- функциональные задачи;

- условия применения (стек протоколов);
- состав.

В соответствии с предметной областью были определены ключевые слова, представленные в табл. 1.

Таблица 1. Ключевые слова для предметной области
Table 1. Keywords for the subject area

Раздел предметной области	Ключевые слова	Keywords
Виды связи технологий V2X	Транспортное средство для всего, транспортное средство–транспортное средство, транспортное средство–инфраструктура, транспортное средство–пешеход, транспортное средство–сеть, транспортное средство–устройство	Vehicle-to-Everything (V2X), Vehicle-to-Vehicle (V2V), Vehicle-to-Infrastructure (V2I), Vehicle-to-Pedestrian (V2P), Vehicle-to-Network (V2N), Vehicle-to-Device (V2D)
Характеристики предметной области	Телекоммуникационное оборудование, телекоммуникации	Telecommunication equipment, telecommunications
Жизненный цикл	Разработка, эксплуатация	Development, exploitation
Применение технологий V2X	Транспортное средство, транспорт, машины, транспортная инфраструктура	Vehicle, transport, cars, transport infrastructure
Составные части устройств	Блок придорожной инфраструктуры, бортовое устройство (бортовой блок)	RSU (Road Side Unit) OBU (On Board Unit),
Решаемые вопросы	Эффективное управление транспортом, интеллектуальная транспортная система	Efficient transport management, intelligent transport system

В табл. 2 приведены индексы Международной патентной классификации (МПК) для исследуемой модели предметной области¹.

Таблица 2. Индексы Международной патентной классификации (МПК) для предметной области
Table 2. Indices of the International patent classification (IPC) for the subject area

Раздел предметной области	Индекс МПК
Сети беспроводной связи	H04W
Системы управления дорожным движением	G08G

Тренды патентования

Тематика исследования только набирает популярность в мировом научном сообществе, а сами технологии V2X все еще находятся в стадии разработки и в большинстве своем реализуются как пилотные проекты. В результате поиска и анализа трендов патентования за последние 20 лет было выявлено 7358 патентов. На рис. 1 изображена диаграмма правовых статусов, полученная при анализе по статусам патентов. Из диаграммы видно, что на рынке V2X 45,47 % действующих патентов (3346), 45,80 % заявляемых (3370) и 8,73 % аннулированных, истекших и просроченных патентов (253 + 8 + 381 соответственно). Большое количество выданных патентов свидетельствует о высоком уровне развития и коммерциализации в сфере технологии V2X. Самый большой процент составляют заявки, что говорит о резком развитии и популярности данной технологии. Ко всему прочему, за исследуемый период из 7358 патентов только 642 являются недействующими. Это подтверждает большой

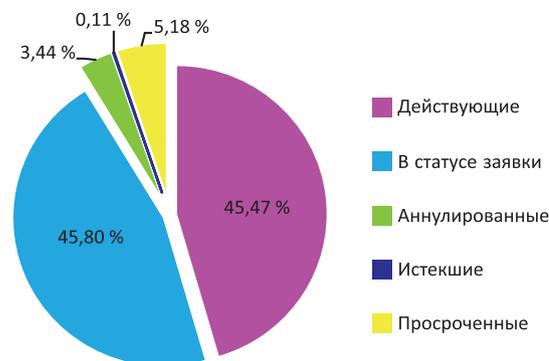


Рис. 1. Правовые статусы патентов
Fig. 1. Legal statuses of patents

¹ Николаев, А. С. Патентная аналитика / А. С. Николаев. СПб.: Ун-т ИТМО, 2022.

интерес к данной области, т. е рассматриваемая технология только начала появляться и набирать обороты на мировой арене. Существенный прирост технических решений стал фактором развития технологий V2X, после чего появляется все больше новых технических решений.

На рис. 2 приведена динамика патентной активности, из которой видно, что до 2015 г. активность почти отсутствовала, а начиная с 2008 г. проявлялась лишь единичными случаями. Это связано с созданием технологии лишь в 2003-м и появлением небольшого числа патентов в силу отсутствия наработок по сетям передачи данных. Резкий скачок на 112 патентов в 2015 г. связан с выпуском 3GPP Release 13 в 2014-м, что простимулировало рост интереса к исследованиям по проверке применимости существующих на тот момент стандартов к V2X. Это привело к выпуску в 2017 г. спецификаций 3GPP Release 14 для связи C-V2X, благодаря чему объясняется еще больший рост патентов в 2018-м – до 849.

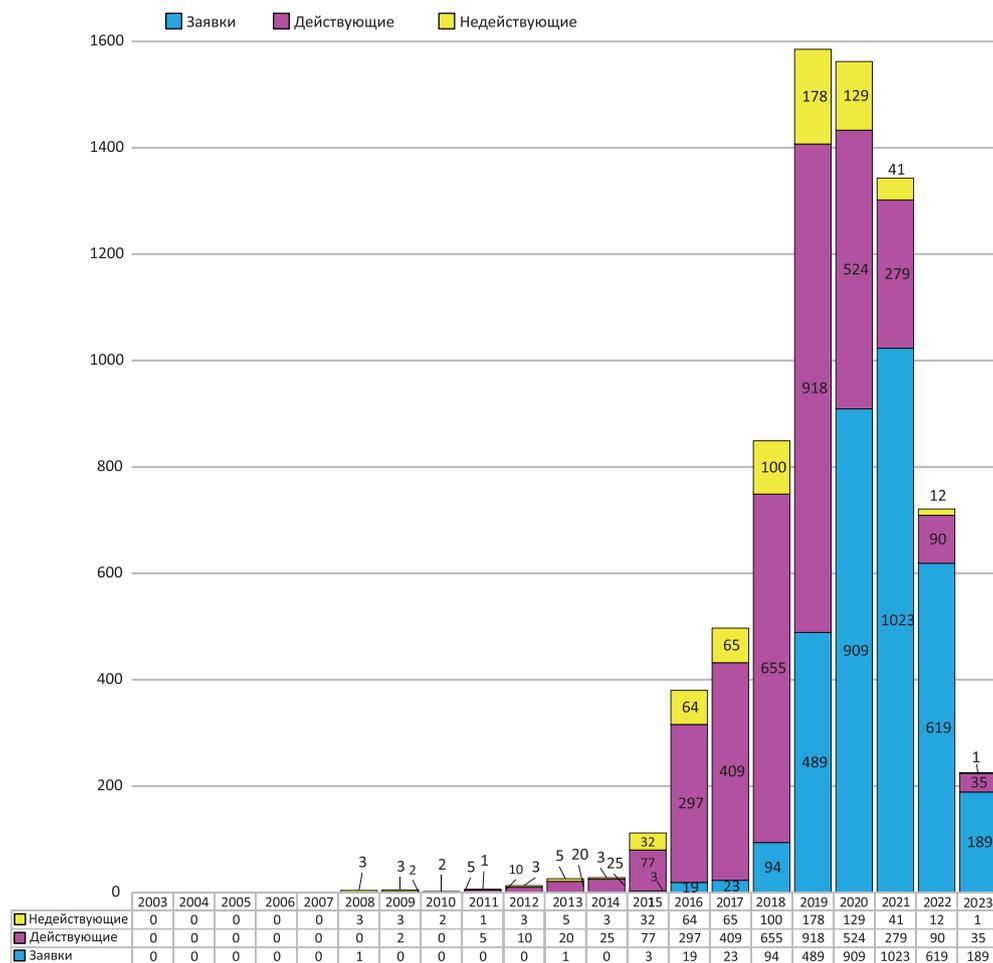


Рис. 2. Динамика патентной активности
Fig. 2. Dynamics of patent activity

Из гистограммы рис. 2 наблюдается тенденция роста патентования в области технологий V2X с пиковыми значениями 1585 патентов в 2019 г. Достигнутый в 2019-м максимальный показатель связан с наработками в прошлых годах, внедрением технологически нейтрального подхода к C-ITS в Европе и предложениями о выделении C-V2X 20 МГц Федеральной комиссии по связям США. Резкий спад после 2019 г. на 15,27 % за два года (с 1585 до 1343 патентов в 2021-м) связан с коронавирусной инфекцией COVID-19, повлиявшей на заметное снижение транспортных показателей. Кроме того, спад был связан с необходимостью развертывания ранее наработанных технологий и с отсутствием опытных испытаний. В 2022-м тоже наблюдается резкий спад до 721 патента, объясняемый перенасыщением рынка наработками по V2X и отсутствием соответствующего числа пилотных проектов по тестированию технологии. То же самое можно сказать и про 2023 г., но необходимо учитывать, что итоговые показатели по 2023-му будут более актуальны по прошествии времени.

Компании и люди

Из 7358 патентов патентообладателями 3821 патента (48,07 %) являются первые десять компаний. Распределение патентов по компаниям-лидерам приведено на рис. 3. Из этих 48,07 % треть патентов (1238, или 32,40 %) принадлежит компании NTT docomo – первое место. Большая часть патентов находится в статусе заявки, что говорит об активных разработках технологий V2X. NTT docomo – крупнейшая телекоммуникационная компания Японии, которая первой запустила мобильную связь третьего поколения 3G. В 2018 г. NTT docomo объявила о планах по внедрению V2X в Японии совместно с компаниями Continental, Ericsson, Nissan, OKI и Qualcomm Technologies².

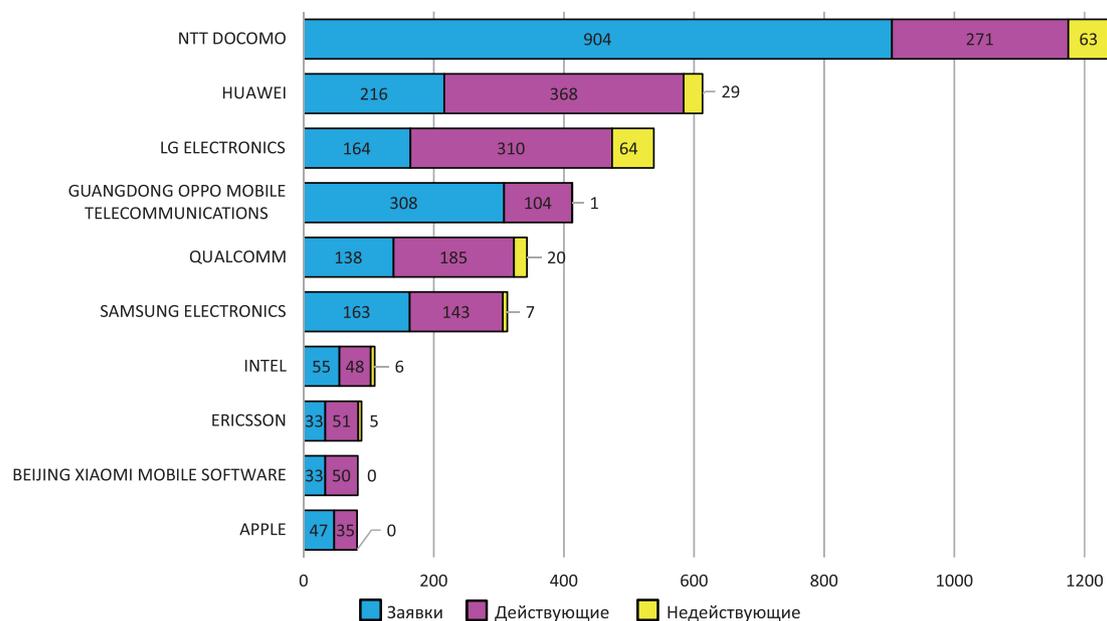


Рис. 3. Распределение патентов по компаниям
Fig. 3. Distribution of patents by company

Второе место по числу патентов занимает фирма HUAWEI, которой принадлежит 613 патентов (16,04 %) из общего числа патентов компаний-лидеров. Преимущественное число патентов – действующие. Это свидетельствует о том, что компания раньше стала заниматься и патентовать разработки по технологии V2X. HUAWEI является ведущим мировым поставщиком инфраструктуры информационных и коммуникационных технологий и интеллектуальных устройств. За последнее десятилетие общий объем инвестиций HUAWEI в НИОКР превысил 845 млрд юаней.

Важно отметить, что еще в 2017 г. компании Continental и HUAWEI провели испытания платформы коммуникаций C-V2X. На Всемирной выставке интернета вещей (WIoT) HUAWEI запустила общегородскую сеть LTE-V2X от Commercial Solutions и была удостоена специальной награды WIoT. Компания производит Huawei RSU – устройство придорожной инфраструктуры, поддерживающее передачу данных V2X с низкой задержкой, совместимое с технологией 3GPP Release 14 LTE-V2X. C-V2X от HUAWEI (Cellular-V2X) – коммерческое решение, получившее награду «Лучшая мобильная технология для автомобиля» на Всемирном мобильном конгрессе 2019 года³.

Компании LG Electronics принадлежит 538 патентов (или 14,08 %) из общего числа патентов компаний-лидеров. Чуть больше половины патентов – действующие, но при этом количество недействующих – наибольшее среди лидеров. LG Electronics представила систему безопасности V2X для беспилотников. После этого была запланирована модификация V2X для работы в сети 5G, функционирующей на порядок быстрее существующих сегодня мобильных технологий передачи данных. В октябре 2017 г. LG Electronics заключила контракт с американской компанией Qualcomm о совместной разработке 5G-чипов для автономных автомобилей⁴.

² Компания NTT docomo. Режим доступа: <https://www.docomo.ne.jp/english/info/mediacenter/pr/2018/011200.html>.

³ Компания Huawei. Режим доступа: <https://carrier.huawei.com/en/products/wireless-network-v3/Components/c-v2x>.

⁴ Компания LG. Режим доступа: <https://www.lg.com/global/mobility/telematics>.

Из рассмотренных только действующих патентов прослеживаются перенасыщение рынка наработками по V2X и отсутствие соответствующего числа пилотных проектов по тестированию технологии. Но, несмотря на это, после снятия множества коронавирусных ограничений заметна тенденция возобновления работ по данной технологии, о чем говорит большое количество заявок.

География патентования

С помощью анализа географии патентования можно выявить ведущие страны и рынки внедрения рассматриваемой технологии. Данные по правовой охране приведены на рис. 4, а на рис. 5 – география патентования ведущими компаниями (CN – Китай, US – США, EP – Европейский патент Европейской патентной организации, WO – Международный патент Всемирной организации интеллектуальной собственности; JP – Япония, KR – Корея, DE – Германия, IN – Индия, GB – Великобритания, BR – Бразилия, TW – Тайвань).

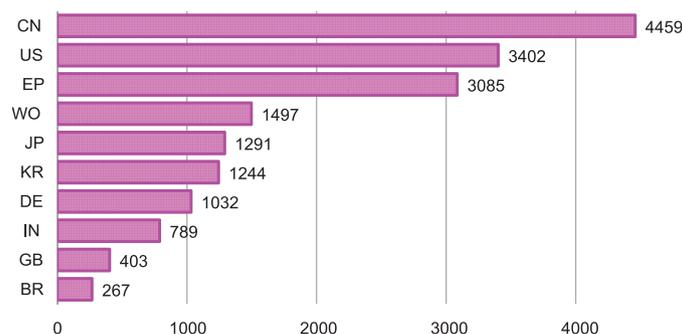


Рис. 4. Данные по правовой охране

Fig. 4. Legal protection data

	CN	WO	US	EP	JP	KR	IN	DE	BR	TW
NTT DOCOMO	628	1213	580	518	620	33	57	0	59	1
HUAWEI	573	563	329	341	107	77	158	0	57	1
LG ELECTRONICS	128	461	412	195	62	199	15	1	2	1
GUANGDONG OPPO MOBILE TELECOMMUNICATIONS	379	403	227	231	91	96	86	0	31	25
QUALCOMM	217	312	305	197	24	61	149	0	57	61
SAMSUNG ELECTRONICS	164	217	213	157	3	206	76	3	0	10
INTEL	39	48	78	22	7	6	8	28	1	0
ERICSSON	39	82	66	69	21	17	36	0	13	2
BEIJING XIAOMI MOBILE SOFTWARE	80	72	43	29	10	10	29	0	10	0
APPLE	52	60	72	24	9	9	7	6	5	3

Рис. 5. География патентования ведущими компаниями

Fig. 5. Geography of patenting by leading companies

Изучение географии патентования выявило страны-лидеры, которые имеют наибольшее количество патентов. Лидирующую позицию, безусловно, занимает Китай (4459 патентов), затем идут США (3402 патента) и Европейская патентная организация (3085 патентов). Число международных патентов – на высоком уровне, причем большая часть из них – у компании NTT docomo. Множество заявок и запрос на международные патенты свидетельствуют о политике развития компании в данной технологии с целью выхода на мировой рынок. Прослеживая географию HUAWEI и LG Electronics, тоже можно наблюдать интерес к международным патентам преимущественно в странах Азии, США и Индии.

Если рассматривать динамику патентования по странам, можно отметить, что Российская Федерация хоть и не входит в десятку стран защиты, но все же занимает 17-е место с 89 патентами. При этом с 11-го по 17-е места значения колеблются от 188 до 89 патентов и снижаются до 59 патентов в Нидерландах, которые идут сразу после России. Такие показатели довольно хороши в разрезе мира.

Результаты исследований и их обсуждение

Технологии V2X, которые появились в начале 2000-х годов, обеспечивают доступный и надежный обмен информацией между участниками дорожного движения, а также между подключенными транспортными средствами и инфраструктурой. Основные функциональные задачи нового поколения коммуникационных систем V2X включают повышение общественной безопасности для достижения безаварийного рубежа, увеличение эффективности дорожного движения и уменьшение выбросов вредных веществ. Кроме того, эти технологии направлены на улучшение условий движения на перекрестках и автомагистралях, на более эффективную систему парковки, на повышение экономичности топлива и, в конечном счете, на возможности создания самоуправляемых транспортных средств.

Анализ трендов патентования показал, что изучаемые технологии V2X только набирают популярность в мировом научном сообществе, находятся в стадии разработки и в большинстве своем реализуются как пилотный проект, что наглядно отражается на динамике патентной активности. Количество патентов с начала появления технологий V2X стабильно росло со скачками вверх после введения нормативных документов и осуществления пилотных проектов в этой сфере. Однако после коронавирусной инфекции наблюдался спад, а показатели еще не успели вернуться к значениям 2018 и 2019 гг.

Заключение

1. Большое количество выданных патентов свидетельствует о высоком уровне развития и коммерциализации в сфере технологий V2X. Самый большой процент составляют заявки, что говорит о резком развитии и популярности данных технологий.

2. Проведенный анализ патентной информации свидетельствует о высокой готовности рыночной ниши к организации трансфера технологий. Такой трансфер может привести к ускоренному внедрению инноваций в сфере автомобильного транспорта и содействовать общему развитию этой отрасли.

Список литературы / References

1. Hakeem A. A., Hady A. A., HyungWon Kim, Shima A. (2020) 5G-V2X: Standardization, Architecture, Use Cases, Network-Slicing, and Edge-Computing. *Wireless Networks*. 26, 6015–6041.
2. Costandoiu A., Leba M. (2019) Convergence of V2X Communication Systems and Next Generation Networks. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 477.

Вклад авторов / Authors' contribution

Авторы внесли равный вклад в написание статьи / The authors contributed equally to the writing of the article.

Сведения об авторах

Астанков К. С., зам. дир. Центра трансфера технологий, Национальный исследовательский университет ИТМО (НИУ ИТМО)

Николаев А. С., доц. факультета технологического менеджмента и инноваций, НИУ ИТМО

Сувви С. В., магистрант НИУ ИТМО

Адрес для корреспонденции

197101, Российская Федерация,
г. Санкт-Петербург,
Кронверкский просп., 49, лит. А
Национальный исследовательский университет ИТМО
Тел.: + 7 812 480-99-99
E-mail: ksa@itmo.ru
Астанков Константин Сергеевич

Information about the authors

Astankov K. S., Deputy Director of Technology Transfer Center, ITMO University

Nikolaev A. S., Associate Professor at the Faculty of Technology Management and Innovation, ITMO University

Suvvi S. V., Master's Student at ITMO University

Address for correspondence

197101, Russian Federation,
St. Petersburg,
Kronverkskiy Ave., 49, lit. A
ITMO University
Tel.: +7 812 480-99-99
E-mail: ksa@itmo.ru
Astankov Konstantin Sergeevich



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-38-45>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 338.2

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОНОМИКИ

Ю. В. НЕЧЕПУРЕНКО

Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем» (г. Минск, Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 08.04.2024

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

Аннотация. Проведен сопоставительный анализ выполнения необходимых условий для осуществления цифровой трансформации экономики с использованием объектов интеллектуальной собственности в мире и в Республике Беларусь. Установлено, что для реализации цифровой трансформации экономики необходимо выполнение двух условий, непосредственно связанных с интеллектуальной собственностью: развитие программного обеспечения и наличие приборного парка, определяемого патентами на изобретения в сфере информационно-коммуникационных технологий. Сделан вывод, что Беларусь обладает значительным потенциалом в сфере создания программного обеспечения. Выявлено заметное отставание республики в части создания приборной базы информационно-коммуникационных технологий, что подтверждается малым количеством патентов в области этих технологий и в сфере искусственного интеллекта, полученных национальными заявителями. Сформулированы основные направления развития цифровой трансформации национальной экономики в части интеллектуальной собственности.

Ключевые слова: цифровая трансформация экономики, национальная экономика, интеллектуальная собственность, программное обеспечение, информационно-коммуникационные технологии, патенты на изобретения.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Нечепуренко, Ю. В. Интеллектуальная собственность в условиях цифровой трансформации экономики / Ю. В. Нечепуренко // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 3. С. 38–45. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-38-45>.

INTELLECTUAL PROPERTY IN THE CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF THE ECONOMY

YURY V. NECHEPURENKO

Research Institute for Physical Chemical Problems of Belarusian State University (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 08.04.2024

Abstract. A comparative analysis of the fulfillment of the necessary conditions for implementing the digital transformation of the economy using intellectual property in the world and in the Republic of Belarus was carried out. It has been established that in order to implement the digital transformation of the economy, it is necessary to fulfill two conditions directly related to intellectual property: the development of software and the availability of an instrument fleet, determined by patents for inventions in the field of information and communication technologies. It is concluded that Belarus has significant potential in the field of software creation. A noticeable lag in the Republic in terms of creating an instrument base for information and communication technologies has been

revealed, which is confirmed by the small number of patents in the field of these technologies and in the field of artificial intelligence received by national applicants. The main directions for the development of digital transformation of the national economy in terms of intellectual property are formulated.

Keywords: digital transformation of the economy, national economy, intellectual property, software, information and communication technologies, patents for inventions.

Conflict of interests. The author declares no conflict of interests.

For citation. Nechepurenko Yu. V. (2024) Intellectual Property in the Conditions of Digital Transformation of the Economy. *Digital Transformation*. 30 (3), 38–45. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-38-45> (in Russian).

Введение

Влиянию интеллектуальной собственности (ИС) на развитие мировой экономики и социально-экономическое развитие различных стран посвящено большое количество научных работ. Однако до настоящего времени не удалось построить интегральный показатель, который бы адекватно описывал вклад ИС в экономические показатели на макро- и микроуровнях. Для современного этапа интеллектуализации экономики характерно около десяти основных трендов, описанных в [1], один из которых – влияние ИС на цифровую трансформацию экономики. Данный тренд обусловлен тем, что для реализации цифровой трансформации экономики на техническом уровне необходимо выполнение как минимум двух условий, непосредственно связанных с ИС: развитие программного обеспечения, которое относится к объектам авторского права, и наличие соответствующего приборного парка, определяемого, прежде всего, патентами на изобретения в сфере информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), которые относятся к объектам промышленной собственности.

В статье в целях разработки концептуальных подходов к формированию механизма обоснования и реализации новых бизнес-моделей, адекватных условиям современной экономики, проведен сопоставительный анализ выполнения необходимых условий для осуществления цифровой трансформации экономики с использованием объектов ИС в мире и Республике Беларусь.

