



ИД «Академия Естествознания»

СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научный журнал

№ 1 2024



MODERN HIGH TECHNOLOGIES

Scientific journal

No. 1 2024



PH Academy of Natural History

Современные наукоемкие технологии

Научный журнал

Журнал издается с 2003 года.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство – ПИ № ФС 77-63399.

«Современные наукоемкие технологии» – рецензируемый научный журнал, в котором публикуются статьи, обладающие научной новизной, представляющие собой результаты завершённых исследований, проблемного или научно-практического характера, научные обзоры.

Журнал включен в действующий Перечень рецензируемых научных изданий (ВАК РФ). К1.

Журнал ориентируется на ученых, преподавателей, инженерно-технических специалистов, сотрудников информационных технологий и информатики, использующих в своих исследованиях междисциплинарный подход. Авторы журнала уделяют особое внимание методологии преподавания технических дисциплин.

Основные научные направления: 1.2. Компьютерные науки и информатика, 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации, 2.5. Машиностроение, 5.8. Педагогика.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

Технический редактор

Доронкина Е.Н.

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

Корректор

Галенкина Е.С.,

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Дудкина Н.А.

д.т.н., проф. Айдовос А. (Алматы); д.г.-м.н., проф. Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф. Алоев В.З. (Нальчик); д.т.н., доцент, Аршинский Л.В. (Иркутск); д.т.н., проф. Ахтулов А.Л. (Омск); д.т.н., проф. Баёв А.С. (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. Баубеков С.Д. (Тараз); д.т.н., проф. Беззубцева М.М. (Санкт-Петербург); д.п.н., проф. Безрукова Н.П. (Красноярск); д.т.н., доцент, Белозеров В.В. (Ростов-на-Дону); д.т.н., доцент, Бессонова Л.П. (Воронеж); д.п.н., доцент, Бобыкина И.А. (Челябинск); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.п.н., проф. Бутов А.Ю. (Москва); д.т.н., доцент, Быстров В.А. (Новокузнецк); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.т.н., проф. Герман-Галкин С.Г. (Щецин); д.т.н., проф. Германов Г.Н. (Москва); д.т.н., проф. Горбатюк С.М. (Москва); д.т.н., проф. Гоц А.Н. (Владимир); д.п.н., проф. Далингер В.А. (Омск); д.псх.н., проф. Долгова В.И. (Челябинск); д.э.н., проф. Делятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.псх.н., проф. Дубовицкая Т.Д. (Сочи); д.т.н., доцент, Дубровин А.С. (Воронеж); д.п.н., доцент, Евтушенко И.В. (Москва); д.п.н., проф. Ефремова Н.Ф. (Ростов-на-Дону); д.т.н., проф. Завражнов А.И. (Мичуринск); д.п.н., доцент, Загrevский О.И. (Томск); д.т.н., проф. Ибраев И.К. (Караганда); д.т.н., проф. Иванова Г.С. (Москва); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.ф.-м.н., проф. Ижугкин В.С. (Москва); д.т.н., проф. Калмыков И.А. (Ставрополь); д.п.н., проф. Качалова Л.П. (Шадринск); д.псх.н., доцент, Кибальченко И.А. (Таганрог); д.п.н., проф. Клемантович И.П. (Москва); д.п.н., проф. Козлов О.А. (Москва); д.т.н., проф. Козлов А.М. (Липецк); д.т.н., доцент, Козловский В.Н. (Самара); д.т.н., доцент, Красновский А.Н. (Москва); д.т.н., проф. Крупенин В.Л. (Москва); д.т.н., проф. Кузлякина В.В. (Владивосток); д.т.н., доцент, Кузьяков О.Н. (Тюмень); д.т.н., проф. Куликовская И.Э. (Ростов-на-Дону); д.т.н., проф. Лавров Е.А. (Суми); д.т.н., доцент, Ландэ Д.В. (Киев); д.т.н., проф. Леонтьев Л.Б. (Владивосток); д.ф.-м.н., доцент, Ломазов В.А. (Белгород); д.т.н., проф. Ломакина Л.С. (Нижний Новгород); д.т.н., проф. Лубенцов В.Ф. (Краснодар); д.т.н., проф. Мадера А.Г. (Москва); д.т.н., проф. Макаров В.Ф. (Пермь); д.п.н., проф. Марков К.К. (Иркутск); д.п.н., проф. Матис В.И. (Барнаул); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск); д.п.н., проф. Микерова Г.Ж. (Краснодар); д.п.н., проф. Моисеева Л.В. (Екатеринбург); д.т.н., проф. Мурашкина Т.И. (Пенза); д.т.н., проф. Мусаев В.К. (Москва); д.т.н., проф. Надеждин Е.Н. (Тула); д.ф.-м.н., проф. Никонов Э.Г. (Дубна); д.т.н., проф. Носенко В.А. (Волгоград); д.т.н., проф. Осипов Г.С. (Южно-Сахалинск); д.т.н., проф. Пен Р.З. (Красноярск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., проф. Петрова И.Ю. (Астрахань); д.т.н., проф. Пивень В.В. (Тюмень); д.э.н., проф. Потышняк Е.Н. (Харьков); д.т.н., проф. Пузыряков А.Ф. (Москва); д.п.н., проф. Рахимбаева И.Э. (Саратов); д.п.н., проф. Резанович И.В. (Челябинск); д.т.н., проф. Рогачев А.Ф. (Волгоград); д.т.н., проф. Рогов В.А. (Москва); д.т.н., проф. Санинский В.А. (Волжский); д.т.н., проф. Сердобинцев Ю.П. (Волгоградский); д.э.н., проф. Сихимбаев М.Р. (Караганда); д.т.н., проф. Скрышник О.Н. (Иркутск); д.п.н., проф. Собянин Ф.И. (Белгород); д.т.н., проф. Страбыкин Д.А. (Киров); д.т.н., проф. Сугак Е.В. (Красноярск); д.ф.-м.н., проф. Тактаров Н.Г. (Саранск); д.п.н., доцент, Тутолмин А.В. (Глазов); д.т.н., проф. Умбетов У.У. (Кызылорда); д.м.н., проф. Фесенко Ю.А. (Санкт-Петербург); д.п.н., проф. Хола Л.Д. (Нерюнгри); д.т.н., проф. Часовских В.П. (Екатеринбург); д.т.н., проф. Ченцов С.В. (Красноярск); д.т.н., проф. Червяков Н.И. (Ставрополь); д.т.н., проф. Шалунов А.С. (Ковров); д.т.н., проф. Шарифеев И.Ш. (Казань); д.т.н., проф. Шишков В.А. (Самара); д.т.н., проф. Шпилицын А.Г. (Челябинск); д.т.н., проф. Яблокова М.А. (Санкт-Петербург); к.т.н., доцент, Хайдаров А.Г. (Санкт-Петербург)