Результаты исследований и их обсуждение

Как известно, мировой рынок информационных технологий (ИТ) включает в себя несколько основных сегментов, в том числе компьютерную технику и программное обеспечение. По данным исследований Gartner, в период 2019–2022 гг. мировой ИТ-рынок рос с темпом 5 % в год, при этом самым быстрорастущим сегментом является программное обеспечение. В 2023 г. объем глобального ИТ-рынка достиг 4,68 трлн долл., что на 3,3 % больше по сравнению с результатом за 2022-й. В этих расходах доля программного обеспечения (software) составила 913,3 млрд долл.¹

Проведенное исследование показало, что Республика Беларусь также обладает значительным потенциалом в сфере создания программного продукта, что подтверждается значительным ростом ИКТ-индекса (ICT Development Index), определяемого Международным союзом электросвязи. Значение данного индекса для Беларуси в период с 2011 по 2017 г. увеличилось с 5,6 до 7,6 балла, что позволило переместиться с 50 на 32 место из 172 стран. В последующие годы ИКТ-индекс не публиковался, однако следует отметить, что это самый высокий показатель среди всех государств – членов ЕАЭС².

Приказом Национального статистического комитета Республики Беларусь (Белстат) от 31.08.2023 № 132 утвержден новый перечень национальных статистических показателей развития цифровой экономики в Республике Беларусь³. По данным Белстата, в части создания компьютерных программ наблюдается положительная динамика, которая подтверждается увеличением объема производства продукции (работ, услуг) организаций сектора ИКТ. В период 2011–2022 гг.

¹ Worldwide IT Spending Forecast. *Gartner*. Available: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/01-17-2024-gartner-forecasts-worldwide-it-spending-to-grow-six-point-eight-percent-in-2024> (Accessed 27 March 2024).

² О состоянии и перспективах развития науки в Республике Беларусь по итогам 2017 года: аналитический доклад / под ред. А. Г. Шумилина, В. Г. Гусакова. Минск: БелИСА, 2018.

³ Перечень национальных статистических показателей развития цифровой экономики в Республике Беларусь: утв. приказом Нац. стат. ком. Респ. Беларусь 31 авг. 2023 г. № 132 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/metodologiya/metodiki-po-formirovaniyu-i-raschetu-statistichesk/#ikt>. Дата доступа: 30.03.2024.

валовая добавленная стоимость сектора ИКТ выросла в текущих ценах с 0,88 до 12,6 млрд руб., к валовой добавленной стоимости по экономике – с 3,2 до 7,4 %, а к ВВП – с 2,8 до 6,6 %⁴. Как видно, прослеживается общая тенденция увеличения масштабов использования программного обеспечения на территории Беларуси. Наибольший вклад в создание программных продуктов внес Парк высоких технологий (ПВТ): объем производства его резидентов в 2022 г. составил 8,28 млрд руб. В 2021-м ПВТ экспортировал услуги на 3,2 млрд долл. США, а в 2022-м – на 2,7 млрд долл.⁵, из чего следует, что он вносит существенный вклад по привлечению валютных средств в страну.

В период 2012–2019 гг. перечень национальных статистических показателей развития цифровой экономики Республики Беларусь включал еще один показатель, представленный на рис. 1, – удельный вес заключенных договоров, предоставляющих право использования компьютерных программ, в общем числе заключенных договоров о предоставлении права использования результатов интеллектуальной деятельности (с 2020 г. этот показатель исключен).



Рис. 1. Удельный вес заключенных договоров, предоставляющих право использования компьютерных программ, в общем числе заключенных договоров о предоставлении права использования результатов интеллектуальной деятельности

Fig. 1. The share of concluded agreements granting the right to use computer programs in the total number of concluded agreements granting the right to use the results of intellectual activity

Другим важным индикатором технологического развития сектора ИКТ в мире является показатель, который измеряет:

- количество и долю патентов в области ИКТ в общем числе международных РСТ-заявок на изобретения (РСТ – договор о патентной кооперации);
- долю патентов в области ИКТ в числе семейств патентов в наиболее крупных патентных ведомствах мира IP5 по странам владения (США, Япония, Европейское патентное ведомство, Китай, Республика Корея).

В 2022 г. по количеству международных РСТ-заявок на изобретения заявки в области компьютерных технологий (computer technology) занимали первое место в США, второе – в Китае и Японии, третье – в Республике Корея, а в области цифровой связи (digital communication) первую позицию – в Китае, вторую – в Республике Корея, третью – в США и Японии⁶.

По данным Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), с 2005 по 2020 г. наблюдался устойчивый рост количества заявок на выдачу патентов в области ИКТ в общем числе международных РСТ-заявок на изобретения (рис. 2), который составил в указанный период 2,15 раза при росте общего количества РСТ-заявок в 1,88 раза⁷.

⁴ Национальные статистические показатели развития цифровой экономики в Республике Беларусь [Электронный ресурс]: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/informatsionno-telekommunikatsionnye-tehnologii/>. Дата доступа: 29.03.2024.

⁵ Цифры и факты [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://park.by/http/facts/>. Дата доступа: 30.03.2024.

⁶ IP Facts and Figures. *World Intellectual Property Organization*. Available: <https://www.wipo.int/en/ipfactsandfigures/patents> (Accessed 29 March 2024).

⁷ OECD.Stat: Patents by Technology. *The Organization for Economic Co-operation and Development*. Available: https://stats.oecd.org/viewhtml.aspx?datasetcode=PATS_IPC&lang=en# (Accessed 29 March 2024).

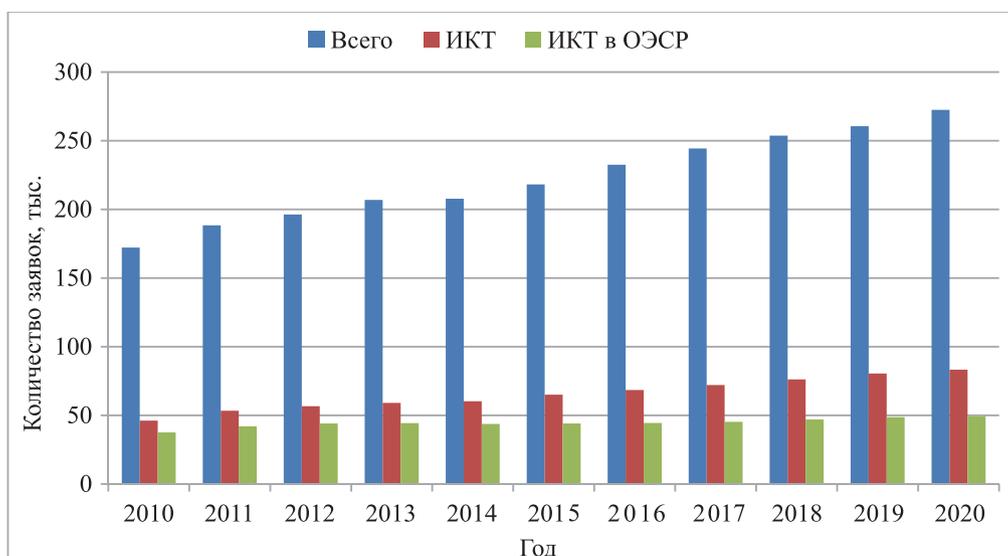


Рис. 2. Количество заявок на выдачу патентов в области информационно-коммуникационных технологий в мире и государствах-членах Организации экономического сотрудничества и развития в общем числе международных РСТ-заявок на изобретения

Fig. 2. Number of applications for patents in the field of information and communication technologies in the world and in member states of the Organization for Economic Cooperation and Development in the total number of international PCT applications for inventions

По количеству международных РСТ-заявок на изобретения в области ИКТ в последние годы мировыми лидерами были Китай, США, Япония, Корея и Германия, причем наибольшего прогресса добился Китай, увеличив количество заявок с 2005 по 2020 гг. в 16,8 раза (рис. 3).

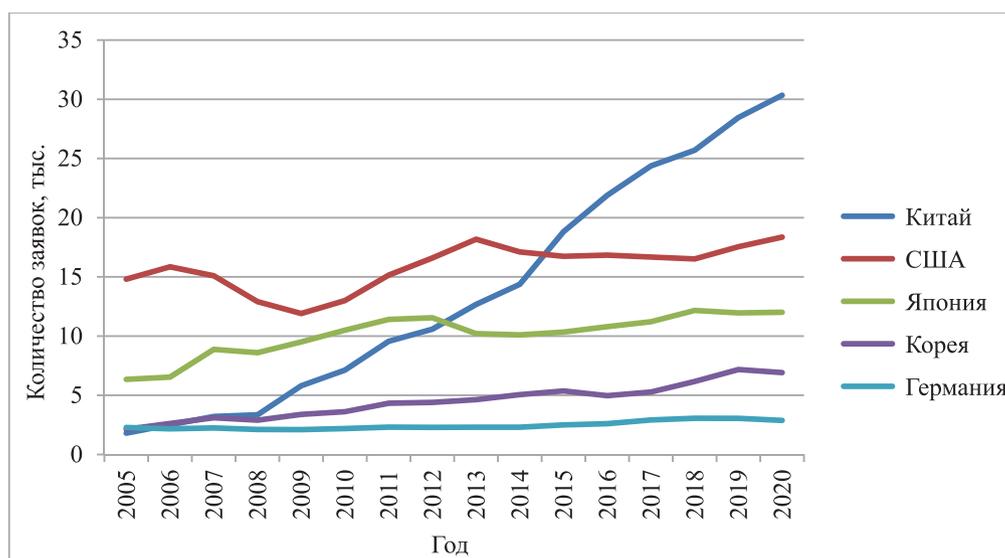


Рис. 3. Количество РСТ-заявок в области информационно-коммуникационных технологий, поданных пятью ведущими странами мира

Fig. 3. Number of PCT applications in the field of information and communication technologies filed by the world's top five countries

Аналогичным образом росло количество заявок на патенты в области ИКТ в числе семейств патентов в наиболее крупных патентных ведомствах мира IP5 (рис. 4), а мировыми лидерами в этой сфере были Япония, Китай, США, Корея и Германия (рис. 5)⁷. Причем количество заявок в исследованный период в Японии имело тренд к уменьшению, в Германии и в Республике Корея изменялось незначительно, в США наблюдался рост, а в Китае – очень быстрый рост.

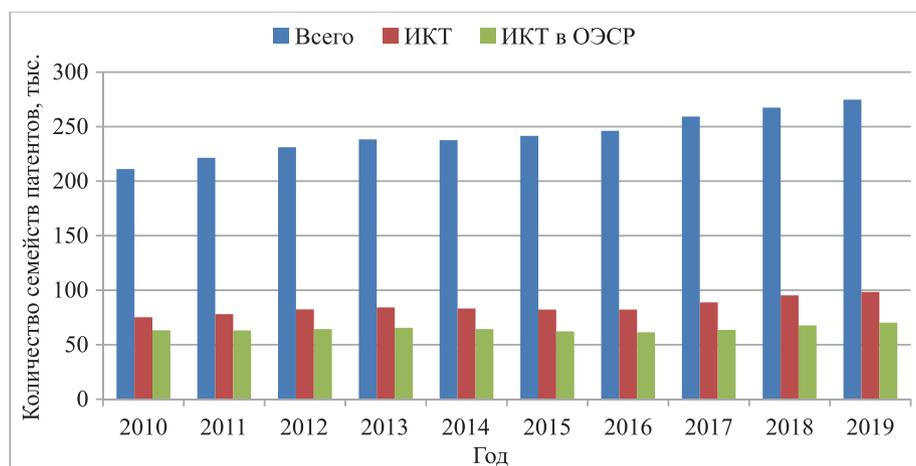


Рис. 4. Количество семейств патентов в области информационно-коммуникационных технологий в мире и государствах-членах Организации экономического сотрудничества и развития в общем числе заявок на изобретения в IP5

Fig. 4. Number of patent families in the field of information and communication technologies in the world and in member states of the Organization for Economic Co-operation and Development in the total number of applications for inventions in IP5

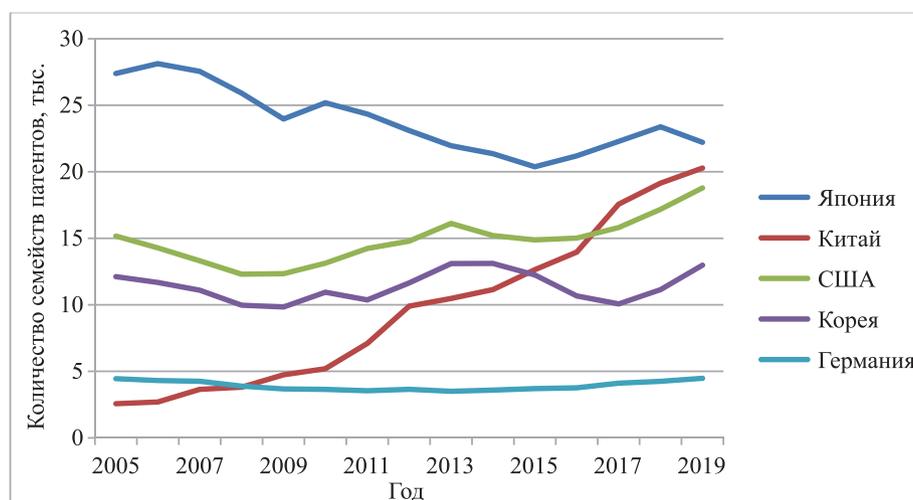


Рис. 5. Количество семейств патентов на изобретения в области информационно-коммуникационных технологий в IP5, поданных пятью ведущими странами мира
Fig. 5. Number of information and communication technologies patent families in IP5 filed by the world's top five countries

Установлено, что в период 2005–2020 гг. доля заявок в области ИКТ в общем количестве РСТ-заявок выросла с 26,7 до 30,6 %, а доля семейств патентов в области ИКТ в общем числе заявок на изобретения в IP5 колебалась незначительно. В 2019 г. последний показатель составлял для Китая 53,1 %, Кореи – 50,7 %, Швеции – 46,2 %, Финляндии – 42,5 %, США – 34,6 %, Ирландии – 34,5 %, Японии – 33,6 %, стран ОЭСР – 31,0 %, Израиля – 25,7 %, Нидерландов – 24,9 %, Великобритании – 23,9 %, Канады – 23,5 %, Франции – 20,9 %, Германии – 15,7 %, Швейцарии – 11,7 %⁸.

На рис. 6 на основании индикаторов ОЭСР построены кривые изменения количества заявок на выдачу патентов в области ИКТ и семейств патентов на изобретения в области ИКТ в IP5, поданных резидентами Республики Беларусь⁷ в исследуемый период. Из приведенных данных следует, что заявители из Беларуси имеют единичные РСТ-заявки в сфере ИКТ.

⁸ OECD Going Digital Toolkit, Patents in ICT Technologies, as a Share of Total IP5 Patent Families. *The Organization for Economic Co-operation and Development*. Available: <https://goingdigital.oecd.org/en/indicator/33> (Accessed 29 March 2024).



Рис. 6. Количество заявок на выдачу патентов и семейств патентов на изобретения в области информационно-коммуникационных технологий в IP5, поданных резидентами Республики Беларусь

Fig. 6. Number of applications for patents and families of patents for inventions in the field of information and communication technologies in IP5, filed by residents of the Republic of Belarus

В последние годы одним из основных направлений цифровой трансформации экономики является разработка новых инновационных технологий во всех сферах деятельности, базирующихся на системах искусственного интеллекта (ИИ), основными компонентами которого являются обработка знаний, распознавание речи, аппаратное обеспечение ИИ, эволюционные вычисления, обработка естественного языка, машинное обучение, компьютерное зрение, планирование и контроль и др.⁹ Масштабы и распространение ИИ среди технологий, изобретателей, владельцев патентов и регионов показывают его возрастающую роль в экономике ведущих стран, что подтверждается увеличением доли изобретений в сфере ИИ, регистрируемых патентными ведомствами США, Японии, Китая, Кореи, Великобритании и др. Однако это направление является предметом отдельного исследования.

В перечне национальных статистических показателей развития цифровой экономики в Республике Беларусь в части цифровой трансформации имеются еще два индикатора, относящихся к интеллектуальной собственности: количество патентов, выданных национальным заявителям на изобретения в сфере ИКТ, и удельный вес выданных национальным заявителям патентов на изобретения в сфере ИКТ в общем числе выданных патентов. В [2, с. 28] приведены эти показатели до 2020 г., а на рис. 7 и 8 представлены результаты изменения указанных индикаторов в 2013–2022 гг. на основании официальных данных Национального статистического комитета Республики Беларусь¹⁰.

Проведенное исследование показало, что Республика Беларусь обладает относительно невысоким потенциалом в части создания изобретений в сфере ИКТ. Количество выданных патентов за последние 10 лет снизилось примерно в 5–6 раз, что не соответствует требованиям цифровой трансформации экономики в части создания приборного парка на основе национальных патентов на изобретения в области ИКТ. Их удельный вес в общем числе выданных патентов в указанный период первоначально имел тенденцию к уменьшению, а впоследствии, пройдя «яму» (рис. 8), вернулся к первоначальному значению. Однако этому способствовало резкое падение общего количества выданных патентов. Анализ наблюдаемой тенденции уменьшения количества патентов в сфере ИКТ свидетельствует о том, что имеются значительные проблемы в части создания приборной базы ИКТ.

⁹ *Inventing AI. Tracing the Diffusion of artificial Intelligence with Patents U.S.*, U.S. Patent and Trademark Office. *Office of the Chief Economist*. Available: <https://www.uspto.gov/sites/default/files/documents/OCE-DH-AI.pdf> (Accessed 1 April 2024).

¹⁰ Национальные статистические показатели развития цифровой экономики в Республике Беларусь [Электронный ресурс]: Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/informatsionno-telekommunikatsionnye-tekhnologii/>. Дата доступа: 29.03.2024.

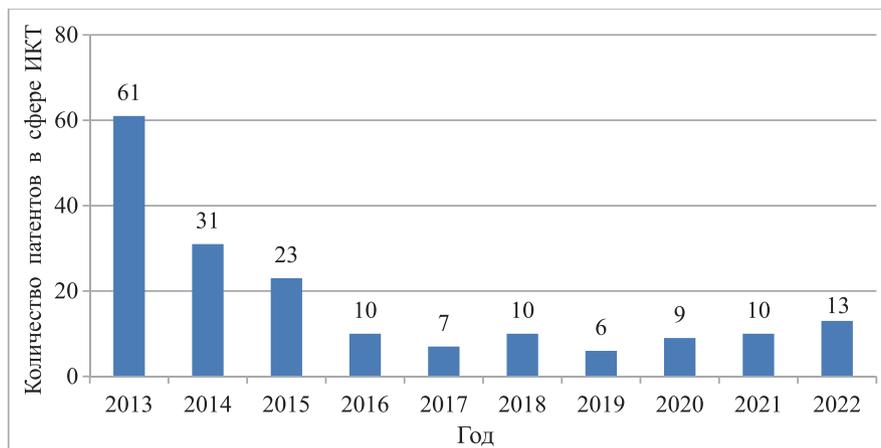


Рис. 7. Количество патентов, выданных национальным заявителям на изобретения в сфере информационно-коммуникационных технологий

Fig. 7. Number of patents issued to national applicants for inventions in the field of information and communication technologies

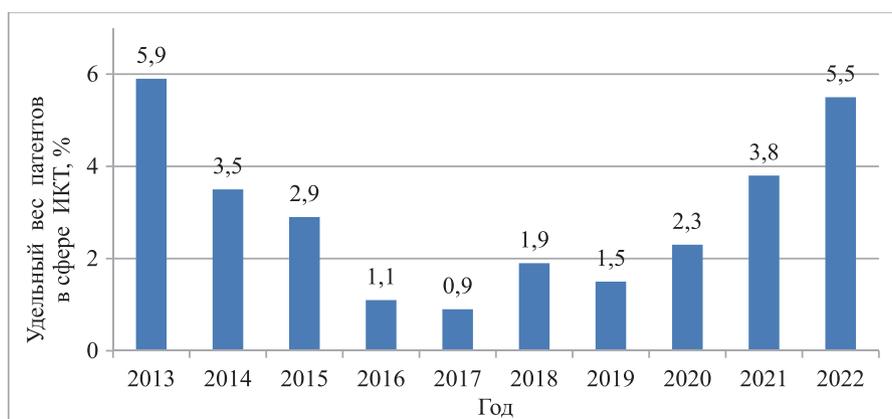


Рис. 8. Удельный вес выданных национальным заявителям патентов на изобретения в сфере информационно-коммуникационных технологий в общем числе выданных патентов

Fig. 8. Share of patents issued to national applicants for inventions in the field of information and communication technologies in the total number of issued patents

Заключение

1. На основании проведенного исследования можно заключить, что Республика Беларусь обладает значительным потенциалом в сфере создания программного обеспечения, что подтверждается ростом индекса информационно-коммуникационных технологий. В период 2011–2022 гг. валовая добавленная стоимость сектора информационно-коммуникационных технологий выросла в текущих ценах в 14,3 раза, к валовой добавленной стоимости по экономике – в 2,3 раза, а к ВВП – в 2,4 раза. Наибольший вклад в создание программных продуктов внес Парк высоких технологий. Однако одной из задач, поставленных перед Парком, является переориентация его деятельности на нужды Беларуси.

2. Установлено, что в республике создается малое количество патентов, имеющих отношение к информационно-коммуникационным технологиям, в результате чего существуют ограничения при формировании приборной базы для обеспечения цифровой трансформации экономики.

3. С учетом анализа мировых тенденций интеллектуализации экономики, описанных в [1], Национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 г., где в качестве одного из приоритетов определены «Цифровая трансформация экономики и широкомасштабное распространение инноваций», приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 гг. и имеющегося в Беларуси кадрового и научно-технического потенциала можно сформулировать следующие основные направления цифровой трансформации национальной экономики в части интеллектуальной собственности [3]:

- разработка новых инновационных технологий во всех сферах деятельности, базирующихся на системах искусственного интеллекта;
- создание национальной платформы для обработки большого объема патентных данных (изобретения и другие объекты промышленной собственности) с последующим их использованием при создании инноваций;
- стимулирование развития отечественной ИТ-индустрии в части создания изобретений в сфере информационно-коммуникационных технологий в целях поэтапного перехода экономики к высшим технологическим укладам;
- развитие национальной информационно-коммуникационной инфраструктуры и ее интеграция в мировую инфраструктуру (например, переход патентного ведомства на электронное делопроизводство по всем объектам интеллектуальной собственности);
- кадровое обеспечение ИТ-сектора, повышение цифровой грамотности управленческого персонала и населения; цифровизация системы образования в сфере интеллектуальной собственности;
- переход от аутсорсинговой к продуктовой модели развития ИТ-компаний, занимающихся разработкой программного обеспечения, в целях решения внутринациональных задач;
- капитализация нематериальных активов в сфере информационно-коммуникационных технологий.

Список литературы

1. Нечепуренко, Ю. В. Республика Беларусь в контексте мировых тенденций интеллектуализации экономики / Ю. В. Нечепуренко // Научные труды Белорусского государственного экономического университета. 2022. Вып. 15. С. 327–334.
2. Нечепуренко, Ю. В. Рынок объектов промышленной собственности, созданных в Республике Беларусь / Ю. В. Нечепуренко. Минск: Белор. гос. ун-т, 2022.
3. Нечепуренко, Ю. В. Интеллектуальная собственность в цифровой трансформации экономики / Ю. В. Нечепуренко // Экономический рост Республики Беларусь: глобализация, инновационность, устойчивость: матер. XIV Междунар. науч.-практ. конф., г. Минск, 20 мая 2021 г. Минск: Белор. гос. экон. ун-т, 2021. С. 195–196.

References

1. Nechepurenko Yu. V. (2022) The Republic of Belarus in the Context of Global Trends in the Intellectualization of the Economy. *Scientific Works of the Belarusian State Economic University*. (15), 327–334 (in Russian).
2. Nechepurenko Yu. V. (2022) *Market of Industrial Property Objects Created in the Republic of Belarus*. Minsk, Belarusian State University (in Russian).
3. Nechepurenko Yu. V. (2021) Intellectual Property in the Digital Transformation of the Economy. *Economic Growth of the Republic of Belarus: Globalization, Innovation, Sustainability, Materials of the XIV International Scientific Conference, Minsk, May 20*. Minsk, Belarusian State Economic University. 195–196 (in Russian).

Сведения об авторе

Нечепуренко Ю. В., канд. хим. наук, нач. научно-инновационного отдела Учреждения Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»

Адрес для корреспонденции

220006, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. Ленинградская, 14
Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»
Тел.: +375 17 378-88-05
E-mail: nuv_1956@mail.ru
Нечепуренко Юрий Васильевич

Information about the author

Nechepurenko Yu. V., Cand. of Sci., Head of the Scientific and Innovation Department of the Research Institute for Physical Chemical Problems of the Belarusian State University

Address for correspondence

220006, Republic of Belarus,
Minsk, Leningradskaya St., 14
Research Institute
for Physical Chemical Problems
of the Belarusian State University
Tel.: +375 17 378-88-05
E-mail: nuv_1956@mail.ru
Nechepurenko Yury Vasil'evich



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-46-51>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 378.016

ПОДХОДЫ К ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

И. В. ШАЦКАЯ

МИРЭА – Российский технологический университет (г. Москва, Российская Федерация)

Поступила в редакцию 22.03.2024

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

Аннотация. Актуальность статьи обусловлена повышенной значимостью подготовки инженерных кадров в условиях глобальной цифровой трансформации экономики и социальной сферы, а также стремительного ускорения темпов технологического развития. Во избежание технологического отставания России от стран-лидеров в области внедрения и использования цифровых технологий в самых разных сферах деятельности следует уделять внимание вопросам организации и содержания высшего технического образования. Автор считает необходимым применение компетентностного и междисциплинарного подходов в качестве базовых при преподавании дисциплин гуманитарного и социально-экономического блоков для будущих инженеров. В рамках компетентностного подхода в условиях цифровой трансформации образования предлагается активно применять в образовательном процессе метод геймификации в силу его очевидных преимуществ: повышение вовлеченности обучающихся в учебный процесс, рост мотивированности обучающихся и др. Для обоснования полученных выводов использовалась совокупность научных методов и подходов: анализа и синтеза, сравнения, обобщения, научной абстракции.

Ключевые слова: высшее образование, инженерные кадры, компетентностный подход, междисциплинарный подход, подготовка инженерных кадров.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Шацкая, И. В. Подходы к подготовке инженерных кадров в условиях цифровой трансформации образования / И. В. Шацкая // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 3. С. 46–51. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-46-51>.

APPROACHES TO THE TRAINING OF ENGINEERING PERSONNEL IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION

IRINA V. SHATSKAYA

MIREA – Russian Technological University (Moscow, Russian Federation)

Submitted 22.03.2024

Abstract. The relevance of the article is due to the increased importance of training engineering personnel in the context of the global digital transformation of the economy and social sphere, as well as the rapid acceleration of the pace of technological development. In order to avoid Russia's technological lag behind leading countries in the field of implementation and use of digital technologies in a variety of fields of activity, attention should be paid to the organization and content of higher technical education. The author considers it necessary to use competency-based and interdisciplinary approaches as basic ones when teaching the disciplines of the humanities and socio-economic blocks for future engineers. As part of the competency-based approach in the context of the digital transformation of education, it is proposed to actively use the gamification method in the educational process due to its obvious advantages: increasing the involvement of students in the educational process, increa-

sing the motivation of students, etc. To substantiate the findings, a set of scientific methods and approaches was used: analysis and synthesis, comparisons, generalizations, scientific abstractions.

Keywords: higher education, engineering personnel, competency-based approach, interdisciplinary approach, training of engineering personnel.

Conflict of interests. The author declares no conflict of interests.

For citation. Shatskaya I. V. (2024) Approaches to the Training of Engineering Personnel in the Context of Digital Transformation of Education. *Digital Transformation*. 30 (3), 46–51. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-46-51> (in Russian).

Введение

Вопрос профессиональной подготовки инженерных кадров в условиях цифровой трансформации образования является одним из приоритетных для обеспечения устойчивого развития национальной инновационной системы России. Как отмечено в [1, с. 4], в условиях освоения наукоемких технологий, информатизации и цифровизации отраслей экономики и социальной сферы, а также роста числа научных открытий высококомпетентные инженерные кадры, готовые к инициативной, созидательной деятельности, становятся ведущей движущей силой инновационного развития.

Доля выпускников образовательных организаций, получивших образование по направлениям подготовки в области инженерного дела, технологий и технических наук, с каждым годом увеличивается, спрос на инженерно-техническое образование со стороны абитуриентов также имеет положительную тенденцию, и количественная потребность в инженерных кадрах для российского рынка труда восполняется. Однако, невзирая на это, требует решения задача восполнения потребности в качественной профессиональной подготовке и в приросте численности инженеров дефицитных профилей, например, инженеров-разработчиков инновационных продуктов, исследователей данных или процессных аналитиков [1, с. 4, 5]. Цифровая трансформация предприятий способствовала формированию спроса на инженерно-управленческие кадры, сочетающие в себе технические знания и управленческие навыки в отношении производственно-технологических систем, – руководителей по цифровому проектированию и процессам, бизнес-архитекторов, руководителей по работе с данными и др. Преодоление дефицита высококвалифицированных инженеров требует формулирования концептуальных основ стратегического управления кадровым обеспечением инновационного развития, переосмысления роли системы высшего технического образования, обеспечивающей воспроизводство инженеров, которые наряду с представителями иных профессий будут выступать в качестве лидеров инноваций, формирующих у них «опережающее» мышление. Учитывая, что сегодня профессиональная подготовка кадров осуществляется в условиях стремительной цифровой трансформации системы образования, крайне важно уделить внимание вопросам о подходах к организации обучения, которые становятся ведущими и самыми целесообразными в цифровую эпоху.

Тенденции образования

Современная научная литература, в которой исследуются тенденции образования, чаще всего констатирует факт того, что традиционный подход к преподаванию и обучению не может в полной мере решить задачи, которые предъявляет к образовательным организациям рынок труда. По мнению Е. В. Гордеевой с соавторами [2, с. 113], в быстро меняющемся образовательном ландшафте преподаватели сталкиваются с проблемой соответствия меняющимся потребностям и ожиданиям своих студентов, особенно это стало заметно с внедрением дистанционного и онлайн-образования. Как отмечается в [2], цифровизация образования предусматривает самостоятельное изучение и освоение материала, поэтому педагог теперь будет выступать в качестве помощника, к которому будут обращаться лишь при острой необходимости. Будем надеяться, что роль преподавателя в будущем все же не будет низведена до статуса «помощника по острой необходимости». Вместе с тем следует признать, что традиционный подход к преподаванию в образовательных организациях высшего образования, сосредоточенный на передаче знаний от преподавателя студенту и делающий акцент на проведении аудиторных занятий, в современных условиях легкодоступности любой информации утрачивает свою исключительную эффективность.

В [3, с. 133] отмечается, что современное общество, живущее в век развития информационно-коммуникационных технологий, диктует новые тренды как к процессам обучения, так и к его результатам, а использование в образовательном процессе практикоориентированности, индивидуализации, непрерывности, цифровизации, онлайн-образования, междисциплинарности либо сочетание всех указанных форм и технологий является важным условием формирования предложений образовательных услуг на пути к изменяющемуся рынку труда.

Для того чтобы подготовить студентов к вызовам, которые диктует современная экономика (включая тотальную цифровую трансформацию, технологическую глобализацию и др.), необходимо сосредоточиться на развитии у обучающихся таких навыков, как критическое мышление, постановка и решение проблем, сотрудничество, а не только на запоминании информации. Следует создавать более привлекательные и интерактивные условия обучения, которые позволят студентам применять свои знания в реальных ситуациях. Поступая таким образом, можно лучше подготовить студентов к будущему профессиональному успеху.

С. Мишра, обозреватель портала Moonpreneur, в 2023 г. сформулировал следующие тренды в образовании¹:

- персонализированное обучение в рамках индивидуальных образовательных траекторий студентов;
- активное использование в учебном процессе таких форматов проведения занятий, как онлайн- и смешанное обучение;
- образование, основанное на компетенциях, которые необходимо сформировать до выпуска;
- особое внимание STEAM-образованию (Science, Technology, Engineering, Arts Mathematics – наука, технология, инженерия, искусство и математика);
- социально-эмоциональное обучение, нацеленное на развитие у студентов навыков эмпатии и сотрудничества, установления доверительных отношений внутри коллектива;
- активное применение в учебном процессе технологий искусственного интеллекта, включая чат-боты, виртуальные помощники, интеллектуальные системы обучения и др.;
- глобализация образования, развитие сетевой формы организации обучения;
- обучение на протяжении всей жизни.

Любой из этих трендов легко просматривается в системе российского высшего образования, что актуализирует вопрос о современных подходах к организации обучения студентов в целях повышения его эффективности. Тем более что не за горами появление новых технологий, которые будут определять облик образовательной организации будущего. Например, С. А. Шульмин и Ю. Р. Лутфуллин [4, с. 27] предполагают, что в будущем появятся продвинутые системы виртуальной реальности, которые позволят вообще не посещать учебные заведения. К примеру, сложное лабораторное оборудование и дорогие материалы заменят голографические объекты, и с их помощью можно будет и дома моделировать любые опыты.

Результаты исследований

Базовым подходом к подготовке инженеров должен стать компетентностный. Компетентность инженера – интегрированная характеристика качеств его личности, имеющая процессуальную направленность, мотивационный аспект, базирующаяся на знаниях, проявляющаяся в инженерной деятельности (реальной или смоделированной). Согласно [5, с. 77], компетентностный подход как методологическая установка ориентирует проектировщиков образования на:

- переход в профессиональном образовании от воспроизведения знаний к их применению и организации в некие функциональные системы, обеспечивающие эффективное решение профессиональных задач;
- более тесную увязку цели образования с экономической и социокультурной ситуацией в сфере труда;
- постановку во главу угла междисциплинарно-интегрированных требований к результату образовательного процесса;
- ориентацию выпускников на моделирование и творческую рефлексию разнообразия профессиональных и жизненных ситуаций.

¹ Образование-2024: восемь главных трендов [Электронный ресурс] // Forbes Club. Режим доступа: <https://club.forbes.ru/practicum/obrazovanie-2024-vosem-glavnyh-trendov>.

На основе компетентностного подхода к профессиональной подготовке инженерных кадров следует применять междисциплинарный подход к формированию учебных планов. Междисциплинарный подход предусматривает использование инструментов из самых разных отраслей наук для обеспечения широкого диапазона поиска объяснения изучаемого вопроса. Следует отметить, что такой подход, причем не только к образованию, но и к организации научных исследований, необходим для решения многих, если не всех, основных инженерных задач нынешнего десятилетия.

Сочетание компетентностного и междисциплинарного подходов к образованию предусматривает необходимость включения в содержание учебных планов будущих инженеров дисциплин социально-экономического блока. Перечислим некоторые задачи, которые требуют экономической компетентности от выпускников, получивших образование по укрупненной группе специальностей и направлений подготовки «Инженерное дело, технологии и технические науки» [5, с. 78]:

– умение формулировать цели инженерного проекта (программы), критерии и показатели достижения целей, строить структуры их взаимосвязей, устанавливать приоритеты решения задач (проблем);

– владение методами оценки и контроля качества в своей деятельности, проектирование процессов с целью разработки стратегии никогда не прекращающегося улучшения качества;

– анализ и проектирование современных инженерных систем на основе финансово-экономической оценки будущего товара или услуги;

– совокупность знаний и умений в области инженерии в условиях рыночной конкуренции, учета требований потребителей в качественных продуктах, грамотной рекламе продукта инженерной деятельности;

– знание правовых основ инженерного творчества (основы законодательства по защите прав потребителя, патентное право, нормативные акты по охране труда и окружающей среды и др.).

Изучение экономических дисциплин дает будущим инженерам возможность заниматься разработкой проектов, планировать целевые показатели их результативности и анализировать каждый этап реализации. Навыки финансового анализа, планирования и прогнозирования помогают инженеру принимать профессиональные решения с позиции их экономической целесообразности и эффективности.

Совершенно очевидно, что в условиях цифровой трансформации расширяются границы возможностей для внедрения в образовательный процесс активных и интерактивных методов обучения. Одним из таких методов является метод геймификации. Геймификация образования – это стратегия повышения вовлеченности обучающихся путем включения игровых элементов в образовательную среду. В ее основе лежит идея использования элементов и принципов игр в неигровом контексте. Основными задачами геймификации являются развитие у студентов определенных способностей, внедрение дополнительных (чаще всего практикоориентированных) заданий, которые придают обучению дополнительный смысл, вовлечение обучающихся, оптимизация обучения, поддержка изменения поведения и социализация.

Г. Кирякова с соавторами [6, с. 680] предприняли попытку обобщения самых разных толкований геймификации и отметили, что геймификация – это интеграция игровых элементов и игрового мышления в деятельность, которая, в свою очередь, не является игрой. Игровые элементы имеют некоторые отличительные особенности, которым отводится ключевая роль в геймификации. К ним относятся:

– участники – сотрудники или клиенты (для компаний), студенты (для образовательных организаций);

– вызовы/задачи, которые пользователи выполняют и продвигаются к определенным целям;

– баллы, накапливающиеся в результате выполнения задач;

– уровни, которые пользователи проходят в зависимости от набранных баллов;

– значки, служащие наградой за выполнение действий;

– ранжирование пользователей в соответствии с их достижениями.

Метод геймификации может оказаться весьма эффективным при преподавании для будущих инженеров экономических дисциплин, которые при всей их важности могут рассматриваться студентами как второстепенные, а не основные в составе их учебных планов. А потому изначальная мотивация к их освоению сравнительно низкая. Геймификация в образовательном процессе

благодаря интенсивной цифровой трансформации образования получила широкую типизацию. Самыми распространенными являются следующие ее типы².

1. Балльные системы. Вознаграждают студентов баллами за выполнение определенных задач или достижение определенных этапов.

2. Повышение уровня. Аналогично балльным системам, этот тип геймификации предполагает продвижение по уровням по мере того, как студенты выполняют задачи или достигают контрольных точек.

3. Квесты и испытания. Это структурированные действия, требующие от студентов выполнения ряда заданий, чтобы получить награды или перейти на следующий уровень.

4. Виртуальные миры и аватары. Создают виртуальный мир, в котором студенты могут взаимодействовать друг с другом и участвовать в различных действиях.

5. Геймификация на основе повествования. Предполагает изложение истории, в которой студенты могут участвовать, причем их действия влияют на результат.

6. Дополненная реальность и игры, основанные на местоположении. Используют GPS и другие технологии для создания впечатлений, основанных на местоположении, сочетающие физический и виртуальный миры.

Вдохновленные эффектами, которые могут производить игровые элементы на обучающихся, некоторые исследователи [7] изучили влияние геймификации в образовательном процессе, получив благоприятные результаты, такие как:

- рост вовлеченности в образовательный процесс;
- удержание интереса к дисциплине;
- повышение уровня и качества знаний;
- развитие внутригруппового взаимодействия между студентами и др.

Кроме того, как считают некоторые специалисты³, использование геймификации для содействия когнитивному развитию студентов позволит повысить активность областей мозга, обеспечивающих адекватное развитие. Игры, которые создаются специально для улучшения когнитивного развития, часто называют играми для мозга. Они становятся все более популярными и основаны на различных вопросах и задачах, на которые пользователь должен ответить или решить. Игры для мозга могут улучшить скорость, с которой мозг обрабатывает и сохраняет информацию. Геймификация базируется на ряде принципов, среди которых принципы:

– мотивации. Применение деловых игр в образовательном процессе подразумевает прохождение студентами заданий в отведенное время с тем, чтобы за правильные действия (к примеру, правильные ответы на вопросы) зарабатывать баллы, что поощряет их к предварительному изучению теоретического материала по дисциплине и углублению своих знаний. Кроме того, увлекательный характер заданий может помочь обучающимся визуализировать способ повторной попытки и достижения своих целей [8, с. 705];

– статуса. Высокие баллы за прохождение деловой игры придают студенту или группе студентов, если прохождение игры подразумевает командную работу, статусность, что выступает дополнительным мотиватором к прохождению обучения по дисциплине;

– вознаграждения. Успешное прохождение деловой игры – дополнительные баллы по дисциплине.

Заключение

1. Современные технологии, включая цифровые, диктуют необходимость пересмотра подходов к организации учебного процесса в системе высшего образования. Сегодня становится очевидным, что применение лишь традиционного подхода, предусматривающего трансляцию знаний от преподавателя студентам в учебной аудитории, является недостаточным в условиях легкодоступности любой, даже самой дефицитной, информации. Компетентностный и междисциплинарный подходы к профессиональной подготовке инженерных кадров позволяют использовать в обучении самые разные методы и инструменты, каждый из которых нацелен на повышение усвояемости учебного материала, рост вовлеченности студентов в учебный процесс, развитие у них гибких навыков и др.

² *Gamification in Education: Definition, Tools, and Types*. Available: <https://smowl.net/en/blog/gamification-in-education/>.

³ *5 Benefits of Gamification*. Available: <https://ssec.si.edu/stemvisions-blog/5-benefits-gamification>.

2. В рамках компетентностного подхода в условиях цифровой трансформации образования предлагается применять метод геймификации – например, в преподавании дисциплин социально-экономического блока для студентов инженерных направлений образовательной подготовки. Применение метода геймификации позволит повысить уровень вовлеченности обучающихся, улучшить конкретные их навыки и оптимизировать процесс обучения.

Список литературы

1. Шацкая И. В. Концепция стратегического управления кадровым обеспечением инновационного развития / И. В. Шацкая. М.: Москов. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, 2021.
2. Гордеева, Е. В. Цифровизация в образовании / Е. В. Гордеева, Ш. Г. Мурадян, А. С. Жажоян // Экономика и бизнес: теория и практика. 2021. Т. 74, № 4-1. С. 112–115.
3. Инновационные подходы в образовании: тенденции и передовой опыт / И. В. Буренина [и др.] // Вестник Уфимского государственного нефтяного технического университета. Наука, образование, экономика. Серия: Экономика. 2021. Т. 38, № 4. С. 132–139.
4. Шульмин, С. А. Инновационные подходы в системе современного образования / С. А. Шульмин, Ю. Р. Лутфуллин // Современное педагогическое образование. 2019. № 2. С. 25–30.
5. Чигиринская, Н. В. Новые аспекты технического образования: экономическая компетентность инженера / Н. В. Чигиринская // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2008. № 2. С. 76–79.
6. Kiryakova, G. Gamification in Education / G. Kiryakova, N. Angelova, L. Yordanova // Proceedings of 9th International Balkan Education and Science Conference. 2014. Vol. 1. P. 679–684.
7. Smiderle, R. The Impact of Gamification on Students' Learning, Engagement and Behavior Based on Their Personality Traits / R. Smiderle, S. J. Rigo, L. B. Marques // Smart Learn. Environ. 2020. Vol. 7, No 3. DOI: 10.1186/s40561-019-0098-x.
8. Геймификация как метод обучения: особенности и возможности / И. В. Виноградова [и др.] // Московский экономический журнал. 2022. № 3. С. 702–708. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_3_182.

References

1. Shatskaya I. V. (2021) *The Concept of Strategic Personnel Management for Innovative Development*. Moscow, Lomonosov Moscow State University (in Russian).
2. Gordeeva E. V., Muradyan Sh. G., Zhazhoyan A. S. (2021) Digitalization in Education. *Economics and Business: Theory and Practice*. 74 (4-1), 112–115 (in Russian).
3. Burenina I. V., Byl' E. A., Karachurina R. F., Saifullina S. F., Shkaley M. A. (2021) Innovative Approaches in Education: Trends and Best Practices. *Bulletin of the Ufa State Petroleum Technical University. Science, Education, Economics. Series Economics*. 38 (40), 132–139 (in Russian).
4. Shulmin S. A., Lutfullin Yu. R. (2019) Innovative Approaches in the System of Modern Education. *Modern Pedagogical Education*. (2), 25–30 (in Russian).
5. Chigirinskaya N. V. (2008) New Aspects of Technical Education: Economic Competence of an Engineer. *Izvestia of the Volgograd State Pedagogical University*. (2), 76–79 (in Russian).
6. Kiryakova G., Angelova N., Yordanova L. (2014) Gamification in Education. *Proceedings of the 9th International Balkan Conference on Education and Science*. (1), 679–684.
7. Smiderle R., Rigaud S. J., Marquez L. B. (2020) The Impact of Gamification on Learning, Engagement, and Student Behavior, Depending on Their Personality Traits. *Smart Learning. Environment*. 7 (3). DOI: 10.1186/s40561-019-0098-x.
8. Vinogradova I. V., Kalimullin D., Shershukova N. V., Tsilitsky V. S., Emaletdinova G. E. (2022) Gamification as a Teaching Method: Features and Possibilities. *Moscow Economic Journal*. (3), 702–708. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_3_182 (in Russian).

Сведения об авторе

Шацкая И. В., д-р экон. наук, доц., зав. каф. экономики, МИРЭА – Российский технологический университет

Адрес для корреспонденции

119454, Российская Федерация,
г. Москва, просп. Вернадского, 78
Тел.: +7 499 215-65-65
E-mail: Shatskaya@mirea.ru
Шацкая Ирина Вячеславовна

Information about the author

Shatskaya I. V., Dr. of Sci. (Econ.), Associate Professor, Head of the Department of Economics, MIREA – Russian Technological University

Address for correspondence

119454, Russian Federation,
Moscow, Vernadsky Ave., 78
Tel.: +7 499 215-65-65
E-mail: Shatskaya@mirea.ru
Shatskaya Irina Vyacheslavovna



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-52-56>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 338.1

ВОПРОСЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦИФРОВИЗАЦИИ В РАЗЛИЧНЫХ СФЕРАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Н. О. ЯКУШЕВ

Вологодский научный центр Российской академии наук (г. Вологда, Российская Федерация)

Поступила в редакцию 03.04.2024

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

Аннотация. Возможность реализации стратегических приоритетов цифрового развития и активизация деятельности различных стейкхолдеров (правительство, наука, бизнес, предприятия) в высокотехнологичных секторах являются необходимыми условиями успешного развития страны, решения экономических задач. Выделена ключевая принадлежность, касающаяся вопросов цифровизации. На основе анализа научной литературы определены те акценты (наличие цифровых технологий, влияние на управленческую и институциональную сферы, секторальные и территориальные черты, прикладная значимость), на которых сосредотачивают внимание исследователи. Систематизированы направления в зависимости от цифровизации отдельных объектов, включающие необходимые элементы цифровизации.

Ключевые слова: цифровизация, цифровые технологии, цифровая экономика, специфика, государственный сектор, системообразующие элементы.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность. Статья подготовлена в рамках государственного задания № FMGZ20220002 «Методы и механизмы социально-экономического развития регионов России в условиях цифровизации и четвертой промышленной революции».

Для цитирования. Якушев, Н. О. Вопросы исследования цифровизации в различных сферах деятельности / Н. О. Якушев // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 3. С. 52–56. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-52-56>.

QUESTIONS OF RESEARCH OF DIGITALIZATION IN VARIOUS FIELDS OF ACTIVITY

NIKOLAI O. YAKUSHEV

Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences (Vologda, Russian Federation)

Submitted 03.04.2024

Abstract. The ability to implement strategic priorities of digital development and intensify the activities of various stakeholders (government, science, business, enterprises) in high-tech sectors are necessary conditions for the successful development of the country and solving economic problems. A key affiliation related to digitalization issues has been highlighted. Based on the analysis of scientific literature, those accents (availability of digital technologies, impact on managerial and institutional spheres, sectoral and territorial features, applied significance) on which researchers focus their attention, are identified. The directions are systematized depending on the digitalization of individual objects, including the necessary elements of digitalization.

Keywords: digitalization, digital technologies, digital economy, specifics, public sector, system-forming elements.

Conflict of interests. The author declares no conflict of interests.

Gratitude. The article was prepared within the framework of state assignment No FMGZ20220002 “Methods and mechanisms of socio-economic development of Russian regions in the context of digitalization and the fourth industrial revolution”.

For citation. Yakushev N. O. (2024) Questions of Research of Digitalization in Various Fields of Activity. *Digital Transformation*. 30 (3), 52–56. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-52-56> (in Russian).