ISSN 1812–7320

Электронная версия: top-technologies.ru/ru

Правила для авторов: top-technologies.ru/ru/rules/index

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,940

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,355

Периодичность	12 номеров в год		
Учредитель, издатель и редакция	ООО ИД «Академия Естествознания»		
Почтовый адрес	105037, г. Москва, а/я 47		
Адрес редакции и издателя	440026, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3		
Типография	ООО «НИЦ Академия Естествознания» 410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5		
Е-mail	edition@rae.ru	Телефон	+7 (499) 705-72-30
Подписано в печать	31.01.2024	Дата выхода номера	29.02.2024
Формат	60x90 1/8	Усл. печ. л.	19
Тираж	1000 экз.	Заказ	СНТ 2024/1

Распространяется по свободной цене

Подписной индекс в электронном каталоге «Почта России»: ПА037

© ООО ИД «Академия Естествознания»

Modern high technologies

Scientific journal

The journal has been published since 2003.

The journal is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications. **Certificate – PI No. FS 77-63399.**

"Modern high technologies" is a peer-reviewed scientific journal that publishes articles with scientific novelty, representing the results of completed research, problematic or scientific-practical character, scientific reviews.

The journal is included in the current List of peer-reviewed scientific publications (**HCC RF**). **K1.**

The journal is oriented to scientists, teachers, engineering and technical specialists, employees of information technology and computer science, using an interdisciplinary approach in their research. The authors of the journal pay special attention to the methodology of teaching technical disciplines.

Main scientific directions: 1.2. Computer Science and Informatics, 2.3. Information technologies and telecommunications, 2.5. Engineering, 5.8. Pedagogy.

CHIEF EDITOR

Ledvanov Mikhail Yurievich, Dr. Sci. (Medical), Prof.

Technical editor

Doronkina E.N.

EXECUTIVE SECRETARY

Bizenkova Maria Nikolaevna, Cand. Sci. (Medical)

Corrector

Galenkina E.S.,

Dudkina N.A.

EDITORIAL BOARD

D.Sc., Prof. A. Aidosov (Almaty); D.Sc., Prof. S.V. Alekseev (Irkutsk); D.Sc., Prof. V.Z. Aloeov (Nalchik); D.Sc., Docent L.V. Arshinsky (Irkutsk); D.Sc., Prof. A.L. Akhtulov (Omsk); D.Sc., Prof. A.S. Bajov (St. Petersburg); D.Sc., Prof. S.D. Baubekov (Taraz); D.Sc., Prof. M.M. Bezzubtseva (St. Petersburg); D.Sc., Prof. N.P. Bezrukova (Krasnoyarsk); D.Sc., Docent V.V. Belozеров (Rostov-on-Don); D.Sc., Docent Bessonova L.P. (Voronezh); D.Sc., Docent Bobykina I.A. (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. Bondarev V.I. (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. Butov A.Y. (Moscow); D.Sc., Docent Bystrov V.A. (Novokuznetsk); D.Sc., Docent Bystrov V.A. (Novokuznetsk); D.Sc., Docent Gavrilov V.I. (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. Gavrilov