Введение

В современных условиях повышение производительности труда во всех сферах деятельности неразрывно связано с цифровизацией, с использованием цифровых платформ и искусственного интеллекта. Цифровые платформы позволяют оптимально выстроить взаимодействие граждан, бизнеса и государства. В России к 2030 г. планируется сформировать цифровые платформы во всех ключевых отраслях экономики и социальной сферы¹. Эти и другие комплексные задачи будут решаться в рамках нового национального проекта «Экономика данных». Создание цифровых платформ позволит не только увеличить скорость разработки цифровых сервисов, но и вывести на принципиально новый уровень развитие цифровизации в стране².

Согласно результатам исследования лаборатории кибербезопасности Сбербанка, вопросы, связанные с развитием технологии искусственного интеллекта вне зависимости от сферы их применения, требуют пристального внимания в части разработки новых подходов для обеспечения развития цифровизации, что влечет более углубленные исследования цифровизации и ее характеристик. Существующее понимание цифровизации не позволяет в полной мере отразить ее направление и основные особенности в решении теоретических вопросов и прикладных задач. Цель исследований – выявление и систематизация составляющих цифровизации, выделение направлений данного процесса на основе анализа научных разработок. Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

- определить на основе анализа научной литературы специфику цифровизации в проведенных исследованиях;
- выделить направления цифровизации на основе рассмотренных исследований;
- сформулировать предложения касательно развития исследований в области цифровизации.

Определение специфики цифровизации

Как правило, вопросы цифровизации рассматриваются по основным аспектам, касающимся глобальной трансформации, роли государства в цифровизации, тенденций и развития цифровой экономики страны, перспектив цифровой экономики и цифровых платформ, формирования государственной промышленной политики [1–4]. В статье под цифровизацией понимается преобразование информации в цифровую форму, которое сопровождается снижением издержек и появлением новых возможностей. Связь информации и цифровизации проявляется в том, что вторая пришла на смену первой.

В настоящее время понятие «цифровизация» в научных исследованиях рассматривается по ряду направлений: управленческо-институциональному, территориально-секторальному, материально-воспроизводственному. Данные направления различаются в зависимости от области исследований, фокуса и масштаба реализуемых задач, от ориентации полученных результатов. При этом в состав критериев в разрезе предложенных стоит отнести:

- управленческо-институциональный – акцент на рассмотрении аспектов управления и институтов;
- территориально-секторальный – анализ в зависимости от секторальной или территориальной принадлежности;
- материально-воспроизводственный – акцент на производстве материального блага (товар или услуга) для выполнения конкретных задач, на оценке использования и применения продуктов цифровизации для развития общества.

¹ Послание Президента России В. В. Путина Федеральному Собранию [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/73585>. Дата доступа: 29.02.2024.

² Белая книга цифровой экономики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://xn--80aaexclboigdbt9c2a2j7a.xn--p1ai/>. Дата доступа: 08.02.2024.

В [5] сделан акцент на использовании цифровых технологий для эффективного управления. Отмечено, что цифровые технологии позволяют применять цифровые решения для ускорения анализа происходящих изменений и разработки прогнозов с целью получения обширных аналитических данных для оперативного принятия и реализации управленческих решений. Схожая позиция приведена в [6], где сделан упор на цифровизации общественных финансов; среди проблем выделено формирование IT-систем государственного финансового контроля для обеспечения эффективности использования бюджетных средств, опираясь на внедрение риск-ориентированного подхода и основываясь на анализе Big Data.

Секторальная направленность отражена в [7], где подчеркнута, что все больше стран мира осуществляют цифровизацию, и все больше правительств вступает на путь цифровой трансформации. Отмечено, что цифровая среда создает новые экономические возможности для граждан и организаций. Прикладное значение секторальной направленности отражено в [8], где предпринята попытка выделить причины активизации цифровизации, в том числе в государственном секторе. Так, основным источником развития цифровизации является международная конкурентоспособность страны по внедрению и применению цифровых технологий в работе государственных структур, в реализации опыта использования цифровых услуг внутри страны.

Глобальные тренды и национальные драйверы цифровизации в реальном и виртуальном секторах экономики нашли отражение в [9, 10], где оценена практика использования цифровизации в качестве инструмента индустриализации промышленности, преобразования государственной сферы, бизнеса и общества. Особый акцент сделан на анализе коммуникации, психологии и цифровой культуры персонала, на его готовности к инновациям.

В перечисленных выше работах подчеркивается важность цифровизации для устойчивого роста экономики. Однако, если говорить о материально-воспроизводственной направленности, то значимость цифровых технологий связана с их доступностью для населения, с повышением эффективности использования частного капитала для создания финансовых цепочек [11, 12]. В исследованиях утверждается, что локомотивом развития цифровизации выступает производство цифровых товаров и услуг для использования в частном (предпринимательском) и потребительском (домашние хозяйства) секторах. В [13] отражена практико-ориентированность через подход к развитию цифровизации с использованием инвариантной системы координат потоков, что позволяет осуществить идентификацию стран и регионов как устойчивых социально-экономических структур.

Направления цифровизации

Специфика цифровизации в проведенных исследованиях находит явное отражение в выделенных направлениях (табл. 1). При этом учет системообразующих элементов в цифровизации осуществлен в зависимости от направленности. Это отражается и в тех акцентировках, которые делаются исследователями.

Таблица 1. Систематизирующие элементы цифровизации в зависимости от направленности
Table 1. Systematizing elements of digitalization depending on the focus

Направленность	Автор	Акцент, сделанный в исследовании	Системообразующий элемент цифровизации		
			Инфраструктурная особенность	Инфраструктурное обеспечение	Цифровая технология
Управленческо-институциональная	Лазарева М. В., Хасанова М., Костоусова Ю. А., Комарова О. В.	Управление, институты	+	–	+
Территориально-секторальная	Лихтин А. А., Игошин Д. Р., Уколов В. Ф., Черкасов В. В., Гаджиева А. Г.	Сектор, территория, отрасль, сфера	+	–	+

Окончание табл. 1
Ending of Tab. 1

Направленность	Автор	Акцент, сделанный в исследовании	Системообразующий элемент цифровизации		
			Инфраструктурная особенность	Инфраструктурное обеспечение	Цифровая технология
Материально-воспроизводственная	Гончаренко Л. П., Сыбачин С. А., Шуйский В. П., Абрамов В. И., Абрамов И. В., Путилов А. В., Трушина И.	Производство блага, материальная значимость, использование капитала	–	–	+
<i>Примечание – «+» – учитывается; «–» – не учитывается (составлено автором на основе [5–14]).</i>					

Развитие исследований в области цифровизации

В проанализированных работах специфика исследования, затрагивающая вопросы цифровизации, связана со следующими особенностями:

- 1) направленность исследований сфокусирована в трех основных аспектах: управленческо-институциональном, территориально-секторальном, материально-воспроизводственном;
- 2) управленческо-институциональная и секторальная направленности учитывают как инфраструктурные особенности, так и вклад цифровых технологий;
- 3) цифровые технологии особую значимость приобретают в исследованиях материально-воспроизводственной направленности.

Следует отметить, что основополагающим для цифровизации в проанализированных исследованиях выступают цифровые технологии, а вопросам их создания и инфраструктурного обеспечения не уделяется должного внимания. В связи с этим исследования по цифровизации должны концентрироваться на учете инфраструктурного обеспечения [14] для их создания, что позволит более детально анализировать взаимосвязь разных агентов, а также осуществлять оценку их вклада в цифровизацию по разной направленности.

Заключение

1. На основе анализа научной литературы определена специфика ориентации цифровизации, что позволило выделить такие ее направления, как управленческо-институциональные, территориально-секторальные, материально-воспроизводственные.

2. В качестве предложения для изучения сферы цифровизации сделан акцент на учете условий, обеспечивающих эффективное функционирование цифровых технологий в различных сферах деятельности. В перспективе это даст основание для разработки подхода, использование которого поможет проанализировать отечественный опыт цифровизации государственного сектора экономики.

Список литературы

1. Басаев, З. В. Цифровизация экономики: Россия в контексте глобальной трансформации / З. В. Басаев // Мир новой экономики. 2018. № 4. С. 32–38.
2. Мехренцев, А. В. Роль государства в цифровизации экономики / А. В. Мехренцев, Е. Н. Стариков, Е. С. Мезенцева // Россия: тенденции и перспективы развития. 2018. № 13-2. С. 134–136.
3. Осипов, Ю. М. Цифровая платформа как институт эпохи технологического прорыва / Ю. М. Осипов, Т. Н. Юдина, И. З. Гелисханов // Экономические стратегии. 2018. № 5. С. 22–29.
4. Усков, В. С. Проблемы формирования государственной промышленной политики в условиях цифровизации экономики / В. С. Усков // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2020. Т. 13, № 6. С. 134–151. DOI: 10.15838/esc.2020.6.72.8.
5. Лазарева, М. В. Современное управление и цифровизация / М. В. Лазарева, М. Хасанова // Talqin va Tadqiqotlar ILmiy-Uslubiy Jurnal. 2023. Vol. 1, No 17. P. 301–307.
6. Костоусова, Ю. А. Цифровизация государственного финансового контроля: институциональный анализ / Ю. А. Костоусова, О. В. Комарова // Журнал экономической теории. 2019. Т. 16, № 4. С. 842–848.
7. Лихтин, А. А. Трансформация государственного управления в условиях цифровизации / А. А. Лихтин // Управленческое консультирование. 2021. № 4. С. 18–26.

8. Игошина, Д. Р. О цифровой трансформации в государственном секторе / Д. Р. Игошина // Вопросы устойчивого развития общества. 2020. № 8. С. 29–35. DOI: 10.34755/IROK.2020.56.19.020.
9. Уколов, В. Ф. Цифровизация. Взаимодействие реального и виртуального секторов экономики / В. Ф. Уколов, В. В. Черкасов. М.: ИНФРА-М, 2019.
10. Гаджиева, А. Г. Цифровизация и занятость: роль отраслей сектора услуг / А. Г. Гаджиева // Инновации. 2018. № 2. С. 61–70.
11. Гончаренко, Л. П. Цифровизация национальной экономики / Л. П. Гончаренко, С. А. Сыбачин // Вестник университета. 2019. № 8. С. 32–38. DOI: 10.26425/1816-4277-2019-8-32-38.
12. Шуйский, В. П. Цифровизация экономики России: достижения и перспективы // Вестник Института экономики Российской академии наук. 2020. № 6. С. 158–169. DOI: 10.24411/2073-6487-2020-10076.
13. Цифровизация экономических отношений как фактор устойчивого развития стран / В. И. Абрамов [и др.] // Вопросы инновационной экономики. 2023. Т. 13, № 2. С. 615–636. DOI: 10.18334/vinec.13.2.117125.
14. Теребова, С. В. Экономика региона в цифровую эпоху: проблемы и перспективы / С. В. Теребова, В. С. Усков, К. А. Устинова. Вологда: Вологод. науч. центр Рос. акад. наук, 2022.

References

1. Basaev Z. V. (2018) Digitalization of the Economy: Russia in the Context of Global Transformation. *World of New Economics*. (4), 32–38 (in Russian).
2. Mekhrentsev A. V., Starikov E. N., Mezentseva E. S. (2018) The Role of the State in the Digitalization of the Economy. *Russia: Trends and Development Prospects*. (13-2), 134–136 (in Russian).
3. Osipov Yu. M., Yudina T. N., Gelikhanov I. Z. (2018) Digital Platform as an Institution in the Era of Technological Breakthrough. *Economic Strategies*. (5), 22–29 (in Russian).
4. Uskov V. S. (2020) Problems of Forming State Industrial Policy in the Context of Digitalization of the Economy. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 13 (6), 134–151. DOI: 10.15838/esc.2020.6.72.8 (in Russian).
5. Lazareva M. V., Khasanova M. (2023) Modern Management and Digitalization. *Talqin va Tadqiqotlar Ilmiy-Ushubiy Jurnali*. 1 (17), 301–307 (in Russian).
6. Kostousova Yu. A., Komarova O. V. (2019) Digitalization of State Financial Control: Institutional Analysis. *Journal of Economic Theory*. 16 (4), 842–848 (in Russian).
7. Likhtin A. A. (2021) Transformation of Public Administration in the Context of Digitalization. *Management Consulting*. (4), 18–26 (in Russian).
8. Igoshina D. R. (2020) On Digital Transformation in the Public Sector. *Issues of Sustainable Development of Society*. (8), 29–35. DOI: 10.34755/IROK.2020.56.19.020 (in Russian).
9. Ukolov V. F., Cherkasov V. V. (2019) *Digitalization. Interaction of Real and Virtual Sectors of the Economy*. Moscow, INFRA-M (in Russian).
10. Gadzhieva A. G. (2018) Digitalization and Employment: The Role of Service Sectors. *Innovations*. (2), 61–70 (in Russian).
11. Goncharenko L. P., Sybacin S. A. (2019) Digitalization of the National Economy. *University Bulletin*. (8), 32–38. DOI: 10.26425/1816-4277-2019-8-32-38 (in Russian).
12. Shuisky V. P. (2020) Digitalization of the Russian Economy: Achievements and Prospects. *Bulletin of the Institute of Economics of the Russian Academy of Sciences*. (6), 158–169. DOI: 10.24411/2073-6487-2020-10076 (in Russian).
13. Abramov V. I., Abramov I. V., Putilov A. V., Trushinya I. (2023) Digitalization of Economic Relations as a Factor in the Sustainable Development of Countries. *Issues of Innovative Economics*. 13 (2), 615–636. DOI: 10.18334/vinec.13.2.117125 (in Russian).
14. Terebova S. V., Uskov V. S., Ustinova K. A. (2022) *Regional Economy in the Digital Era: Problems and Prospects*. Vologda, Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (in Russian).

Сведения об авторе

Якушев Н. О., науч. сотр., Вологодский научный центр Российской академии наук

Адрес для корреспонденции

160014, Российская Федерация,
г. Вологда, ул. Горького, 56а
Вологодский научный центр
Российской академии наук
Тел.: +7 9646 688-434
E-mail: yakushev.n.o@gmail.com
Якушев Николай Олегович

Information about the author

Yakushev N. O., Researcher, Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences

Address for correspondence

160014, Russian Federation,
Vologda, Gorky St., 56a
Vologda Research Center
of the Russian Academy of Sciences
Tel.: +7 9646 688-434
E-mail: yakushev.n.o@gmail.com
Yakushev Nikolai Olegovich



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-57-60>

Оригинальная статья
Original paper

Краткое сообщение

УДК 378.147.31

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИК ПРЕПОДАВАНИЯ БАЗОВЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

А. Н. ВЫБОРНОВ, Ж. Г. ВЕГЕРА

МИРЭА – Российский технологический университет (г. Москва, Российская Федерация)

Поступила в редакцию 25.03.2024

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

Аннотация. Предложены инновации в курсах математического анализа, линейной алгебры и дискретной математики, читаемых на первом году обучения. Новшества направлены на совершенствование методик преподавания базовых математических дисциплин в высшей школе.

Ключевые слова: методика преподавания, математический анализ, линейная алгебра, дискретная математика.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Выборнов, А. Н. Совершенствование методик преподавания базовых математических дисциплин в высшей школе / А. Н. Выборнов, Ж. Г. Вегера // *Цифровая трансформация*. 2024. Т. 30, № 3. С. 57–60. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-57-60>.

ENHANCEMENT OF TEACHING METHODS OF MAIN MATHEMATICAL DISCIPLINES IN HIGHER SCHOOL

ALEXANDER N. VYBORNOV, ZHANNA G. VEGERA

MIREA – Russian Technological University (Moscow, Russian Federation)

Submitted 25.03.2024

Abstract. Innovations are proposed in the courses of mathematical analysis, linear algebra and discrete mathematics taught in the first year of study. Innovations are aimed at improving methods of teaching basic mathematical disciplines in higher education.

Keywords: teaching methods, mathematical analysis, linear algebra, discrete mathematics.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Vybornov A. N., Vegera Zh. G. (2024) Enhancement of Teaching Methods of Main Mathematical Disciplines in Higher School. *Digital Transformation*. 30 (3), 57–60. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-57-60> (in Russian).

Базовые математические дисциплины, такие как математический анализ, высшая и линейная алгебра, аналитическая геометрия, а в последнее время и дискретная математика, преподаются на первом году обучения. Они должны служить фундаментом для изучения более прикладных математических дисциплин – дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики, а также других предметов, использующих математику в своем построении. Инновации в этих базовых курсах предложены в [1–4].

В курсе математического анализа в начальной его части при изложении теории пределов функции одной переменной возникает необходимость дать много определений и хотя бы сформулировать большое количество утверждений и теорем, обосновывающих процедуры вычисления пределов, которые используются на практических занятиях. Следует отметить, что практически во всех популярных учебниках изложение теории пределов неполно. В них обнаруживается использование утверждений, которые не были до этого хотя бы сформулированы.

Для исправления такого существенного недостатка авторы статьи предлагают следующий подход. Определение предела функции настолько общее, что оно накрывает (с избытком) все необходимые для полного изложения 24 определения (предел в конечной точке, на бесконечности, односторонние пределы, пределы, равные конечному числу, бесконечности, плюс и минус бесконечности). Предлагается пополнить числовую прямую одной дополнительной «точкой» – бесконечностью $\hat{\mathbb{R}} = \mathbb{R} \cup \{\infty\}$.

Далее определяются окрестность конечной точки $x \in \mathbb{R}$ как интервал, содержащий эту точку, и односторонние окрестности как полуинтервалы $(a, x]$ и $[x, b)$. При этом $(a, x]$ будем называть окрестностью x^- , а $[x, b)$ – окрестностью x^+ . Для добавленной точки ∞ окрестность – это множество $(-\infty, a) \cup (b, +\infty) \cup \{\infty\} = \hat{\mathbb{R}} \setminus [a, b]$. Односторонние окрестности точки ∞ – это множества $(-\infty, a) \cup \{\infty\}$ (назовем его окрестностью ∞^-) и $(b, +\infty) \cup \{\infty\}$ (назовем его окрестностью ∞^+).

Определим проколотую окрестность $\dot{O}(a)$ (в том числе для односторонних окрестностей), убрав из окрестности точку, окрестность которой рассматривается. Общее определение предела функции выглядит так: пусть c – это число x_0 , или x_0^- , или x_0^+ , или ∞ , или ∞^- , или ∞^+ . Рассмотрим функцию $f(x)$, определенную в бесконечном числе точек любой окрестности c . Пусть L – число x_0 , или x_0^- , или x_0^+ , или ∞ , или ∞^- , или ∞^+ . Тогда предел функции $L = \lim_{x \rightarrow c} f(x)$, если \forall окрестности L (обозначаем $U(L)$) \exists окрестность c (обозначаем $O(c)$) такая, что $f(\dot{O}(c)) \subseteq U(L)$. Предложенное определение предела накрывает все 24 необходимых определения традиционных курсов и даже несколько шире (добавляются еще 12 случаев): в рассматриваемом случае предел может быть равен 5^- и 5^+ .

Затем в курсе рассматриваются теоремы о пределах суммы, разности, произведения, частного и степени. Неопределенностями назовем случаи, когда эти теоремы не дают определенного ответа. В предлагаемом в статье варианте это понятие шире традиционного. При изучении правила де Лопиталья для раскрытия неопределенности $\frac{\infty}{\infty}$ обязательно рассматривается пример Штольца, показывающий важность требования не обращения в нуль производной знаменателя.

Заметим, что при рассмотрении так называемых замечательных пределов $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$ и $\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e$ приводимые во многих курсах доказательства первого из этих пределов таковыми не являются. Этот предел уже заложен в существовании радианной меры угла, вытекает из факта спрямляемости (наличия конечной длины) дуги окружности и сводится к факту существования константы π .

В линейной алгебре и аналитической геометрии предложены и внедрены в учебный процесс ряд инноваций [1]. Рассматривается метод x -пересчета для решения систем линейных уравнений, позволяющий «беречь» целые числа при реализации гауссовых исключений при точном решении системы линейных уравнений. Правило x -пересчета может быть также использовано при вычислении определителей и обращении матриц. Этот простой и удобный прием внедрен в учебный процесс, что повысило эффективность освоения учебного материала студентами. При изложении теории линейных операторов, билинейных функций и квадратичных форм активно используются матрицы, элементами которых являются векторы. Это позволяет более кратко, ясно и изящно доказывать многие теоремы.

В курсе дискретной математики предложены и используются в учебной практике многочисленные инновации [2–4]. Большое внимание в этом курсе уделяется комбинаторике – центральному разделу курса. При изучении основных комбинаторных чисел, не имеющих простых формул для их вычисления (таких, как числа Стирлинга 1-го и 2-го рода, числа Лаха [5] – для которых

есть простая формула, числа разбиения натурального числа), предлагается опираться на двумерные рекуррентные соотношения, которым удовлетворяют данные числа. Это позволяет удобно вычислять комбинаторные числа, заполняя двумерные таблицы. Заполнение двумерной таблицы напоминает действие клеточного автомата [6]. Используя двумерную индукцию, можно доказывать утверждения о свойствах этих чисел. В последние годы подход получения комбинаторных чисел путем заполнения двумерной таблицы эффективно применяется для других комбинаторных чисел [7, 8]. Для комбинаторных чисел, формулы для вычисления которых обычно доказываются с помощью искусственных приемов (таких, как числа сочетаний с повторениями, числа Каталана [9]), предлагаются доказательства, использующие прямые комбинаторные рассуждения [3].

В теории булевых функций предложен и внедрен в учебную практику удобный и простой критерий линейности булевой функции, позволяющий почти мгновенно определять наличие или отсутствие свойства линейности у булевой функции любого числа переменных, заданной вектором своих значений [3]. Также использован наглядный удобный способ выявления свойства монотонности у булевой функции трех переменных. При рассмотрении таких функций используется бинарный куб [2]. В [2, 4] рассмотрен новый способ построения полинома Жегалкина, который быстрее популярного способа В. П. Супруна [10] (часто неверно называемого методом треугольника Паскаля). Алгебраическая нормальная форма булевой функции (полином Жегалкина) находит широкое применение в приложениях [11].

Заключение

Рассмотренные в статье инновации используются в практике преподавания базовых математических дисциплин. Это позволяет повышать эффективность освоения материала студентами младших курсов инженерных специальностей.

Список литературы

1. Выборнов, А. Н. Элементы высшей алгебры / А. Н. Выборнов, Ж. Г. Вегера. М.: МИРЭА – Рос. технол. ун-т, 2023.
2. Дискретная математика / А. Н. Выборнов, Е. А. Ветренко. М.: МИРЭА – Рос. технол. ун-т, 2023.
3. Vybornov, A. N. Some Innovations in Section “Combinatorics” of Discrete Mathematics Course / A. N. Vybornov // 3rd International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education. 2023. P. 174–177.
4. Vybornov, A. N. Innovations in the “Boolean Functions” Section of the Discrete Mathematics Course / A. N. Vybornov, A. A. Rusakov // Proceedings-2023, TELE 2023. 2023. P. 170–173.
5. Lah, Ivo. A New Kind of Numbers and Its Application in the Actuarial Mathematics / Lah Ivo // Boletim do Instituto dos Actuários Portugueses. 1954. No 9. P. 7–15.
6. Shapiro, L. W. A Catalan Triangle / L. W. Shapiro // Discrete Mathematics. 1976. Vol. 14, No 1. P. 83–90.
7. Kaneko, M. The Akiyama-Tanigawa Algorithm for Bernoulli Numbers / M. Kaneko // Journal of Integer Sequences. 2000. Vol. 12, No 29.
8. Chen, K. W. Algorithms for Bernoulli Numbers and Euler Numbers / K. W. Chen // Journal of Integer Sequences. 2001. Vol. 4.
9. Rukavicka, J. On Generalized Dyck Paths / J. Rukavicka // Electronic Journal of Combinatorics. 2011.
10. Suprun, V. P. The Tabular Method of Polynomial Decomposition of Boolean Functions / V. P. Suprun // Kibernetika. 1987. No 1. P. 116–117.
11. Fernandez-Davila, J. Zhegalkin Polynomial SAT Solver / J. F. Davila // Editorial Académica Española Jan. 2019.