V.I. (Moscow); D.Sc., Prof. Bystrov V.A. (Novokuznetsk); D.Sc., Prof. A.I. Gavrishin (Novocherkassk); D.Sc., Prof. S.G. Germanov-Galkin (Szczecin); D.Sc., Prof. G.N. Germanov (Moscow); D.Sc., Prof. S.M. Gorbatyuk (Moscow); D.Sc., Prof. A.N. Gotz (Vladimir); D.Sc., Prof. Dalinger V.A. (Omsk); D.Sc., Prof. Dolgova V.I., (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. Dolyatovsky V.A. (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. A.F. Dresvyannikov (Kazan); D.Sc., Prof. T.D. Dubovitskaya (Sochi); D.Sc., Docent I.V. Evtushenko (Moscow); D.Sc., Prof. N.F. Efreanova (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. A.I. Zavrzhnov (Michurinsk); D.Sc., Docent O.I. Zagrevsky (Tomsk); D.Sc., Prof. Izhutkin V.S. (Moscow); D.Sc., Docent Kibalchenko I.A. (Taganrog); D.Sc., Prof. Klemantovich I.P. (Moscow); D.Sc., Prof. Kozlov O.A. (Moscow); D.Sc., Prof. A.M. Kozlov (Lipetsk); D.Sc., Prof. Kuzlyakina V.V. (Vladivostok); D.Sc., Docent Kuzyakov O.N. (Tyumen); D.Sc., Prof. Kulikovskaya I.E. (Rostov-on-Don); D.Sc., Prof. E.A. Lavrov (Sumi); D.Sc., Docent D.V. Lande (Kiev); D.Sc., Prof. L.B. Leontiev (Vladivostok); D.Sc., Docent V.A. Lomazov (Belgorod); D.Sc., Prof. L.S. Lomakina (Nizhny Novgorod); D.Sc., Prof. V.F. Lubentsov (Krasnodar); D.Sc., Prof. A.G. Madera (Moscow); D.Sc., Prof. V.F. Makarov (Perm); D.Sc., Prof. K.K. Markov (Irkutsk); D.Sc., Prof. V.I. Matis (Barnaul); D.Sc., Prof. A.I. Melnikov (Irkutsk); D.Sc., Prof. G.J. Mikerova (Krasnodar); D.Sc., Prof. L.V. Moiseeva (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. T.I. Murashkina (Penza); D.Sc., Prof. V.K. Musaev (Moscow); D.Sc., Prof. E.N. Nadezhdin (Tula); D.Sc., Prof. E.G. Nikonov (Dubna); D.Sc., Prof. V.A. Nosenko (Volgograd); D.Sc., Prof. G.S. Osipov (Yuzhno-Sakhalinsk); D.Sc., Prof. R.Z. Pen (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. M.N. Petrov (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. I.Y. Petrova (Astrakhan); D.Sc., Prof. Piven V.V. (Tyumen); D.Sc., Prof. Potyshnyak E.N. (Kharkov); D.Sc., Prof. Puzryakov A.F. (Moscow); D.Sc., Prof. Rakhimbaeva I.E. (Saratov); D.Sc., Prof. Rezanovich I.V. (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. A.F. Rogachev (Volgograd); D.Sc., Prof. Sikhimbaev M.R. (Karaganda); D.Sc., Prof. Skrypnik O.N. (Irkutsk); D.Sc., Prof. Sobyanin F.I. (Belgorod); D.Sc., Prof. Strabykin D.A. (Kirov); D.Sc., Prof. Sugak E.V. (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. N.G. Taktarov (Saransk); D.Sc., Docent A.V. Tutolmin (Glazov); D.Sc., Prof. U.U. Umbetov (Kyzylorda); D.Sc., Prof. Fesenko Y.A. (St. Petersburg); D.Sc., Prof. Khoda L.D. (Neryungri); D.Sc., Prof. Chasovskikh V.P. (Ekaterinburg); D.Sc., Prof. Chentsov S.V. (Krasnoyarsk); D.Sc., Prof. Chervikov N.I. (Stavropol); D.Sc., Prof. A.G. Shchipsitsyn (Chelyabinsk); D.Sc., Prof. M.A. Yablokova (St. Petersburg); Cand.Sc., Docent A.G. Khaidarov (St. Petersburg)

ISSN 1812–7320

Electronic version: top-technologies.ru/ru

Rules for authors: top-technologies.ru/ru/rules/index

Impact-factor RISQ (two-year) = 0,940

Impact-factor RISQ (five-year) = 0,355

Periodicity	12 issues per year		
Founder, publisher and editors	LLC PH Academy of Natural History		
Mailing address	105037, Moscow, p.o. box 47		
Editorial and publisher address	440026, Penza, st. Lermontov, 3		
Printing	LLC SPC Academy of Natural History 410035, Saratov, st. Mamontova, 5		
E-mail	edition@rae.ru	Telephone	+7 (499) 705-72-30
Signed for print	31.01.2024	Number issue date	29.02.2024
Format	60x90 1/8	Conditionally printed sheets	19
Circulation	1000 copies	Order	CHT 2024/1

Distribution at a free price

Subscription index in the Russian Post electronic catalog: PA037

© LLC PH Academy of Natural History

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (1.2.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.5.3, 2.5.5, 2.5.7, 2.5.8)

СТАТЬИ

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ КЛИЕНТОВ ОКАЗАННЫМИ УСЛУГАМИ <i>Богданова Д.Р., Нуриахметов А.И.</i>	8
ДИСПЕТЧЕР НАУЧНЫХ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ: МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ <i>Воскобойников М.Л.</i>	16
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 4.0 <i>Горшкова О.О.</i>	22
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ RYTHON АКТИВНОСТИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ <i>Гусарова О.М., Березняк И.С., Денисов Д.Э.</i>	28
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА <i>Дукаев М.Ш., Гантемирова З.Э., Зарипова Р.С.</i>	34
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕЙСТВИЯ НАГРУЗОК НА ДИСКОВЫЕ ТОРМОЗА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ <i>Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Злобин В.А., Аюгин Н.П., Кошкина А.О.</i>	40
О ПОИСКЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ <i>Кондрашова Е.В., Шепелев А.С.</i>	47
АДАПТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КЛАССИФИКАЦИИ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ <i>Митин Г.В., Панов А.В.</i>	55
КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ С ИНТРОСКОПА <i>Михалев А.С., Меньшенин А.Н., Кузнецов А.С., Кулаков Е.Д.</i>	62
ПРИМЕНЕНИЕ ВЕКТОРА ШЕПЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ <i>Сальникова А.Ю., Степанов Л.В.</i>	69
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ ЗАСЛОНКИ НА ВОЗДУХООБМЕН ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЙ <i>Середа С.Н.</i>	75
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИЙ ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ <i>Тетеревенков Д.Л., Корчагин С.А.</i>	82