References

1. Vybornov A. N., Vejera Zh. G. (2023) *Elements of Algebra*. Moscow, MIREA – Russian Technological University (in Russian).
2. Vybornov A. N., Vetrenko E. A. (2023) *Discrete Mathematics*. Moscow, MIREA – Russian Technological University (in Russian).
3. Vybornov A. N. (2023) Some Innovations in Section “Combinatorics” of Discrete Mathematics Course. *3rd International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education*. 174–177.
4. Vybornov A. N., Rusakov A. A. (2023) Innovations in the “Boolean Functions” Section of the Discrete Mathematics Course. *3rd International Conference on Technology Enhanced Learning in Higher Education*. 170–173.

5. Lah Ivo (1954) A New Kind of Numbers and Its Application in the Actuarial Mathematics. *Boletim do Instituto dos Actuários Portugueses*. (9), 7–15.
6. Shapiro L. W. (1976) A Catalan Triangle. *Discrete Mathematics*. 14 (1), 83–90.
7. Kaneko M. (2000) The Akiyama-Tanigawa Algorithm for Bernoulli Numbers. *Journal of Integer Sequences*. 12 (29).
8. Chen K. W. (2001) Algorithms for Bernoulli Numbers and Euler Numbers. *Journal of Integer Sequences*. 4.
9. Rukavicka J. (2011) On Generalized Dyck Paths. *Electronic Journal of Combinatorics*.
10. Suprun V. P. (1987) The Tabular Method of Polynomial Decomposition of Boolean Functions. *Kibernetika*. (1), 116–117.
11. Fernandez-Davila J. (2019) Zhegalkin Polynomial SAT Solver. *Editorial Académica Española Jan*.

Вклад авторов / Authors' contribution

Авторы внесли равный вклад в написание статьи / The authors contributed equally to the writing of the article.

Сведения об авторах

Выборнов А. Н., канд. физ.-мат. наук, доц., доц. каф. высшей математики Института кибербезопасности и цифровых технологий, МИРЭА – Российский технологический университет

Вегера Ж. Г., канд. физ.-мат. наук, доц., зав. каф. высшей математики Института кибербезопасности и цифровых технологий, МИРЭА – Российский технологический университет

Адрес для корреспонденции

107996, Российская Федерация,
г. Москва, ул. Стромьнка, 20
МИРЭА – Российский
технологический университет
Тел.: +7 985 272-55-08
E-mail: vegera@mirea.ru
Вегера Жанна Геннадьевна

Information about the authors

Vybornov A. N., Cand. of Sci., Associate Professor, Associate Professor at the Department of Higher Mathematics of the Institute of Cyber Safety and Digital Technologies, MIREA – Russian Technological University

Vegera Zh. G., Cand. of Sci., Associate Professor, Head of the Department of Higher Mathematics of the Institute of Cyber Safety and Digital Technologies, MIREA – Russian Technological University

Address for correspondence

107996, Russian Federation,
Moscow, Stromynka St., 20
MIREA – Russian
Technological University
Tel.: +7 985 272-55-08
E-mail: vegera@mirea.ru
Vegera Zhanna Gennadievna



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-61-68>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 339.138; 004.7.371

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЛОКЧЕЙНА ETHEREUM В СЕТИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ДЛЯ ИТ-ДИАГНОСТИКИ

В. А. ВИШНЯКОВ, ИВЭЙ СЯ, ЧУЮЭ ЮЙ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Поступила в редакцию 23.01.2024

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

Аннотация. В статье рассмотрено использование технологии блокчейн Ethereum в сети интернета вещей (IoT) для ИТ-диагностики пациентов, что повышает безопасность данных и конфиденциальность пользователей. Такая интеграция оказывается эффективной для хранения и управления конфиденциальными данными пациентов с неврологическими болезнями. Разработана архитектура интегрированной системы, которая объединяет сеть IoT, файловую структуру IPFS (InterPlanetary File System) с блокчейном Ethereum для создания надежной модели хранения данных. Эта система обеспечивает эффективную, безопасную и прозрачную обработку данных, оптимизируя процессы их регистрации, авторизации и проверки. Использование IPFS для децентрализованного хранения файлов, наряду с блокчейном Ethereum, с целью создания защищенных от несанкционированного доступа медицинских записей обеспечивает повышение эффективности, масштабируемости и конфиденциальности. При проведении экспериментов реализован процесс создания и тестирования системы, включая настройку среды, подключение узла IPFS, программирование смарт-контрактов Ethereum, выборку голосовых данных и хранение их хэшей.

Ключевые слова: интернет вещей, блокчейн Ethereum, файловая система, голосовые данные, конфиденциальность.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Вишняков, В. А. Использование блокчейна Ethereum в сети интернета вещей для ИТ-диагностики / В. А. Вишняков, Ивэй Ся, Чуюэ Юй // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 3. С. 61–68. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-61-68>.

USING THE ETHEREUM BLOCKCHAIN IN THE INTERNET OF THINGS NETWORK FOR IT DIAGNOSTICS

ULADZIMIR A. VISHNIAKOU, YIWEI XIA, CHUYUE YU

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 23.01.2024

Abstract. The article discusses the use of Ethereum blockchain technology in the Internet of Things (IoT) network for IT diagnostics of patients, which increases data security and user privacy. This integration is proving effective for storing and managing sensitive data of patients with neurological diseases. An integrated system architecture has been developed that combines the IoT network, the IPFS (InterPlanetary File System) file structure with the Ethereum blockchain to create a reliable data storage model. This system ensures efficient, secure and transparent data processing, optimizing the processes of data registration, authorization and verification. Using IPFS for decentralized file storage, along with the Ethereum blockchain to create tamper-proof medical records, provides increased efficiency, scalability and privacy. During the experiments, the process of creating and testing the system was implemented, including setting up the environment, connecting an IPFS node, programming Ethereum smart contracts, sampling voice data and storing their hashes.

Keywords: Internet of things, Ethereum blockchain, file system, voice data, privacy.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interest.

For citation. Vishniakou U. A., YiWei Xia, Chuyue Yu (2024) Using the Ethereum Blockchain in the Internet of Things Network for IT Diagnostics. *Digital Transformation*. 30 (3), 61–68. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-61-68> (in Russian).

Введение

Технология интернета вещей (IoT) [1, 2] включает сеть устройств и датчиков, соединенных между собой через интернет, способных собирать, обмениваться и обрабатывать данные для обеспечения эффективных и интеллектуальных операций. Однако технология IoT имеет проблемы в области безопасности данных, защиты конфиденциальности, которые варьируются от рисков утечки данных, уязвимостей в безопасности устройств и данных. Для обеспечения безопасности среды интернета вещей и эффективной защиты данных пользователей необходима стратегия безопасности, включающая усиление защиты устройств, шифрование данных, разработку и обеспечение соблюдения политик защиты конфиденциальности пользователей.

Технология блокчейн Ethereum [3] обеспечивает безопасность и неизменность данных благодаря хэшированию, шифрованию и децентрализации. Ее применение в сетях IoT позволит обеспечить безопасность данных и конфиденциальность пользователей [4]. Ethereum – это платформа смарт-контрактов, основанная на технологии блокчейн, используемая для создания децентрализованных приложений (DApps). Смарт-контракты, развернутые в Ethereum, представляют собой распределенные программы, работающие на нескольких узлах сети. Когда пользователи сохраняют хэш-значение в смарт-контракте с помощью его функций, хэш-значение записывается в состояние каждого узла сети Ethereum, обеспечивая неизменность данных. Одновременно в цепочке может быть установлена индексация для удобства поиска, реализуемая путем записи функций поиска в контракт. Способность смарт-контрактов в рамках технологии Ethereum автоматизировать выполнение транзакций повышает эффективность управления данными.

В статье рассмотрено использование технологии Ethereum в сетях IoT IT-диагностики пациентов при хранении медицинских диагностических данных с болезнью Паркинсона [5] и Альцгеймера [6].

Структура хранения данных IoT с использованием файловой системы и Ethereum

Как показано на рис. 1, в системе интернета вещей IT-диагностики данные от пациентов, оснащенных датчиками, отправляются на локальный сервер [7]. Сервер получает данные по протоколу HTTP и взаимодействует с веб-сервером с использованием WSGI (Web Server Gateway Interface). Сервер использует программу Flask для обработки данных, которые затем обрабатываются моделями нейронных сетей GRU, LSTM и RNN. Эти модели анализируют данные для генерации прогнозов. Сервер также включает базу данных для их хранения и извлечения.

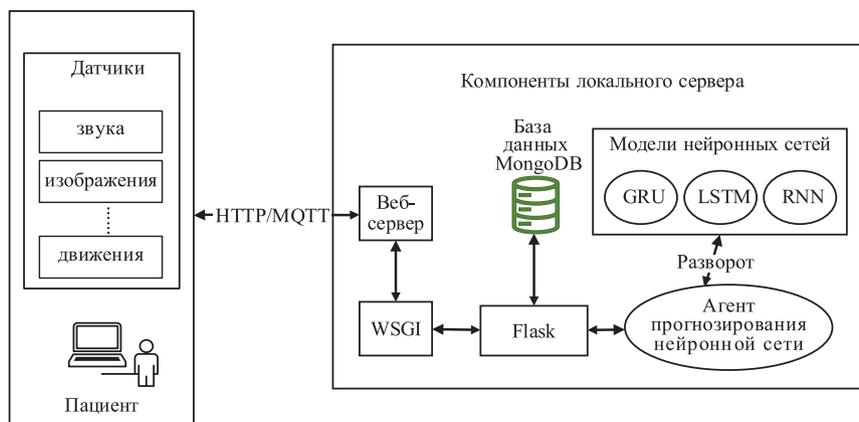


Рис. 1. Архитектура системы интернета вещей на основе нейронной сети
Fig. 1. Architecture of an Internet of things system based on a neural network

На рис. 2 показана разработанная структура системы хранения данных IoT, использующая технологию блокчейн Ethereum и включающая процесс регистрации, авторизации и проверки данных через Ethereum и файловую систему (IPFS).

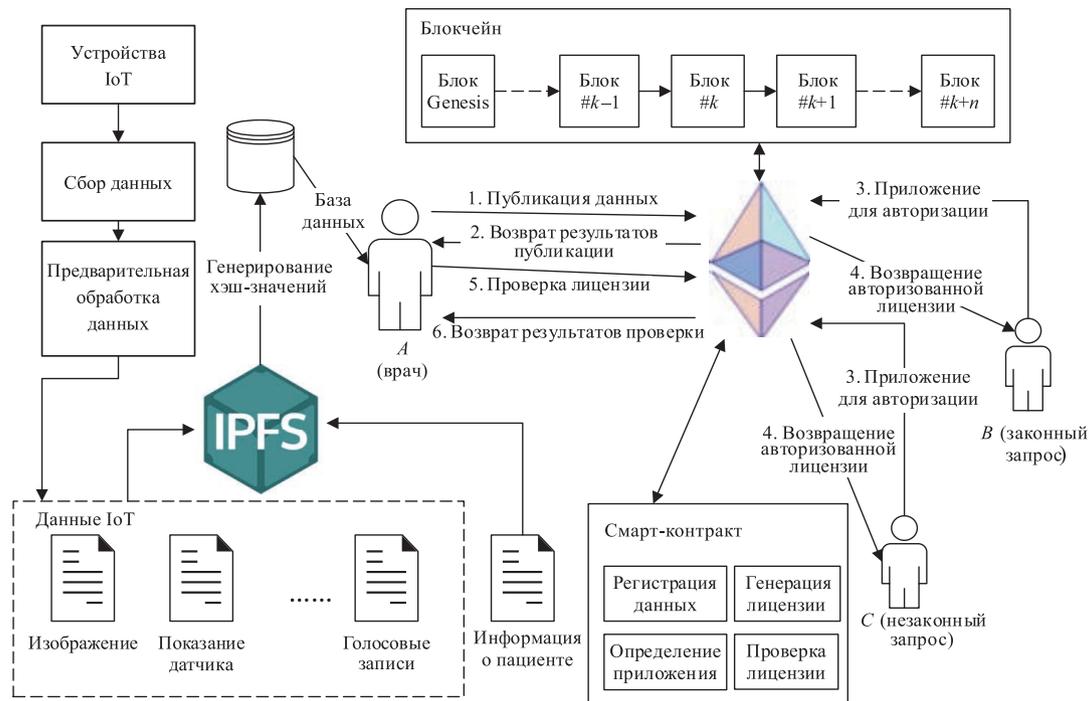


Рис. 2. Структура хранения данных с использованием Ethereum и IPFS
Fig. 2. Data storage structure using Ethereum and IPFS

Основные компоненты, изображенные на рис. 2, включают:

- сеть блокчейн: начинается с блока Genesis, за которым идет последовательность взаимосвязанных блоков ($#k-1$, $#k$, $#k+1$, $#k+n$). Это – структура данных блокчейна, где каждый блок содержит ряд транзакций, связанных через хэш-значения с предыдущим блоком;
- взаимодействие с пользователем: пользователь *A* отвечает за загрузку в систему данных, которые могут быть изображениями, показаниями датчиков, голосовыми записями или информацией о пациенте. Пользователи *B* и *C* запрашивают авторизацию для доступа к определенным данным или выполнения действий. Пользователь *B* получает разрешение на предоставление лицензии, в то время как заявка пользователя *C* завершается неудачей из-за незаконного запроса (например, из-за отсутствия лицензии);
- у смарт-контрактов – ключевая роль в системе, они выполняют регистрацию данных, генерацию лицензий, определение приложения и проверку лицензий.

Рассмотрим алгоритм работы системы IoT.

1. Ввод данных пациента и сбор данных с устройств IoT: пациенты используют смартфоны и различные устройства IoT для входа в систему здравоохранения и отправки своих личных медицинских данных. Эти устройства могут быть носимыми простыми датчиками, отслеживающими частоту сердечных сокращений и уровни активности, либо сложными датчиками, которые отслеживают уровень глюкозы в крови или кровяное давление.

2. Загрузка и хранение данных: данные загружаются на локальный сервер Flask (рис. 1) с использованием протокола HTTP. Сервер Flask обрабатывает запрос и сохраняет полученные показатели в базе данных MongoDB, которая действует как центральное хранилище для этой информации.

3. Обработка прогнозирования заболеваний: сервер Flask обрабатывает сохраненные данные, отправляя их агенту прогнозирования нейронной сети (рис. 1). Прогнозы, сделанные этим агентом, сохраняются обратно в базу данных MongoDB для ведения записей и дальнейшего использования.

4. Распространение результатов среди клиентов: пациенты получают результаты прогнозирования через HTTP-ответ. Кроме того, результаты распространяются среди врачей в режиме реального времени по протоколу MQTT, поддерживаемому брокером EMQX.

5. Резервное копирование данных через IPFS: в сеть IPFS экспортируется база данных MongoDB, которая включает как необработанные данные о пациентах, так и сгенерированные прогнозы.

6. Запись хэш-значений в блокчейн: всякий раз, когда резервная копия базы данных создается из MongoDB и сохраняется в IPFS, результирующие хэш-значения фиксируются в блокчейне. Пользователь *A*, который авторизован для обработки данных пациента, инициирует этот процесс. База данных MongoDB извлекает существующие медицинские данные пациента из IPFS всякий раз, когда возникает необходимость записать новые данные для пациента.

7. Контроль доступа к данным смарт-контрактов. Смарт-контракты на блокчейне запрограммированы для осуществления критически важных функций в управлении медицинскими данными и доступе к ним. Они выполняют:

– регистрацию данных: когда пользователь *A* загружает новые данные в IPFS и записывает соответствующие хэш-значения в блокчейн, смарт-контракт регистрирует эти записи, гарантируя происхождение данных;

– генерацию лицензии: по запросу пользователя *B* смарт-контракт генерирует лицензию или токен, который предоставляет доступ к указанным данным. Этот процесс включает проверку учетных данных пользователя *B* и его намерений обеспечить соответствие политике доступа к данным;

– определение приложения: смарт-контракт автоматизирует оценку запросов на доступ. Когда пользователь *B* подает заявку на доступ к данным, смарт-контракт определяет законность запроса на основе predetermined правил. И, наоборот, если пользователь *C* делает запрос, смарт-контракт идентифицирует его, как несанкционированный (из-за отсутствия predetermined правил), и отказывает в доступе;

– проверку лицензии: при попытке доступа к данным смарт-контракт проверяет соответствие выданным лицензиям или токенам. Доступ к данным, хранящимся в IPFS, предоставляется только запросам, в которых указана лицензия, например, выданная пользователю *B*. Пользователю *C*, не имеющему такой лицензии, будет отказано, что гарантирует сохранность данных от несанкционированных изменений или взломов.

В контексте ИТ-диагностики пациентов медицинский работник (врач) (пользователь *A*) загружает информацию о пациенте, которая может включать медицинские записи или медицинские изображения. Смарт-контракты играют решающую роль в этой системе, управляя регистрацией данных в блокчейне, обеспечивая их подлинность с помощью уникальных значений хэша. Они также обрабатывают выдачу лицензий на доступ к данным, оценивая и подтверждая запросы пользователей на основе predetermined критериев. Например, врач, запрашивающий доступ к медицинской карте пациента, получит лицензию после выполнения необходимых условий. Файловая система IPFS [8] используется для децентрализованного хранения медицинских файлов, что повышает безопасность и доступность данных. Система гарантирует, что только авторизованный персонал может получить доступ к конфиденциальным медицинским данным, тем самым сохраняя конфиденциальность и целостность при управлении медицинскими данными.

Смарт-контракт разработан с целью обеспечения безопасной структуры для хранения, управления и обмена медицинской информацией. В его состав входят:

– структуры данных: хранят хэш-значение медицинских записей, адрес владельца и статус доступности записи. Управляют правами доступа к медицинским записям для конкретных лиц (например, врачей, исследователей);

– сопоставление хэшей данных с соответствующими медицинскими записями: сопоставляются хэши данных и индивидуальные адреса с их правами доступа;

– события для регистрации медицинской карты, предоставления, отзыва и проверки разрешений на доступ.

Интеграция IPFS с технологией блокчейн Ethereum поддерживает хранение больших данных, предлагая безопасное и эффективное решение, подходящее для управления данными здравоохранения и пациентов. Система повышает надежность и долговечность данных за счет снижения зависимости от централизованных серверов благодаря IPFS, децентрализованной системе хранения. Это обеспечивает целостность и неизменяемость данных. Изменения в данных изменяют их хэш-значение IPFS, что облегчает проверку. Хэш-значения, хранящиеся в блокчейне, обеспечивают постоянную запись, используя блокчейн.

Предложенный подход превосходит традиционное облачное хранилище по экономической эффективности, особенно для больших данных. Кроме того, он повышает безопасность данных, шифруя их в IPFS и сохраняя только хэш-значения в блокчейне, таким образом защищая конфиденциальную информацию. Эта технология применяется в управлении медицинскими записями, обеспечивая неизменность и целостность данных.

Пользователь *A* публикует данные, которые затем отправляются в IPFS и регистрируются в блокчейне, создавая хэш-значение. Пользователи *B* и *C* обращаются к смарт-контракту для сбора или проверки данных, и смарт-контракт определяет, предоставлять ли авторизацию на основе встроенных правил. Для авторизованных запросов смарт-контракт генерирует лицензию и возвращает ее пользователю, для неавторизованных – возвращает результат сбоя.

Работа с системой, эксперименты

Настройка среды: установка и инициализация Node.js, версия 16.13.0 [9].

Создание узла IPFS и загрузка голосовых файлов. Пользователи могут включать неизменяемые и постоянные ссылки доступа из IPFS в транзакции блокчейна. Последовательность такова.

1. После загрузки и установки IPFS Desktop появится его стартовая страница, как показано на рис. 3. На этом этапе узел IPFS установлен и работает на компьютере; при запуске IPFS Desktop он автоматически инициализирует узел IPFS, позволяя обмениваться данными с другими узлами IPFS. Далее используется метод взаимодействия на основе сценариев для добавления голосового файла в сеть IPFS через API, обеспечивая загрузку голосового файла и получение сгенерированного значения хэша IPFS.

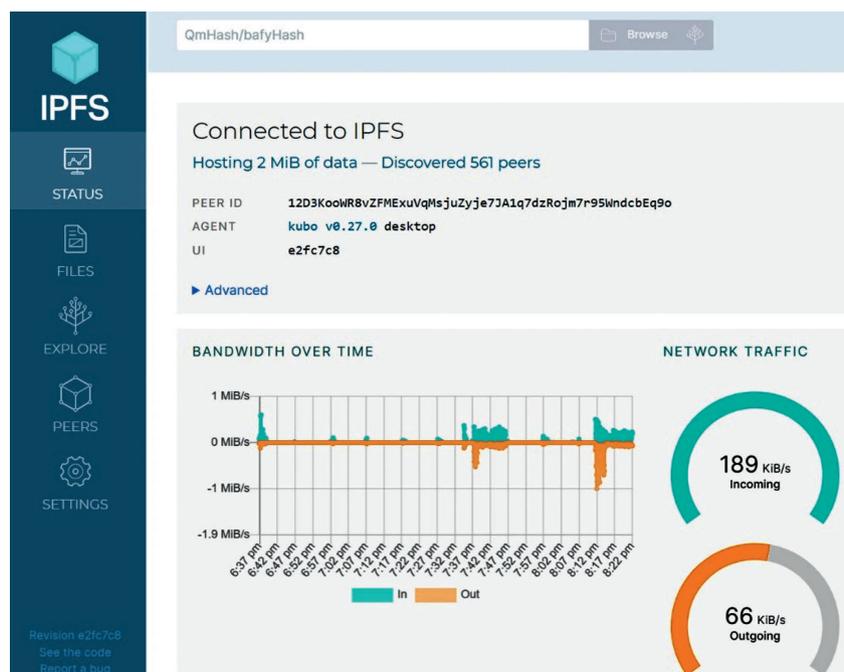


Рис. 3. Главная страница IPFS Desktop

Fig. 3. IPFS Desktop home page

2. Подготовка голосового файла с расширением .wav и запись пути к его хранилищу.

3. Написание скрипта для установления соединения с локальным узлом IPFS, применяя клиентскую библиотеку Kubo RPC. Использование ее API для операций добавления файлов (хранения), который возвращает уникальное значение хэша IPFS. Значение хэша файла, хранящегося в IPFS, может быть возвращено с помощью инструкции ``return file.cid.toString();``. Как только файл добавлен в сеть IPFS и получено его значение хэша, другие пользователи могут извлекать, загружать или получать доступ к содержимому того же файла, используя это значение хэша.

Хранение хэш-значения в сети Ethereum. В эксперименте использовалась платформа разработки Truffle Ethereum для развертывания контрактов. Последовательность такова.

1. Установка Truffle [10]. После установки Node.js пользователи могут установить Truffle, выполнив следующую команду в терминале с помощью диспетчера пакетов Node (npm):

```
`npm install truffle@5.1.1.5`.
```

2. Создание нового проекта Truffle. Инициализация Truffle: после установки Truffle открывается новый терминал и выполняются следующие команды:

```
`mkdir AudioStorageProject`  
`cd AudioStorageProject`  
`truffle init`.
```

3. Написание смарт-контракта для хранения и извлечения хэш-значений. Написание кода контракта, который определяет процесс развертывания смарт-контракта, включая компиляцию и развертывание в целевой сети.

4. Настройка Truffle. Отредактировать файл `truffle-config.js` для подключения к локальной сети.

5. Скомпилировать смарт-контракт. Запустить следующую команду в корневом каталоге проекта: ``truffle compile``.

6. Развернуть контракт в локальной сети с помощью Truffle.

Взаимодействие с использованием смарт-контрактов Web3.js. Получив значение хэша файла и успешно развернув смарт-контракт с возможностью хранения данных в сети Ethereum, можно взаимодействовать со смарт-контрактом, используя Web3.js для сохранения значения хэша голосового файла в блокчейне Ethereum. Web3.js является стандартной библиотекой JavaScript для работы с Ethereum, позволяющей разработчикам взаимодействовать с блокчейном Ethereum напрямую из веб-приложений.