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ В ИМПОРТИРУЕМЫХ БИБЛИОТЕКАХ ЯЗЫКА PYTHON С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА <i>Швыров В.В., Капустин Д.А., Сентяй Р.Н.</i>	87
---	----

Педагогические науки (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)

СТАТЬИ

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБУЧЕНИЮ И РАЗВИТИЮ В БИЗНЕСЕ <i>Аболмасов А.В., Долженко Р.А.</i>	94
ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ НА ПРИМЕРЕ ТЕМЫ «ИСПОЛНИТЕЛИ И АЛГОРИТМЫ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ SCRATCH <i>Акимова И.В., Губанова О.М., Титова Н.В.</i>	101
НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ У СОВРЕМЕННОЙ МОЛОДЕЖИ МОТИВАЦИИ К СБЕРЕЖЕНИЮ ЗДОРОВЬЯ <i>Ахметвалиева М.Г., Коняева М.А.</i>	108
ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА ПО СОЗДАНИЮ ВИРТУАЛЬНЫХ ПОМОЩНИКОВ <i>Быков А.А., Киселева О.М.</i>	113
ИЗУЧЕНИЕ РЕАЛЬНЫХ ПРИМЕРОВ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА ОСНОВАМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ <i>Гордеева И.В.</i>	118
АУТЕНТИЧНЫЕ ПОДКАСТЫ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ВУЗА АУДИРОВАНИЮ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ <i>Ильин А.Е.</i>	124
ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ШКОЛЬНИКОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ <i>Кебалова Л.А.</i>	130
ОЦЕНКА ПЕДАГОГИЧЕСКИМ СООБЩЕСТВОМ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОМ ОБРАЗОВАНИИ <i>Моргачева Н.В., Сотникова Е.Б.</i>	135
ИНТЕГРАЦИЯ ФОРМАЛЬНОГО, НЕФОРМАЛЬНОГО И ИНФОРМАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ <i>Никифорова Т.И.</i>	140
МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМИКСОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ <i>Тимофеева Н.М.</i>	145

CONTENTS

Technical sciences (1.2.2, 2.3.3, 2.3.4, 2.3.5, 2.5.3, 2.5.5, 2.5.7, 2.5.8)

ARTICLES

APPROACH TO ASSESSING EMOTIONAL SATISFACTION OF CLIENTS WITH SERVICES PROVIDED <i>Bogdanova D.R., Nuriakhmetov A.I.</i>	8
SCHEDULER OF SCIENTIFIC WORKFLOW: METHODS AND TOOLS FOR DATA VISUALIZATION <i>Voskoboynikov M.L.</i>	16
PROMISING TECHNOLOGIES IN WELDING PRODUCTION IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0 <i>Gorshkova O.O.</i>	22
MATH MODELLING IN PYTHON FOR THE BUSINESS SECTOR ACTIVITY OF THE ECONOMY <i>Gusarova O.M., Bereznyak I.S., Denisov D.E.</i>	28
DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED REFERENCE SYSTEM FOR PUBLIC TRANSPORT <i>Dukaev M.Sh., Gantemirova Z.E., Zaripova R.S.</i>	34
THEORETICAL STUDIES OF THE EFFECT OF LOADS ON AIRCRAFT DISC BRAKES <i>Isaev Yu.M., Semashkin N.M., Zlobin V.A., Ayugin N.P., Koshkina A.O.</i>	40
ABOUT FINDING OPTIMAL STRATEGIES FOR MANAGING TECHNICAL SYSTEMS <i>Kovdrashova E.V., Shepelev A.S.</i>	47
ADAPTIVE CLASSIFICATION TECHNOLOGY WITH FEEDBACK, BASED ON MACHINE LEARNING METHODS <i>Mitin G.V., Panov A.V.</i>	55
CONCEPTUAL DESIGN OF AN INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR DETECTION OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS IN VIDEO STREAM FROM AN INTROSCOPE <i>Mikhalev A.S., Menshenin A.N., Kuznetsov A.S., Kulakov E.D.</i>	62
APPLICATION OF THE SHAPLEY VECTOR TO ASSESS SYSTEM SAFETY <i>Salnikova A.Yu., Stepanov L.V.</i>	69
MODELING THE EFFECT OF THE AIR FLAP RESISTANCE ON THE AIR EXCHANGE OF VENTILATED ROOMS <i>Sereda S.N.</i>	75
MATHEMATICAL MODELS AND A SET OF PROGRAMS FOR DETERMINING HUMAN EMOTIONS USING COMPUTER VISION TECHNOLOGIES <i>Teterevenkov D.L., Korchagin S.A.</i>	82

DETECTING VULNERABILITIES IN IMPORTED PYTHON LIBRARIES USING STATIC ANALYSIS METHODS <i>Shvyrov V.V., Kapustin D.A., Sentyay R.N.</i>	87
--	----

Pedagogical sciences (5.8.1, 5.8.2, 5.8.3, 5.8.7)

ARTICLES

MODERN APPROACHES TO LEARNING AND DEVELOPMENT IN BUSINESS <i>Abolmasov A.V., Dolzhenko R.A.</i>	94
ABOUT THE ORGANIZATION OF PROBLEM-BASED TRAINING IN INFORMATICS USING THE EXAMPLE OF THE TOPIC “PERFORMERS AND ALGORITHMS” USING THE SCRATCH ENVIRONMENT <i>Akimova I.V., Gubanova O.M., Titova N.V.</i>	101
DIRECTIONS FOR FORMING MODERN YOUTH MOTIVATION TO SAVE HEALTH <i>Akhmetvalieva M.G., Konyaeva M.A.</i>	108
ELEMENTS OF AN ELECTIVE COURSE ON CREATING VIRTUAL ASSISTANTS <i>Bykov A.A., Kiseleva O.M.</i>	113
RESEARCH REAL EXAMPLES OF SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN THE PROCESS OF TEACHING COLLEGE STUDENTS IN THE BASICS OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT <i>Gordeeva I.V.</i>	118
AUTHENTIC PODCASTS IN TEACHING HIGHER EDUCATION INSTITUTION STUDENTS LISTENING IN ENGLISH <i>Ilyin A.E.</i>	124
FORMATION OF ECOLOGICAL CULTURE OF SCHOOLCHILDREN IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION <i>Kebalova L.A.</i>	130
ASSESSMENT BY THE PEDAGOGICAL COMMUNITY OF THE APPROPRIATENESS OF USING DIGITAL TECHNOLOGIES IN NATURAL SCIENCE EDUCATION <i>Morgacheva N.V., Sotnikova E.B.</i>	135
INTEGRATION OF FORMAL, INFORMAL AND INFORMAL EDUCATION IN THE CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION <i>Nikiforova T.I.</i>	140
METHODOLOGICAL ASPECTS OF APPLICATION COMICS IN THE EDUCATIONAL PROCESS <i>Timofeeva N.M.</i>	145

СТАТЬИ

УДК 004.021:004.8

DOI 10.17513/snt.39901

**ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ
КЛИЕНТОВ ОКАЗАННЫМИ УСЛУГАМИ****Богданова Д.Р., Нуриахметов А.И.***ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Уфа,**e-mail: dianochka7bog@mail.ru, nu7530@mail.ru*

В рамках данной работы представлены результаты анализа современных подходов к оценке удовлетворенности клиентов оказанными услугами. В ходе анализа были рассмотрены классические подходы к оценке удовлетворенности клиентов, а также к оценке качества обслуживания на основе различных форм опросов. Были затронуты практические методики их реализации, а именно SERVQUAL, метода Кано, индексы CSI, CSAT и NPS. Помимо классических подходов в статье представлены результаты анализа методики тайного покупателя, а также группы методов, основанных на искусственном интеллекте. Приводятся результаты их сравнения, а также анализа их преимуществ и недостатков. Особое внимание в работе уделяется методу оценки удовлетворенности клиентов на основе их эмоциональной удовлетворенности. На основе проведенного анализа в статье предлагается новый подход к оценке удовлетворенности клиентов с использованием системы распознавания эмоций клиентов. Предлагаемый подход опирается на разницу эмоциональных состояний клиента до и после получения услуги. В работе описываются как сильные, так и слабые стороны предлагаемого подхода, а также рассматриваются пути их решения.