Код ``const web3 = new Web3('http://127.0.0.1:7545');`` в Web3.js используется для подключения к узлу Ethereum через его URL. Здесь 127.0.0.1 представляет локальный хост (localhost), а 7545 – номер порта узла Ethereum. Этот номер порта можно найти в программном обеспечении Ganache, как показано на рис. 4. Ganache служит локальной тестовой сетью для Ethereum, предоставляя имитацию блокчейна Ethereum, где 7545 является портом прослушивания по умолчанию для Ganache.

SERVER

HOSTNAME	127.0.0.1 - Loopback Pseudo-Interface 1 ▼
PORT NUMBER	7545
NETWORK ID	5777

Рис. 4. Отображение порта по умолчанию для узла Ethereum

Fig. 4. Display of the default port for the Ethereum node

В коде ``const contract Address = `0x316044A586191b9DEcA8 e9AC2AF1b3fF9 c646Eb`;` адрес контракта относится к адресу развертывания смарт-контракта в сети Ethereum. Каждый смарт-контракт при развертывании в сети Ethereum получает уникальный адрес. Этот адрес действует как идентификатор смарт-контракта в Ethereum. При входе в Ganache «адрес контракта», отображаемый в Ganache, представляет собой адрес развертывания смарт-контракта в тестовой цепочке Ethereum (смоделированный в Ganache). Данный адрес присваивается во время развертывания смарт-контракта тестовой цепочке с помощью инструмента развертывания Truffle, как показано на рис. 5.

Последовательность действий такова.

1. Используется скрипт для создания экземпляра Web3, который подключается к локальному узлу Ganache.

2. Запуск Ganache.

3. Выбор «быстрый запуск», и программное обеспечение автоматически сгенерирует десять учетных записей Ethereum. Выберите любую учетную запись для выполнения транзакций.



Рис. 5. Адрес развертывания смарт-контракта
Fig. 5. Smart contract deployment address

4. Запускается файл скрипта, ответственный за хранение аудиоданных.

5. Открыть программное обеспечение Ganache, чтобы проверить, было ли аудио успешно сохранено в сети Ethereum. Как показано на рис. 6, в интерфейсе Ganache появляется новая транзакция. Хэш транзакции (tx hash) представляет собой уникальный идентификатор для этой транзакции, используемый для ее отслеживания и подтверждения.

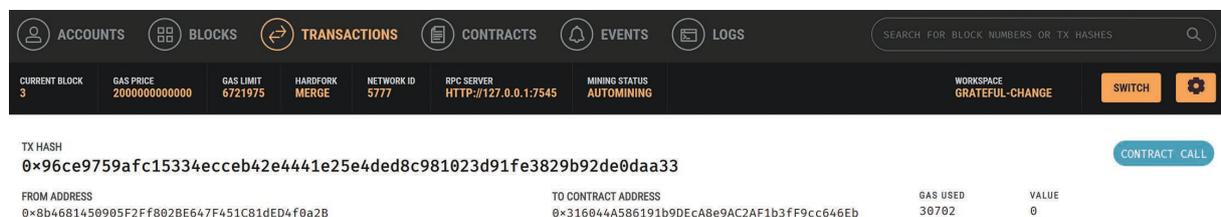


Рис. 6. Новая информация о транзакции
Fig. 6. New transaction information

Кроме того, можно наблюдать общее количество транзакций между ранее выбранным адресом учетной записи Ethereum и смарт-контрактом. Как показано на рис. 7, конкретная учетная запись Ethereum совершила три транзакции со смарт-контрактом, при этом количество транзакций (tx count) равно 3.

ADDRESS	BALANCE	TX COUNT	INDEX
0x8b4681450905F2Ff802BE647F451C81dED4f0a2B	100.00 ETH	3	0

Рис. 7. Количество транзакций учетной записи Ethereum
Fig. 7. The number of transactions of the Ethereum account

Извлечение и доступ к голосовым данным. Успешно сохранив значение хэша файла в сети Ethereum и восстановив его, переходим к доступу к голосовым данным через это значение хэша следующим образом:

- извлечь хэш-значение IPFS желаемого аудио из сети Ethereum с помощью смарт-контракта;
- получить доступ к голосовым данным через хэш-значение IPFS.

Заключение

1. Реализована интеграция блокчейна Ethereum и файловой системы IPFS с сетью IoT IT-диагностики для создания конфиденциальности хранения больших данных пациентов.

2. Разработана система хранения данных IoT с использованием блокчейна Ethereum в сети IT-диагностики, позволяющая медицинским работникам безопасно загружать информацию о пациентах. Смарт-контракты управляют аутентичностью данных и контролем доступа.

3. Представлена интеграция файловой системы IPFS с технологией Ethereum, что повысило безопасность данных (за счет хэшей), обеспечив альтернативу традиционному облачному хранилищу, особенно для крупномасштабного объема данных.

4. Описан процесс создания и тестирования системы, включая настройку среды, подключение узла IPFS, программирование смарт-контрактов Ethereum, поиск голосовых данных и доступ к ним. Это создает основу для практического применения системы при управлении конфиденциальными медицинскими данными и записями.

Список литературы / References

1. Sarker I. H., Khan A. I., Abushark Y. B. (2023) Internet of Things (IoT) Security Intelligence: A Comprehensive Overview, Machine Learning Solutions and Research Directions. *Mobile Networks and Applications*. 28 (1), 296–312.
2. Kumar M., Kumar A., Verma S. (2023) Healthcare Internet of Things (H-IoT): Current Trends, Future Prospects, Applications, Challenges, and Security Issues. *Electronics*. 12 (9).
3. Tikhomirov S. (2018) Ethereum: State of Knowledge and Research Perspectives. *Foundations and Practice of Security: 10th International Symposium*. 206–221.
4. Bahga A., Madiseti V. K. (2016) Blockchain Platform for Industrial Internet of Things. *Journal of Software Engineering and Applications*. 9 (10), 533–546.
5. Vishniakou U. A., YiWei Xia (2023) IT Diagnostics of Parkinson's Disease Based on the Analysis of Voice Markers and Machine Learning. *Doklady BGUIR*. 21 (3), 102–110. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-21-3-102-110>.
6. Vishniakou U. A., YiWei Xia, Chuyue Yu (2023) Technology of Neurological Disease Recognition Using Gated Recurrent Unit Neural Network and Internet of Things. *Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS), Collection of Scientific Papers. Iss. 7*. Minsk, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. 241–246.
7. Vishniakou U. A. (2023) *Specialized IoT Systems: Models, Structures, Algorithms, Hardware, Software Tools*. Minsk, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (in Russian).
8. Trautwein D., Raman A., Tyson G. (2022) Design and Evaluation of IPFS: A Storage Layer for the Decentralized Web. *Proceedings of the ACM SIGCOMM*. 739–752.
9. *Node.js*. Available: <https://www.npackd.org/p/org.nodejs.NodeJS/16.13> (Accessed 23 October 2023).
10. *Truffle*. Available: <https://trufflesuite.com/> (Accessed 24 October 2023).

Вклад авторов

Вишняков В. А. выполнил постановку задачи, предложил концепцию интеграции, предоставил информацию о выбранной экспериментально платформе интернета вещей.

Ивэй Ся провел детализацию разработки.

Чуюэ Юй спланировала и выполнила эксперименты.

Author's contribution

Vishniakou U. A. completed the task statement, proposed the concept of integration, and provided information about the experimentally selected Internet of things platform.

YiWei Xia carried out the details of the development.

Chuyue Yu planned and executed the experiments.

Сведения об авторах

Вишняков В. А., д-р техн. наук, проф. каф. инфокоммуникационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (БГУИР)

Ивэй Ся, асп. каф. инфокоммуникационных технологий, БГУИР

Чуюэ Юй, асп. каф. инфокоммуникационных технологий, БГУИР

Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,
г. Минск, ул. П. Бровки, 6
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Тел.: +375 44 486-71-82
E-mail: vish@bsuir.by
Вишняков Владимир Анатольевич

Information about the authors

Vishniakou U. A., Dr. of Sci. (Tech.), Professor at the Department of Infocommunication Technologies, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (BSUIR)

YiWei Xia, Postgraduate at the Department of Infocommunication Technologies, BSUIR

Chuyue Yu, Postgraduate at the Department of Infocommunication Technologies, BSUIR

Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,
Minsk, P. Brovki St., 6
Belarusian State University
of Informatics and Radioelectronics
Tel.: +375 44 486-71-82
E-mail: vish@bsuir.by
Vishniakou Uladzimir Anatolievich



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-69-74>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 303.448

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ MATHCAD

А. В. ОДЕРЫШЕВ

*Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова
(г. Санкт-Петербург, Российская Федерация)*

Поступила в редакцию 20.03.2024

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

Аннотация. Рассмотрены вопросы тестирования студентов в процессе изучения дисциплины. Обоснована целесообразность такого тестирования, предложены процедуры оценки и отбора студентов, реализованные в математическом редакторе Mathcad. Все статистические данные, приведенные в примерах, получены при обработке результатов тестирования реальных учебных групп. Отмечены преимущества такого тестирования, указаны неочевидные дополнительные возможности процедуры, предоставляемые преподавателю.

Ключевые слова: тестирование, мотивация, автоматическое оценивание результатов, эссе, Mathcad, процедуры программирования, проходной балл.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Одерышев, А. В. Оценка результатов тестирования с помощью Mathcad / А. В. Одерышев // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 3. С. 69–74. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-69-74>.

EVALUATING TEST RESULTS USING MATHCAD

ANDREY V. ODERYSHEV

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping (Saint Petersburg, Russian Federation)

Submitted 20.03.2024

Abstract. The issues of testing students in the process of studying the discipline are considered. The feasibility of such testing is substantiated, procedures for automatic assessment and selection of the students, implemented in the mathematical editor Mathcad, are proposed. All statistical data, given in the examples, was obtained by processing the test results of real study groups. The advantages of such testing are noted, and non-obvious additional possibilities of the procedure provided to the teacher are indicated.

Keywords: testing, motivation, automatic evaluation of results, essays, Mathcad, programming procedures, passing score.

Conflict of interests. The author declares no conflict of interests.

For citation. Oderyshev A. V. (2024) Evaluating Test Results Using Mathcad. *Digital Transformation*. 30 (3), 69–74. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-69-74> (in Russian).

Введение

В последнее время наиболее активно используется такая форма контроля знаний обучающихся, как тестирование, преимущества и недостатки которого очевидны. К первым можно отнести: психологическую «незажатость» тестируемого, отсутствие необъективности оценки со стороны преподавателя, автоматическую оценку результатов, возможность оценки большого количества обучающихся в короткие сроки. Недостатками же являются: шаблонность вопросов; невозможность задания «уточняющих» вопросов, проведения беседы на тему вопроса; возможность непонимания тестируемым вопроса; использование посторонних источников для ответов на вопросы теста; появление списка правильных ответов.

Тем не менее современные реалии таковы, что без использования тестирования учебный процесс практически невозможен. Существует большое количество способов и видов тестов, которые позволяют исключить перечисленные недостатки или снизить их влияние на результат. К ним относятся пополнение банка вопросов, случайное перемешивание, множественные и неоднозначные ответы, другие варианты. К сожалению, их разработка требует большого количества усилий и времени, что не всегда приемлемо. С этой точки зрения по неоднозначности и нешаблонности наиболее выигрышным является вариант теста, называемый «эссе», в котором тестируемый дает ответы на вопросы в свободной форме. Сложность вопроса создатель теста оценивает заранее по градуированной шкале. Если ответ не полон или содержит неверную либо не относящуюся к вопросу информацию, то оценка может быть снижена в пределах от нуля до максимального балла за ответ по усмотрению проверяющего. Данная форма существенно снижает трудоемкость проверки и в то же время позволяет полнее оценить знания и уровень тестируемого. Целесообразность тестирования, проводящегося регулярно на протяжении обучения (перед или после лекций, во время практических и семинарских занятий), подтверждается следующими аргументами: процедура переключки заменяется процедурой тестирования; производится мониторинг усвоения материала; происходит побуждение обучающихся к вспоминанию и осознанию пройденного материала; обучающиеся настраиваются на конструктивное восприятие нового материала и т. п.

Как задел на будущее, сказывается тренированность в тестировании, т. е. человек, имеющий опыт выполнения тестов, обладает определенным преимуществом при сдаче следующих тестов. Некоторую сложность в данном вопросе (регулярного тестирования) представляет оценивание результатов [1, 2]. Во-первых, результаты тестирования могут вообще не оцениваться, так как в конце обучения проводится итоговое тестирование или опрос в устной/устно-письменной форме. Но при таком подходе практически полностью исчезает мотивация в выполнении тестов. Второй подход тестирования предполагает наличие заранее оговоренного «проходного» балла с учетом весовых коэффициентов вопросов. Как правило, это балл, соответствующий половине правильных ответов. То есть тестируемые, набравшие баллы менее «проходного», считаются не сдавшими тест, со всеми вытекающими отсюда последствиями. Регулярное тестирование, на основании которого определяется итоговый результат, не предполагает предварительную подготовку, поэтому целесообразно использовать менее жесткие критерии оценивания.

Методика оценивания

Предлагается статистический подход к оцениванию результатов тестирования, который заключается в выделении группы/ядра обучающихся, обладающих знаниями с некоторым уровнем и представляющих структурированное большинство [3, 4]. Для простоты вычислений возможно предварительное оценивание величины выборки (количества студентов в ядре). По этой группе определяется предельный минимальный балл и оценивается уровень знаний студентов по рассчитываемым статистикам. Для расчетов предлагается использовать математический редактор Mathcad. Причем для большей наглядности при расчете статистических характеристик используются не встроенные статистические функции редактора, а процедуры программирования [5].

Для оценивания результатов тестов следует в документ Mathcad ввести некоторые требуемые данные (граничное значение проходного балла $P_{\min} = 0,5$ и допустимый/ожидаемый уровень выполнения тестов обучающимися $P_{\text{студ}} = 0,8$, т. е. 80 %, приведенные цифры являются примерными и могут изменяться), списки обучающихся и таблицы результатов тестов за расчетный период (рис. 1). Для версий программы до 15-й включительно характерна вставка табличных данных

из офисных программ (Word, Excell, Access) через буфер обмена напрямую. В более поздних версиях Mathcad (Prime) вставка табличных данных реализована через экспорт из Excell [5].

$$\text{ФИО} := \begin{pmatrix} \text{"Иванов И.И."} \\ \text{"Петров П.П."} \\ \text{"Сидоров И.П."} \\ \text{"Смирнов С.С."} \\ \text{"Терентьев Т.Т."} \\ \text{"Яковлев Я.Я."} \end{pmatrix} \quad \text{баллыЗаТесты} := \begin{pmatrix} \text{""} & \text{""} & \text{""} & \text{""} & \text{""} & \text{""} & \text{""} \\ 1 & \text{""} & \text{""} & 6 & 2 & \text{""} & \text{""} \\ 1 & \text{""} & \text{""} & 0 & 6 & 0 & \text{""} \\ 1 & 2 & 5 & 6 & 6 & \text{""} & 6 \\ 1 & 6 & 2 & 2.5 & 0 & 2 & 0 \\ 1 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 \end{pmatrix}$$

Рис. 1. Вставка табличных данных
Fig. 1. Inserting tabular data

Вставленные данные нуждаются в предварительной корректировке. Так, для упрощения работы все пустые пространства заменяются цифрой «0», и обучающиеся, ни разу не посетившие занятия (имеющие только 0), удаляются из списка (рис. 2).

исключение непосещавших

```
баллыБезНП :=
  z ← 1
  for i ∈ 1.. количествоСтудентов
    t ← 0
    for j ∈ 1.. количествоТестов
      баллыЗаТестыi,j ← 0 if баллыЗаТестыi,j = ""
      t ← 1 if баллыЗаТестыi,j ≠ 0
    if t ≠ 0
      ttz, количествоТестов+1 ← i
      for k ∈ 1.. количествоТестов
        ttz,k ← баллыЗаТестыi,k
      z ← z + 1
  return tt
```

$$\text{баллыБезНП} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 6 & 2 & 0 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 6 & 0 & 0 & 3 \\ 1 & 2 & 5 & 6 & 6 & 0 & 6 & 4 \\ 1 & 6 & 2 & 2.5 & 0 & 2 & 0 & 5 \\ 1 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 \end{pmatrix}$$

Рис. 2. Процедура предварительной обработки списков
Fig. 2. Lists pre-processing procedure

Перед переходом к средним баллам за тесты строится гистограмма по баллам за отдельные тесты. Построение гистограммы также выполняется программно (рис. 3, 4). Границами интервалов принимаются целые значения баллов от 0 до Балл_{max} – максимального суммарного балла за тест. Последний либо назначается проверяющим из теста, либо принимается по результатам обучающихся (как показано в примере).

Для оценки степени усвоения материала и успеваемости обучающихся используется математическое ожидание баллов (средний балл) по отдельным тестам (лекциям) и отдельным обучающимся (рис. 5).

```

количествоПосещавших := rows(посещавшие) = 5

БаллМах := max(баллыБезНП) = 6

количество баллов по
интервалам
количествоПопаданий :=
  for i ∈ 1.. БаллМах
  | ti ← 0
  | for i1 ∈ 1.. количествоПосещавших
  |   for j1 ∈ 1.. количествоТестов
  |     ti ← ti + 1 if i - 1 < баллыБезНПi1,j1 ≤ i
  | return t
  
```

Рис. 3. Процедура разбиения по интервалам
Fig. 3. Interval splitting procedure

$$H_i(x) := \text{for } i \in 1.. \text{БаллМах}$$

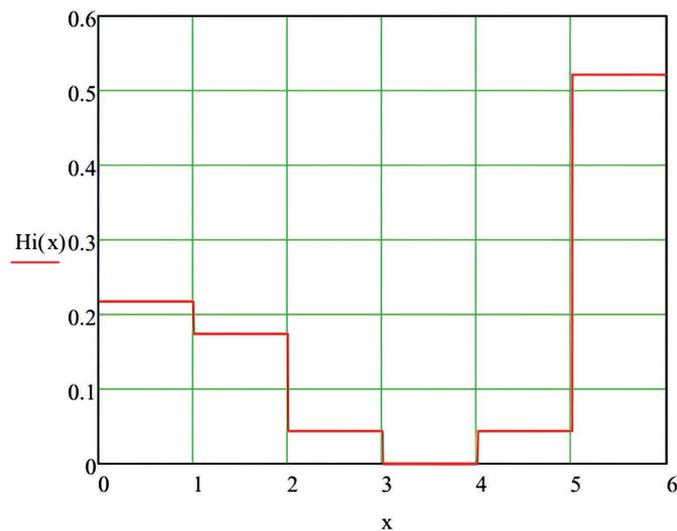
$$\frac{\text{количествоПопаданий}_i}{\sum \text{количествоПопаданий}} \text{ if } i - 1 < x \leq i$$


Рис. 4. Гистограмма распределения баллов и процедура ее составления
Fig. 4. The histogram of the distribution of points and the procedure for its compilation

<pre> СреднийБаллПоТестам := for j ∈ 1.. количествоТестов t_j ← 0 for i ∈ 1.. количествоПосещавших t_j ← t_j + баллыБезНП_{i,j} t_j ← $\frac{t_j}{\text{количествоПосещавших}}$ return t </pre> <p style="text-align: center;">a</p>	<pre> СреднийБаллПоСтудентам := for i ∈ 1.. количествоПосещавших t_i ← 0 for j ∈ 1.. количествоТестов t_i ← t_i + баллыБезНП_{i,j} t_i ← $\frac{t_i}{\text{количествоТестов}}$ return t </pre> <p style="text-align: center;">b</p>
---	--

Рис. 5. Процедура определения среднего балла по отдельным тестам (a) и отдельным обучающимся (b)
Fig. 5. The procedure for determining the average score for individual tests (a) and individual students (b)

Результаты исследований и их обсуждение

Для окончательного оценивания группы в целом используются процедуры: определения количества обучающихся, написавших тесты на балл, больший условно минимально допустимого P_{\min} или равный ему (рис. 6, *a*); определения минимального балла для заданного объема выборки $P_{\text{студ}}$ (количества обучающихся, считающихся удовлетворительно прошедших тесты) (рис. 6, *b*); составления списка сдавших тесты студентов, чей средний балл больше минимального или равен ему (рис. 6, *c*).

количество студентов, ответивших на $P_{\min} = 0.5$ вопросов (по среднему баллу)

```
колСтуд := | t ← 0                                     = 2
           | for i ∈ 1.. количествоПосещавших
           | t ← t + 1 if СреднийБаллПоСтудентамi ≥ БаллМах·Pmin
```

a

объемВыборки := ceil($P_{\text{студ}}$ ·количествоПосещавших) = 4 количество студентов в выбранной группе
средний предельный балл для объемВыборки = 4

упорядоченныеСредниеБаллы := sort(СреднийБаллПоСтудентам) средние баллы в порядке возрастания

минимальныйБалл := упорядоченныеСредниеБаллы_{ceil[(1- $P_{\text{студ}}$)·количествоПосещавших]+1} = 1.286

b

```
ФИОсдавшихСтудентов := | z ← 1
                        | for i ∈ 1.. количествоПосещавших
                        | if СреднийБаллПоСтудентамi ≥ минимальныйБалл
                        |   | tz,1 ← посещавшиеi
                        |   | tz,2 ← СреднийБаллПоСтудентамi
                        |   | z ← z + 1
                        | return t
```

c

Рис. 6. Процедура: *a* – определения количества обучающихся, написавших тесты; *b* – определения минимального балла; *c* – составления списка сдавших тесты
Fig. 6. The procedure: *a* – determining the number of students who wrote the tests; *b* – determining the minimum score; *c* – compiling a list of those who passed the tests

Таким образом, остается только экспортировать полученные результаты в одну из офисных программ. Кроме того, несмотря на неоднородность результатов (разные студенты, разные вопросы), можно судить об изменении качества полученных знаний. Это демонстрируется диаграммой изменения среднего балла студентов на рис. 7, определенного по номерам проведенных лекций.

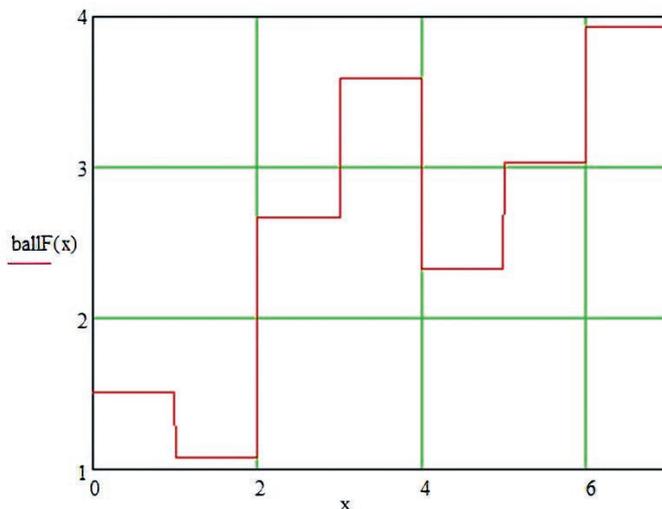


Рис. 7. Уровень среднего балла по номерам лекций
Fig. 7. The level of the average score by lectures numbers

Используемые приемы программирования в Mathcad позволяют автоматизировать обработку результатов тестирования и повышают наглядность их представления.

Заключение

Вопросы мотивации, улучшения способов подачи учебного материала разрабатывались с учетом [3, 4], сами тесты и критический анализ способов тестирования – с учетом [1, 2], статистические характеристики и способы их получения принимались согласно теории В. Е. Гмурмана¹, работа в редакторе Mathcad выполнялась по рекомендациям [5].

Список литературы

1. Векслер, В. А. Психолого-педагогические аспекты тестирования / В. А. Векслер, О. Л. Коноваленко // Физико-математические науки. 2015. Т. 1, № 35. С. 200–204.
2. Векслер, В. А. Особенности проектирования нестандартных тестовых заданий / В. А. Векслер, Л. Б. Рейдель // Физико-математические науки. 2015. Т. 1, № 35. С. 205–209.
3. Зинченко, П. И. Непроизвольное запоминание / П. И. Зинченко. М.: Директ-Медиа, 2010.
4. Солсо, Р. Когнитивная психология. / Р. Солсо. СПб.: Питер, 2006.
5. Кирьянов, Д. В. Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0 / Д. В. Кирьянов. СПб.: БХВ-Петербург, 2012.

References

1. Vexler V. A., Konovalenko O. L. (2015) Psychological and Pedagogical Aspects of Testing. *Physical and Mathematical Sciences*. 1 (35), 199–204 (in Russian).
2. Vexler V. A., Reidel L. B. (2015) Features of Designing Non-Standard Test Tasks. *Physical and Mathematical Sciences*. 1 (35), 205–209 (in Russian).
3. Zinchenko P. I. (2010) *Involuntary Memorization*. Moscow, Direct-Media Publ. (in Russian).
4. Solso R. (2006) *Cognitive Psychology*. Saint Petersburg, Piter Publ. (in Russian).
5. Kiryanov D. V. (2012) *Mathcad 15/Mathcad Prime 1.0*. Saint Petersburg, BHV-Petersburg Publ. (in Russian).

Сведения об авторе

Одерышев А. В., канд. техн. наук, доц., Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова

Адрес для корреспонденции

198035, Российская Федерация,
г. Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7
Государственный университет морского
и речного флота имени адмирала С. О. Макарова
Тел.: +7 812 748-96-54
E-mail: hoba@mail.ru
Одерышев Андрей Васильевич

Information about the author

Oderyshev A. V., Cand. of Sci., Associate Professor, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping

Address for correspondence

198035, Russian Federation,
Saint Petersburg, Dvinskaya St., 5/7
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
Tel.: +7 812 748-96-54
E-mail: hoba@mail.ru
Oderyshev Andrey Vasil'evich

¹ Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. М.: Высш. шк., 1999.



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-75-79>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 681.3.06

ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ЛАНДШАФТА ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ СТРАН ОРГАНИЗАЦИИ ТЮРКСКИХ ГОСУДАРСТВ И ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

Ш. Ж. СЕИЛОВ¹, Ж. Е. ЗУЛПЫХАР¹, А. НУРЛАНКЫЗЫ¹, Б. Ш. ЖУРСИНБЕК²

¹Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева (г. Астана, Республика Казахстан)

²Казахская академия инфокоммуникаций (г. Астана, Республика Казахстан)

Поступила в редакцию 24.04.2024

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

Аннотация. Отмечена важность создания и распространения национальной цифровой терминологии на государственном языке. Рассмотрены проблемы в области языковой терминологии в IT-сфере. Описано влияние цифровой трансформации экономики и распространения английских технических терминов на национальный язык. Предложен проект по созданию словаря цифровых терминов на казахском языке с участием международных экспертов стран Организации тюркских государств и Евразийского экономического союза с целью их возможной гармонизации и использования онлайн-платформы.

Ключевые слова: IT-сфера, языковые проблемы, развитие, образование.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Формирование научно-образовательного ландшафта цифровой экономики стран Организации тюркских государств и Евразийского экономического союза / Ш. Ж. Сеилов [и др.] // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 3. С. 75–79. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-75-79>.

FORMATION OF THE SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL LANDSCAPE OF THE DIGITAL ECONOMY OF THE COUNTRIES OF THE ORGANIZATION OF TURKIC STATES AND THE EURASIAN ECONOMIC UNION

SHAKHMARAN ZH. SEILOV¹, ZHANDOS E. ZULPYKHAR¹, AISULU NURLANKYZY¹,
BIBINUR SH. ZHURSINBEK²

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Republic of Kazakhstan)

²Kazakh Academy of Infocommunications (Astana, Republic of Kazakhstan)

Submitted 24.04.2024

Abstract. The importance of creating and disseminating national digital terminology in the state language was noted. Problems in the field of language terminology in the IT sphere are considered. The impact of the digital transformation of the economy and the spread of English technical terms into the national language is described. A project has been proposed to create a dictionary of digital terms in the Kazakh language with the participation of international experts from the countries of the Organization of Turkic States and the Eurasian Economic Union with the aim of their possible harmonization and use of the online platform.

Keywords: IT sphere, language problems, development, education.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Seilov Sh. Zh., Zulpykhar Zh. E., Nurlankyzy A., Zhursinbek B. Sh. (2024) Formation of the Scientific and Educational Landscape of the Digital Economy of the Countries of the Organization of Turkic States and the Eurasian Economic Union. *Digital Transformation*. 30 (3), 75–79. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-75-79> (in Russian).

Введение

Современная жизнь человечества немыслима без использования информационных технологий. Большинство инноваций в этой области разрабатываются в высокоразвитых странах, которые в основном представляются на английском языке.

Русский язык в период СССР был родным не только для русской нации, но также выступал в качестве общего языка у многочисленных народов и национальностей, составлявших Советское государство. В новой обстановке русский язык выполняет ответственную миссию в деле интеграции стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС).

Мир меняется и становится цифровым. В настоящее время невозможно представить жизнь современного человека без использования передовых разработок в области информационных технологий и программных приложений. С учетом того, что основная часть инноваций в этой области поступает из развитых стран и на английском языке, возникает неотложная необходимость в переводе научных статей, учебников и обширной технической документации на казахский язык.

Существуют три источника терминообразования казахского языка: сам казахский, тюркоязычная среда, западноевропейские заимствования¹. По мнению М. Кул-Мухаммеда¹, есть два способа противостоять заимствованиям:

1) не замечать, игнорировать процесс вхождения в язык заимствованных слов, находя смысл новых слов в уже существующем словарном запасе языка;

2) принять всеобщий закон обогащения и развития языков всего мира и смело внедрять их в языковой оборот.

Основным источником и регулятором развития языка является потребитель. Молодое поколение сделало выбор в пользу английского языка. С этим уже смирились многие великие языки мира – например, французский, немецкий и даже арабский, не говоря уже о турецком, где западноевропейские заимствования давно стали нормой¹. Это еще раз подтверждает ту истину, что термины не возникают как физическая данность, они создаются конкретными людьми, и потому им могут быть свойственны как субъективизм, так и некоторый налет сентиментальности. Таким образом, терминология является отражением человеческой деятельности, ее эмоциональных аспектов и субъективных переживаний, что придает ей не только объективный, но и глубокий личностный характер.

Цифровизация

В документах в области информационных технологий часто встречаются специальные термины. Большое количество терминов и различные специфические фразы создают ряд трудностей при их переводе на казахский язык. Одно и то же слово может передавать разные значения в разных областях, что вызывает необходимость специальной систематизации. В некоторых случаях это может быть прямой перевод, либо перевод в зависимости от значения, что требует специализированных знаний терминологии. Проблема конкурирующих синонимов также широко распространена в языке средств массовой информации. Поэтому разработка и распространение национальной цифровой терминологии становятся важными задачами не только для экспертов ИТ-индустрии, но и для всех специалистов в области терминологии.

Проблема развития национального языка остается для малых стран актуальной во все времена [1]. Цифровая трансформация экономики и концепция глубокой цифровизации приводят к широкому внедрению информационных технологий во все сферы экономики и общественной жизни наших республик. Использование цифровых технологий требует наличия высококвали-

¹ «Казахстанская правда» от 20 августа 2004 г. № 186–187, М. Кул-Мухаммед.

фицированных специалистов в стране, а также подготовки и переподготовки работников, занятых в экономике. Эта тенденция способствует быстрому развитию и внедрению технологических терминов в словарь, что можно наблюдать на примере казахского языка. Данная проблема включает следующие факторы:

- заимствование из английского и русского языков, частичный перевод терминов на казахский;
- отсутствие устоявшейся терминологии на казахском языке;
- споры в академических кругах о правильности использования терминов в научной и технической литературе;
- отсутствие единства мнений в академической среде относительно применения терминов, что приводит к избыточному использованию заимствованных понятий и усугубляет терминологический хаос.

Научно-образовательный ландшафт региона Организации тюркских государств и стран ЕАЭС для развития цифровых терминов

В последние годы довольно часто обсуждаются вопросы терминологии или, точнее, терминологической модернизации и стандартизации как органической части национально-языкового ренессанса. В этом контексте следует подчеркнуть, что терминология представляет собой своего рода высшую математику в области языкознания. Эта элитарная и пассионарная область требует глубоких и энциклопедических знаний, но не терпит вмешательств со стороны непрофессионалов. Красноречивый тому пример – теория и практика терминоведения Ахмета Байтурсынова и просветителей Алаша¹.

Развивающаяся академическая мобильность студенчества и так называемая образовательная миграция приводят к росту образовательного и научного сотрудничества и кооперации между университетами Центральной Азии, Европы и России. В качестве возможного варианта для формирования научно-образовательного ландшафта стран Организации тюркских государств (ОТГ) и ЕАЭС с целью сотрудничества могло бы быть создание на добровольной основе Консорциума университетов с IT-специализацией стран ОТГ, Центрально-Азиатского региона и ЕАЭС, куда могли бы войти университеты Казахстана, Таджикистана, Кыргызстана, России, Узбекистана, Туркменистана.

Позиция правительства по проблеме казахского языка

В Казахстане принята Государственная программа реализации языковой политики в Республике Казахстан на 2020–2025 гг. и определены основные задачи и направления развития [2], включающие:

- введение активно используемых отраслевых заимствованных терминов в национальную терминологическую систему;
- определение четких шаблонов и способов формирования национальных терминов;
- унификацию и стандартизацию национальной терминологической системы путем утверждения и продвижения новых терминов [3].

Авторы статьи предлагают проект по разработке словаря цифровых терминов на казахском языке, куда могут войти часто используемые в экономике и повседневной жизни термины из области цифровых технологий. Задачи проекта:

- привлечение международных экспертов из университетов стран ОТГ, Центральной Азии, Беларуси и России для экспертизы и разработки терминов;
- исследование и согласование терминов цифровой экономики в странах ОТГ и ЕАЭС;
- разработка терминов цифровой экономики на казахском языке;
- разработка онлайн-платформы для внедрения терминов и всестороннего общенационального обсуждения;
- представление терминов на утверждение Терминологической комиссией Республики Казахстан.

Ожидаемые результаты

База терминов и разработка онлайн-платформы включают в себя следующие этапы:

- формирование базы терминов по цифровой экономике на казахском языке в кириллице и латинской графике;
- создание онлайн-платформы для обеспечения широкого участия общественности в разработке, обсуждении и утверждении терминов. Платформа должна включать в себя добавление, анализ, утверждение терминов, может дополнительно использоваться для решения аналогичных проблем, существующих в других языковых сообществах и областях научной и экономической деятельности. В разработке онлайн-платформы будут участвовать специалисты IT-сферы и эксперты из сферы лингвистики;
- создание англо-казахско-русского словаря IT-терминов;
- использование словаря терминов на популярных онлайн-сервисах перевода – Google и Yandex;
- создание терминологической базы для Large Language Model.

Пример соответствия терминов на разных языках приведен в табл. 1.

Таблица 1. Пример соответствия терминов на разных языках [4, 5]

Table 1. Example of matching terms in different languages [4, 5]

Язык				
Английский	Казахский	Русский	Узбекский	Кыргызский
Pin	Пин	Пин	Pin	Пин
Toggle	Қосқыш	Тумблер	Almashtirish	Жооптор
Mouse	Тышқан	Мышь	Sichqon Cha	Чычкан
Cable	Кабель	Кабель	Kabel	Кабелдик

Предполагаемые партнеры проекта по разработке словаря цифровых терминов на казахском языке:

- Стамбульский технический университет (Турция);
- Международный Вестминстерский университет в городе Ташкенте (Республика Узбекистан);
- Московский технический университет связи и информатики (Российская Федерация);
- Кыргызский государственный технический университет имени И. Раззакова (Кыргызская Республика);
- Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича (Российская Федерация);
- Азербайджанская дипломатическая академия университета АДА (Республика Азербайджан);
- Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (Республика Беларусь).

Заключение

Влияние цифровой трансформации экономики на внедрение технических терминов на казахском языке тщательно анализируется. Предлагается комплексный проект (онлайн-платформа) по созданию словаря цифровой терминологии на казахском языке. Проект предполагает привлечение международных специалистов и использование онлайн-платформы для разработки и согласования терминов. В целях обеспечения интеграции стран Организации тюркских государств и Евразийского экономического союза в цифровую эпоху при переводе и разработке новых терминов предлагается максимально гармонизировать терминологию цифровой экономики.

Список литературы

1. Khuwaileh, A. IT Terminology, Translation, and Semiotic Levels: Cultural, Lexicographic, and Linguistic Problems / A. Khuwaileh, T. Khwaileh // *Semiotica*. 2011. Vol. 187, No 1/4. P. 265–275.

2. Государственная программа реализации языковой политики в Республике Казахстан на 2020–2025 годы. Режим доступа: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P1900001045>.
3. Crystal, D. *Language and the Internet* / D. Crystal. Cambridge: Cambridge University Press 2001.
4. Dubuc, R. *Terminology: A Practical Approach* / R. Dubu. Quebec: Canada National Library, 1997.
5. Rundell, M. *Macmillan English Dictionary for Advanced Learners of American English* / M. Rundell. London: Bloomsbury Publishing, 2002.

References

1. Khuwaileh A., Khwaileh T. (2011) IT Terminology, Translation, and Semiotic Levels: Cultural, Lexicographic, and Linguistic Problems. *Semiotica*. 187 (1/4), 265–275.
2. *State Program for the Implementation of Language Policy in the Republic of Kazakhstan for 2020–2025*. Available: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P1900001045> (in Russian).
3. Crystal D. (2001) *Language and the Internet*. Cambridge, Cambridge University Press.
4. Dubuc R. (1997) *Terminology: A Practical Approach*. Quebec, Canada National Library.
5. Rundell M. (2002) *Macmillan English Dictionary for Advanced Learners*. London, Bloomsbury Publ.

Вклад авторов / Authors' contribution

Авторы внесли равный вклад в написание статьи / The authors contributed equally to the writing of the article.

Сведения об авторах

Сеилов Ш. Ж., канд. техн. наук, д-р экон. наук, проф., декан факультета информационных технологий, Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева (ЕНУ)

Зулпыхар Ж. Е., канд. пед. наук, доц., зав. каф. информатики, ЕНУ

Нурланкызы А., докторант, ЕНУ

Журсинбек Б. Ш., магистр комп. наук, дир. департамента технологии искусственного интеллекта, Казахская академия инфокоммуникаций

Адрес для корреспонденции

010000, Республика Казахстан,
г. Астана, ул. Сатбаева, 2
Евразийский национальный университет
имени Л. Н. Гумилева
Тел.: +7 7011 115-299
E-mail: seilov1961@gmail.com
Сеилов Шахмаран Журсинбекович

Information about the authors

Seilov Sh. Zh., Cand. of Sci., Dr. of Sci. (Econ.), Professor, Dean of the Faculty of Information Technologies, L. N. Gumilyov Eurasian National University (ENU)

Zulpykhar Zh. E., Cand. of Sci., Associate Professor, Head of the Department of Informatics, ENU

Nurlankyzy A., Doctoral Student, ENU

Zhursinbek B. Sh., Master of Computer Science, Director of the Department of Artificial Intelligence Technology, Kazakh Academy of Infocommunications

Address for correspondence

010000, Republic of Kazakhstan,
Astana, Satbaev St., 2
L. N. Gumilyov
Eurasian National University
Tel.: +7 7011 115-299
E-mail: seilov1961@gmail.com
Seilov Shakhmaran Zhursinbekovich



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-80-88>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 004.021+004.023+004.42

ПРАКТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Д. О. ПЕТРОВ

Брестский государственный технический университет (г. Брест, Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 16.06.2024

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

Аннотация. Описана проблематика разработки нейроконтроллеров для управления динамическими объектами, включающая в себя сложность формирования обучающих наборов данных. Указано, что одним из известных способов обучения управляющей объектом искусственной нейронной сети является нейроэволюционный подход, предполагающий использование генетического алгоритма для настройки синаптических весовых коэффициентов искусственной нейронной сети. Предложена идея использования средства демонстрации эволюционного подхода к настройке весовых коэффициентов искусственной нейронной сети для практического обучения студентов основам нейроэволюционного подхода. Разработано программное обеспечение для демонстрации нейроэволюционного подхода на примере эволюции искусственной нейронной сети заданной структуры, предназначенной для управления упрощенной компьютерной моделью автономного транспортного средства. Описан способ разрешения проблемы стагнации при использовании эволюционного подхода к обучению искусственной нейронной сети. Предложены варианты применения разработанного программного обеспечения при обучении студентов основам технологий искусственного интеллекта и эволюционным методам многокритериальной оптимизации.

Ключевые слова: генетический алгоритм, нейроэволюция, нейроконтроллер, искусственная нейронная сеть, многокритериальная оптимизация, стагнация эволюции.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Петров, Д. О. Практический подход к изучению эволюционных методов настройки весовых коэффициентов искусственных нейронных сетей / Д. О. Петров // Цифровая трансформация. 2024. Т. 30, № 3. С. 80–88. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-80-88>.

PRACTICAL APPROACH TO STUDYING EVOLUTIONARY METHODS FOR SETTING WEIGHT COEFFICIENTS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

DMITRIY O. PETROV

Brest State Technical University (Brest, Republic of Belarus)

Submitted 16.06.2024

Abstract. The article describes the problems of developing neurocontrollers for controlling dynamic objects, including the complexity of forming training data sets. It is indicated that one of the known methods for training an artificial neural network controlling an object is the neuroevolutionary approach, which involves using a genetic algorithm to adjust the synaptic weighting coefficients of an artificial neural network. The idea of using a means

of demonstrating the evolutionary approach to adjusting the weighting coefficients of an artificial neural network for practical training of students in the basics of the neuroevolutionary approach is proposed. Software has been developed to demonstrate the neuroevolutionary approach using the example of the evolution of an artificial neural network of a given structure intended to control a simplified computer model of an autonomous vehicle. A method for resolving the problem of stagnation when using the evolutionary approach to training an artificial neural network is described. Options for using the developed software in teaching students the basics of artificial intelligence technologies and evolutionary methods of multicriteria optimization are proposed.

Keywords: genetic algorithm, neuroevolution, neurocontroller, artificial neural network, multicriteria optimization, stagnation of evolution.

Conflict of interests. The author declares no conflict of interests.

For citation. Petrov D. O. (2024) Practical Approach to Studying Evolutionary Methods for Setting Weight Coefficients of Artificial Neural Networks. *Digital Transformation*. 30 (3), 80–88. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-30-3-80-88> (in Russian).

Введение

В настоящее время интерес к практическому применению и изучению технологий искусственного интеллекта (ИИ) находится на стабильно высоком уровне. Популярная область применения технологий ИИ – разработка нейроконтроллеров для управления динамическими объектами, к которым можно отнести и автономные транспортные средства. Основной проблемой при обучении управляющей искусственной нейронной сети (ИНС) адаптивной коррекцией весовых коэффициентов синаптических связей на основе эталонных входных и выходных сигналов является сложность формирования адекватного обучающего набора данных [1]. Один из выходов для решения подобной проблемы – использование эволюционного метода для обучения ИНС. В статье рассматриваются особенности применения генетического алгоритма в качестве эволюционного метода обучения нейронной сети для управления упрощенной компьютерной моделью автономного транспортного средства, пригодной для обучения студентов основам технологий ИИ.

Генетический алгоритм как эволюционный метод оптимизации

Генетический алгоритм (ГА) представляет собой адаптивный направленный стохастический метод поиска решения оптимизационных задач на основе использования аналогий механизма естественного отбора и генетического наследования в живой природе [2, 3]. ГА оперирует множеством возможных решений задачи оптимизации как некоторой популяцией особей, подвергаемой моделируемому процессу естественного отбора при смене поколений с использованием механизмов селекции и скрещивания. Потенциальные решения оптимизационной задачи, по терминологии ГА называемые хромосомами, представляются последовательностями значений своих параметров-генов. С каждой хромосомой-решением связана величина приспособленности, соответствующая эвристической оценке близости потенциального решения к ожидаемому оптимуму.

Искусственная нейронная сеть как вычислительная система

ИНС представляет собой вычислительную систему, действующую по аналогии с биологическим головным мозгом и состоящую из следующих конструктивных компонентов: вычислительных узлов (искусственных нейронов) и межузловых соединений (синаптических связей) с назначенными им весовыми (синаптическими) коэффициентами¹ [4]. Множество вычислительных узлов вместе с топологией соединений между ними называют архитектурой ИНС, которую можно разбить на три иерархических уровня [5]:

- микроструктурный – описывает характеристики отдельных вычислительных узлов сети;
- мезоструктурный – описывает топологическую организацию соединений между вычислительными узлами и направление распространения информации по сети;
- макроструктурный – способ соединения отдельных ИНС между собой при создании сети модульной структуры.

¹ Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский, пер. с польск. И. Д. Рудинского. М.: Финансы и статистика, 2002.

На микроструктурном уровне искусственный нейрон как вычислительное устройство (рис. 1) функционирует следующим образом²:

- по входным синаптическим связям искусственный нейрон получает сигналы x_i и вырабатывает один выходной сигнал y ;
- сигнал, поступающий по конкретной синаптической связи, модифицируется путем умножения на весовой коэффициент w_i ;
- модифицированные входные сигналы суммируются (агрегируются), и результирующая величина называется совокупным возбуждением искусственного нейрона;
- для получения выходного сигнала y величина совокупного возбуждения нейрона преобразуется нелинейной функцией F , которая называется функцией активации искусственного нейрона.

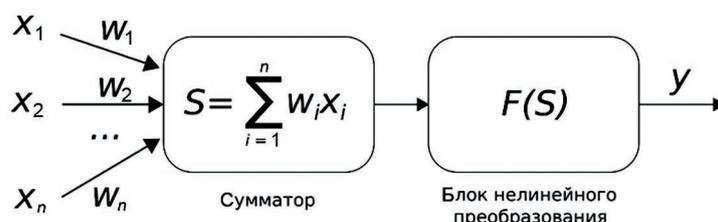


Рис. 1. Искусственный нейрон на микроструктурном уровне
Fig. 1. Artificial neuron at the microstructural level

В качестве функций активации часто используют логистическую, пороговую, гиперболического тангенса и реже – линейную³. На мезоструктурном уровне наиболее известной является многослойная архитектура ИНС с прямым направлением распространения информации (рис. 2)⁴.

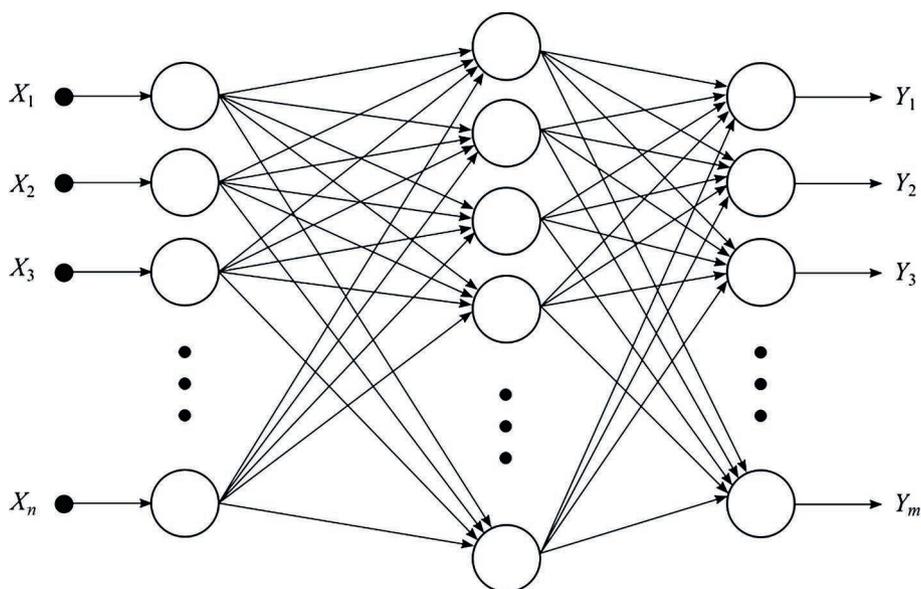


Рис. 2. Многослойная архитектура искусственной нейронной сети
Fig. 2. Multilayer artificial neural network architecture

Многослойные ИНС с прямым направлением распространения информации состоят из последовательно соединенных синаптическими связями слоев искусственных нейронов: слой, принимающий сигналы из внешней среды, называется входным или распределительным, за ним следует произвольное количество так называемых скрытых слоев (на рис. 2 изображен единственный скрытый слой) и самым последним в цепочке расположен выходной слой, который выдает

² Элементарное введение в технологию нейронных сетей с примерами программ / Р. Тадусевич [и др.], пер. с польск. И. Д. Рудинского. М.: Горячая линия – Телеком, 2011.

³ Круглов, В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В. В. Круглов, В. В. Борисов; 2-е изд., стереотип. М.: Горячая линия – Телеком, 2002.

⁴ Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилинский, Л. Рутковский, пер. с польск. И. Д. Рудинского. М.: Горячая линия – Телеком, 2006.

реакцию всей сети на входное воздействие. Функционирование ИНС зависит от величин весовых коэффициентов синаптических связей, поэтому при заданной структуре ИНС, отвечающей какой-либо задаче, необходимо найти оптимальные значения весовых коэффициентов.

Процесс нахождения оптимальных значений весовых коэффициентов синаптических связей называется обучением ИНС, в котором можно выделить два подхода: обучение с учителем и обучение без учителя [4]. В первом случае необходимо наличие конечного набора значений входных сигналов и соответствующего набора ожидаемых значений выходных сигналов (обучающей выборки). Целью обучения становится подбор весовых коэффициентов таким образом, чтобы фактические выходные сигналы сети принимали значения, наиболее близкие к ожидаемым. При невозможности применения такого подхода необходимо использовать обучение без учителя. Подбор весовых коэффициентов синаптических связей сети проводится либо на основании конкуренции нейронов между собой, либо с учетом корреляции обучающих и выходных сигналов.

Для нахождения оптимальной структуры ИНС и значений весовых коэффициентов синаптических связей при затруднительности или невозможности формирования обучающей выборки возможно применять нейроэволюционные методы, в арсенал которых входит ГА [6–8]. В простейшем случае ГА используется для эволюционного подбора значений весовых коэффициентов связей между нейронами ИНС фиксированной структуры, при этом потенциальные решения оптимизационной задачи представлены хромосомами, генами которых являются искомые вещественные значения весов межнейронных связей [9].

Средство демонстрации эволюционного подхода к настройке весовых коэффициентов искусственной нейронной сети

В качестве отправной точки для практического ознакомления учащихся с основами генетического эволюционного алгоритма оптимизации был использован видеокурс «Self-Driving Car with JavaScript Course – Neural Networks and Machine Learning» (https://www.youtube.com/watch?v=Rs_rAxEsAvI) с сопутствующим исходным кодом приложения на языке JavaScript (<https://github.com/gniziemazity/Self-driving-car>), демонстрирующим применение эволюционного метода обучения нейронной сети для управления упрощенной компьютерной моделью автономного транспортного средства (рис. 3), автором которого является Раду Мариеску-Истодор (<https://scholar.google.com/citations?user=rZQYWtcAAAAJ&hl=en>) из Университета Восточной Финляндии (<https://www.uef.fi/ru>).

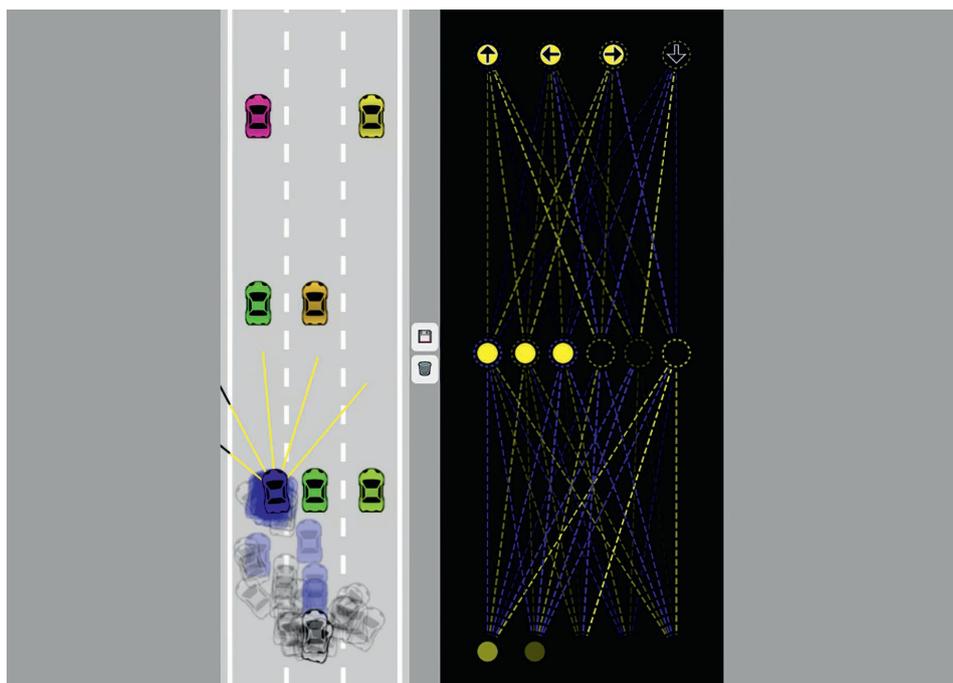


Рис. 3. Демонстрация эволюции искусственной нейронной сети, управляющей моделью автомобиля
Fig. 3. Demonstration of the evolution of an artificial neural network that controls a car model

Модель транспортного средства (автомобиль) в форме прямоугольника, способная под управлением ИНС к ускорению, торможению, поворотам направо и налево относительно своего геометрического центра, движется по прямолинейному участку дороги фиксированной ширины. На участке дороги перед движущимся управляемым автомобилем расположены семь перемещающихся с низкой скоростью неуправляемых автомобилей, играющих роль препятствий. Для возможности обнаружения препятствий при движении вперед модель обладает набором датчиков приближения в виде пяти отрезков прямых фиксированной длины, расходящихся веерообразно из геометрического центра прямоугольника. При пересечении отрезков прямых с границами дороги и прямоугольниками, представляющими собой иные автомобили, формируется вещественное значение, находящееся в промежутке от нуля до единицы пропорционально положению расчетной точки пересечения на отрезке («0» – нет пересечения, «1» – точка пересечения совпадает с началом отрезка в центре прямоугольника модели автомобиля).

Автомобиль управляется ИНС прямого распространения с одним скрытым слоем из шести нейронов – входной слой состоит из пяти нейронов, связанных с датчиками приближения, а выходной непосредственно связан с органами управления. В управляющей ИНС используется пороговая функция активации (функция Хевисайда) – величина порога активации каждого нейрона и величины весовых коэффициентов связей между нейронами подбираются генетическим алгоритмом.

Цель эволюции популяции, состоящей из 100 управляемых автомобилей, – получение особи, успешно обходящей все встречающиеся на пути препятствия при поступательном движении по дороге вперед без пересечения ее боковых границ. Процесс эволюции нейроконтроллера интерактивно отображается в окне браузера, разделенном по горизонтали на две части: слева можно наблюдать движение всей популяции автомобилей, а справа изображается управляющая ИНС наилучшей особи популяции (рис. 3).

Отличительной чертой представленной реализации генетического алгоритма является то, что функция оператора селекции возложена исключительно на пользователя и состоит в своевременном сохранении управляющей ИНС особи, которая опережает в движении все остальные. На пользователя также возложена задача управления началом процесса формирования новой популяции и запуска очередной итерации алгоритма, причем новая популяция состоит из сохраненной на предыдущей итерации особи, а остальные 99 членов представлены ее случайными мутациями.

Развитие средства демонстрации эволюционного подхода к настройке весовых коэффициентов искусственной нейронной сети

Старая реализация генетического алгоритма была подвергнута значительному пересмотру в сторону наглядной демонстрации различных операторов селекции и применения одного из возможных операторов скрещивания. Так как структуру ИНС было решено оставить неизменной, то объектом нейроэволюции являлись величины порога активации каждого нейрона и весовых коэффициентов межнейронных связей, представляющие собой в этом случае отдельные гены-хромосомы. В качестве оператора скрещивания была выбрана промежуточная рекомбинация (whole arithmetic recombination), подходящая к хромосомам, состоящим из вещественных значений [10]. Промежуточная рекомбинация формирует гены-хромосомы-потомка на основе генов-хромосом-родителей следующим образом⁵:

$$C_i = A_i + \alpha(B_i - A_i); \quad (1)$$

$$\alpha \in [d, 1 + d], \quad (2)$$

где A_i , B_i – вещественные значения генов-хромосом-родителей; C_i – значение гена-хромосомы-потомка, полученное в результате вычислений по формуле (1); d – рекомендуется принять равным 0,25.

Операторы скрещивания, основанные на перекрестном обмене генами между парой хромосом-родителей, были исключены из рассмотрения по следующей причине: исследованиями уста-

⁵ Скобцов, В. Ю. Интеллектуальный анализ данных: генетические алгоритмы / В. Ю. Скобцов, Н. В. Лапицкая, С. Н. Нестеренков. Минск: Белор. гос. ун-т информ. и радиоэлек., 2018.

новлено, что перестановка значений весовых коэффициентов межнейронных связей в промежутке между двумя последовательными слоями и даже перестановка самих нейронов в пределах скрытых слоев могут не оказать значительного влияния на функционирование ИНС [11, 12]. Более того, исследования показывают, что в процессе нейроэволюции скрещивание между особями со сравнимыми значениями приспособленности чаще всего ведет к ухудшению приспособленности потомков, на основании чего делается вывод о деструктивности оператора скрещивания и приемлемости лишь оператора мутации при использовании генетического алгоритма для эволюции ИНС [13].

Для возможности применения операторов селекции необходимо определить эвристическую функцию, результат вычисления которой будет определять приспособленность управляющей ИНС в популяции. Поэтому, учитывая, что целью нейроэволюции в данном случае является получение особи, успешно обходящей все встречающиеся на пути препятствия, мерой приспособленности нужно считать расстояние со знаком, показывающее положение относительно последнего движущегося неуправляемого автомобиля-препятствия. Признак остановки итераций ГА – опережение последнего препятствия лучшей особью текущего поколения на 800 пикселей экранного пространства.

Для наглядной оценки эффективности применяемых операторов селекции созданы две версии программного обеспечения (ПО): в одной из них используется селекция методом рулетки, а в другой – турнирная селекция. Обе версии ПО расположены в общедоступном репозитории в сети интернет: селекция методом рулетки – <https://github.com/polegdo/JavaScript-Car-Neuroevolution/tree/main/roulette-wheel-selection>, турнирная селекция – <https://github.com/polegdo/JavaScript-Car-Neuroevolution/tree/main/tournament-selection>.

При отборе хромосом-родителей методом рулетки (пропорциональный отбор) каждому потенциальному родителю ставится сектор воображаемого колеса рулетки, площадь которого пропорциональна мере приспособленности особи – чем выше приспособленность, тем больше площадь соответствующего сектора и выше вероятность отбора особи в качестве родителя. Турнирная селекция состоит в случайном отборе из текущей популяции фиксированного количества особей (в описываемом случае отбирается 80 особей из 100) и в выборе в качестве родителя экземпляра с наивысшим значением функции приспособленности.

Как и любой метод многокритериальной оптимизации, ГА при проведении нейроэволюции способен попасть в локальный экстремум оптимизируемой функции – индикатором такой ситуации является отсутствие повышения приспособленности особей в популяции при проведении серии очередных итераций алгоритма на пути к требуемому условиям оптимизационной задачи результату функционирования ИНС. Один из выходов при стагнации ГА – формирование нового поколения на основе переноса в неизменном виде наилучшей особи из предыдущего поколения и формирование остальных членов популяции на основе проведения над ней случайных мутаций [14, 15]. Такой подход и был реализован в разработанном ПО при обнаружении отсутствия улучшения приспособленности членов популяции на протяжении пяти последовательных итераций ГА.

Работа ПО организована в виде проведения экспериментов – серии итераций ГА, приводящих к подбору оптимальных значений весовых коэффициентов межнейронных связей управляющей ИНС и позволяющих модели автомобиля преодолеть все препятствия в процессе движения. В целях повышения информативности наблюдения за ходом нейроэволюции в консоли разработчика браузера отображаются нумерация проходящих экспериментов, информация об обнаружении ситуации стагнации в эволюции ИНС, выводится итоговая статистика проведения эксперимента, а именно – количество выполненных итераций и обнаруженных стагнаций (рис. 4).

Результаты исследований и их обсуждение

Разработанное средство демонстрации эволюционного подхода к настройке весовых коэффициентов ИНС, размещенное в общедоступном репозитории в сети интернет (<https://github.com/polegdo/JavaScript-Car-Neuroevolution>), возможно творчески применять при чтении лекций и проведении практических занятий по соответствующим предметам у студентов специальностей «Компьютерная инженерия», «Программная инженерия», «Искусственный интеллект», «Системы управления информацией».

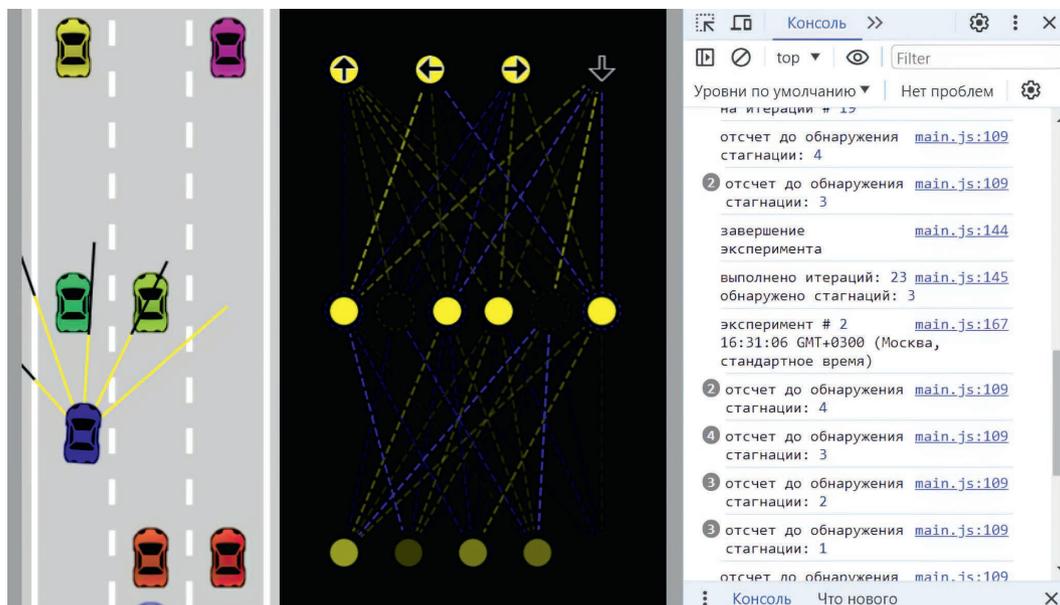


Рис. 4. Отображение дополнительной информации в консоли браузера (Google Chrome)
Fig. 4. Displaying additional information in the browser console (Google Chrome)

При изучении основ ГА как метода многокритериальной оптимизации представленное в статье ПО может наглядно служить примером необходимости эмпирического подбора оператора селекции для эффективного решения поставленной задачи. В данном случае селекция особей на основе пропорционального отбора показала неспособность к решению задачи при сравнении с использованием турнирной селекции, которая показала многократно повторяющийся успешный результат: при проведении серии из 100 экспериментов ГА эволюции управляющей ИНС добивался поставленной перед ним цели в среднем за 30 итераций, причем среднее количество обнаруженных стагнаций достигало значения, равного 4.

Заключение

1. Предлагаемый практический подход к ознакомлению студентов с основами технологий искусственного интеллекта на базе изучения нейроэволюционного алгоритма является перспективным по следующим причинам:

- наличие стабильного интереса к технологиям беспилотного управления наземными транспортными средствами;
- возможность ознакомления с основами функционирования искусственных нейронных сетей;
- изучение основ генетического алгоритма как метода многокритериальной оптимизации;
- наглядность процесса эволюции искусственной нейронной сети;
- отсутствие необходимости в использовании сложных средств разработки и тестирования программ на языке JavaScript – единственным минимальным требованием является наличие текстового редактора и современного веб-браузера;
- возможность изучения основ языка программирования JavaScript для написания веб-приложений;
- реализация искусственной нейронной сети на JavaScript без использования сторонних библиотек и сложного математического аппарата.

2. Исходный код разработанного программного обеспечения может послужить основой для управляемой самостоятельной работы студентов при изучении искусственных нейронных сетей и методов оптимизации на основе генетического алгоритма. Реализация искусственной нейронной сети представляет собой класс `NeuralNetwork`, размещенный в файле `network.js`, а функции, реализующие операторы селекции, расположены в файле `main.js` под именами `selectCarFromRouletteWheel()` и `getTournamentWinner()`.

3. Для дальнейшего развития изложенной проблематики имеет смысл использовать платформу Node.js совместно с библиотекой TensorFlow.js, что даст возможность сэкономить время и усилия при реализации более сложных структур искусственной нейронной сети.

Список литературы

1. Чернодуб, А. Н. Обзор методов нейроуправления / А. Н. Чернодуб, Д. А. Дзюба // Проблемы программирования. 2011. № 2. С. 79–94.
2. Katoch, S. A Review on Genetic Algorithm: Past, Present, and Future / S. Katoch, S. S. Chauhan, V. Kumar // *Multimed Tools Appl.* 2021. Vol. 80. P. 8091–8126.
3. McCall, J. Genetic Algorithms for Modelling and Optimisations / J. McCall // *Journal of Computational and Applied Mathematics.* 2020. Vol. 184, No 1. P. 205–222.
4. Васенков, Д. В. Методы обучения искусственных нейронных сетей / Д. В. Васенков // Компьютерные инструменты в образовании. 2007. № 1. С. 20–29.
5. Maren, A. J. A Logical Topology of Neural Networks / A. J. Maren // *Proceedings of the Second Workshop on Neural Networks, Auburn, USA, February 11–13, 1991.* Auburn: Auburn University, 1991. P. 17–44.
6. Мищенко, В. А. Использование генетических алгоритмов в обучении нейронных сетей / В. А. Мищенко, А. А. Коробкин // *Современные проблемы науки и образования.* 2011. № 6.
7. Шумков, Е. А. Использование генетических алгоритмов для обучения нейронных сетей / Е. А. Шумков // *Научный журнал КубГАУ.* 2013. № 91.
8. Montana, D. J. Training Feedforward Neural Networks Using Genetic Algorithms / D. J. Montana, L. Davis // *IJCAI'89: Proceedings of the 11th International Joint Conference on Artificial Intelligence.* 1989. Vol. 1. P. 762–767.
9. Yao, Xin. Evolving Artificial Neural Networks / Xin Yao // *Proceedings of the IEEE.* 1999. Vol. 87, No 9. P. 1423–1447.
10. Picek, S. On the Recombination Operator in the Real-Coded Genetic Algorithms / S. Picek, D. Jakobovic, M. Golub // *2013 IEEE Congress On Evolutionary Computation, June 20–23, Cancun, Mexico, 2013.* P. 3103–3110.
11. Zankinski, I. Effects of the Neuron Permutation Problem on Training Artificial Neural Networks with Genetic Algorithms / I. Zankinski // *International Conference on Numerical Analysis and Its Applications, June 15–22, Lozenetz, Bulgaria, 2016.* P. 777–782.
12. Haflidason, S. On the Significance of the Permutation Problem in Neuroevolution / S. Haflidason, R. Neville // *GECCO'09: Proceedings of the 11th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation, June 8, 2009.* P. 787–794.
13. Pretorius, K. Neural Network Crossover in Genetic Algorithms Using Genetic Programming / K. Pretorius, N. Pillay // *Genetic Programming and Evolvable Machines.* 2024. Vol. 25. No 7.
14. Gomez, F. J. Active Guidance for a Finless Rocket Using Neuroevolution / F. J. Gomez, R. Miikkulainen // *Proceedings of the 2003 International Conference on Genetic and Evolutionary Computation: Part II, July 12, San Francisco, California, USA, 2003.* P. 2084–2095.
15. Gomez, F. J. Co-Evolving Recurrent Neurons Learn Deep Memory POMDPs // F. J. Gomez, J. Schmidhuber // *GECCO'05: Proceedings of the 7th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation, June 25–29, Washington DC, USA, 2005.* P. 491–498.

References

1. Chernodub A. N., Dzyuba D. A. (2011) Review of Neurocontrol Methods. *Programming Problems.* (2), 79–94 (in Russian).
2. Katoch S., Chauhan S. S., Kumar V. (2021) A Review on Genetic Algorithm: Past, Present, and Future. *Multimed Tools Appl.* 80, 8091–8126.
3. McCall J. (2020) Genetic Algorithms for Modelling and Optimisations. *Journal of Computational and Applied Mathematics.* 184 (1), 205–222.
4. Vasenkov D. V. (2007) Methods for Training Artificial Neural Networks. *Computer Tools in Education.* (1), 20–29 (in Russian).
5. Maren A. J. (1991) A Logical Topology of Neural Networks. *Proceedings of the Second Workshop on Neural Networks, Auburn, USA, Febr. 11–13.* Auburn, Auburn University. 17–44.
6. Mishchenko V. A., Korobkin A. A. (2011) Using Genetic Algorithms in Training of Neural Networks. *Modern Problems of Science and Education.* (6) (in Russian).
7. Shumkov E. A. (2013) Using Genetic Algorithms for Training of Neural Networks. *Science Magazine of KubGAU.* (91) (in Russian).

8. Montana D. J., Davis L. (1989) Training Feedforward Neural Networks Using Genetic Algorithms. *IJCAI'89: Proceedings of the 11th International Joint Conference on Artificial Intelligence*. 1, 762–767.
9. Yao Xin (1999) Evolving Artificial Neural Networks. *Proceedings of the IEEE*. 87 (9), 1423–1447.
10. Picek S., Jakobovic D., Golub M. (2013) On the Recombination Operator in the Real-Coded Genetic Algorithms. *IEEE Congress On Evolutionary Computation, June 20–23, Cancun, Mexico*. 3103–3110.
11. Zankinski I. (2016) Effects of the Neuron Permutation Problem on Training Artificial Neural Networks with Genetic Algorithms. *International Conference on Numerical Analysis and Its Applications, June 15–22, Lozenetz, Bulgaria*. 777–782.
12. Hafidason S., Neville R. (2009) On the Significance of the Permutation Problem in Neuroevolution. *GECCO'09: Proceedings of the 11th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation, June 8. 787–794*.
13. Pretorius K., Pillay N. (2024) Neural Network Crossover in Genetic Algorithms Using Genetic Programming. *Genetic Programming and Evolvable Machines*. 25 (7).
14. Gomez F. J., Miikkulainen R. (2003) Active Guidance for a Finless Rocket Using Neuroevolution. *Proceedings of the 2003 International Conference on Genetic and Evolutionary Computation: Part II, July 12, San Francisco, California, USA*. 2084–2095.
15. Gomez F. J., Schmidhuber J. (2005) Co-Evolving Recurrent Neurons Learn Deep Memory POMDPs. *GECCO'05: Proceedings of the 7th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation, June 25–29, Washington DC, USA*. 491–498.

Сведения об авторе

Петров Д. О., канд. техн. наук, доц. каф. «ЭВМ и системы», Брестский государственный технический университет

Адрес для корреспонденции

224017, Республика Беларусь,
г. Брест, ул. Московская, 267
Брестский государственный
технический университет
Тел.: +375 29 523-87-23
E-mail: polegdo@gmail.com
Петров Дмитрий Олегович

Information about the author

Petrov D. O., Cand. of Sci., Associate Professor at the Department of Computer and Computer Sciences, Brest State Technical University

Address for correspondence

224017, Republic of Belarus,
Brest, Moskovskaya St., 267
Brest State
Technical University
Tel.: +375 29 523-87-23
E-mail: polegdo@gmail.com
Petrov Dmitriy Olegovich