Ключевые слова: удовлетворенность клиентов, оценка удовлетворенности, распознавание эмоций, качество обслуживания, сфера услуг

**APPROACH TO ASSESSING EMOTIONAL SATISFACTION
OF CLIENTS WITH SERVICES PROVIDED****Bogdanova D.R., Nuriakhmetov A.I.***Ufa University of Science and Technology, Ufa,**e-mail: dianochka7bog@mail.ru, nu7530@mail.ru*

This work presents the results of an analysis of modern approaches to assessing customer satisfaction. The analysis examined classical approaches to assessing customer satisfaction, as well as assessing the quality of service based on various forms of surveys. Practical methods for their implementation were touched upon, namely: SERVQUAL, the Kano method, CSI, CSAT and NPS indices. In addition to classical approaches, the article presents the results of an analysis of the mystery shopping technique, as well as a group of methods based on artificial intelligence. A comparison of them is provided, as well as an analysis of their advantages and disadvantages. Particular attention in the work is carried out by the method of assessing customer satisfaction based on their emotional satisfaction. Based on the analysis, the article presents a new approach to assessing customer satisfaction using a system for determining customer emotions. The proposed approach is based on the difference in the client's emotional states at the time before and after receiving the service. The paper describes both the strengths and weaknesses of the proposed approach and discusses ways to solve them.

Keywords: customer satisfaction, satisfaction assessment, emotion recognition, service quality, service sector

В современном мире одной из неотъемлемых частей повседневной жизни человека является сфера оказания услуг. Действительно, в силу широкого разнообразия их форм и проявлений практически каждый человек ежедневно получает как минимум одну услугу. При этом сфера услуг является важной не только для человека, но и для страны в целом. Услуги хоть и не имеют фактического материального воплощения, но ничуть не уступают в ценности материальным товарам. На сегодняшний день сфера услуг является значимым фактором ВВП большинства развитых стран, и Россия не является исключением. На сферу услуг в среднем приходится от 60 до 70% все-

го ВВП развитых стран, а для России этот показатель превышает 50%. Сфера услуг также выполняет функции создания новых рабочих мест, генерации инноваций и улучшения качества жизни. В силу этого потребность в развитии сферы услуг лишь только возрастает, а ее значимость повышается [1].

Качество услуг является одним из ключевых компонентов любой услуги. Оно напрямую влияет на множество факторов самой компании, в частности на ее рентабельность и выживаемость. Сфера услуг непрерывно расширяется и развивается, тем самым конкуренция в ней только возрастает, а вместе с ней и требования к качеству. Поэтому задача своевременного и корректного

управления качеством оказываемых услуг является весьма актуальной [2]. Сегодня различные компании и предприятия инвестируют огромные ресурсы в процессы повышения, оценки и управления качеством оказываемых услуг, что еще раз доказывает актуальность и значимость исследований в данной области.

Одним из главных факторов качества оказываемых услуг является их прямая связь с удовлетворенностью клиентов, которая имеет прямую связь с их лояльностью [3]. А удовлетворенные и лояльные клиенты являются основой любой успешной компании, оперирующей в сфере услуг. Действительно, как уже ранее было отмечено, большинство оказываемых услуг являются кардинально отличающимися друг от друга. Например, можно сравнить услугу консультации в магазине и услугу получения оперативной помощи в медицинской организации. Очевидно, что вторая услуга является более комплексной, требующей наличия высококвалифицированных сотрудников и оборудования, имеющей свои уникальные процессы ее оказания.

Любой услуге, вне зависимости от ее формы и проявления, свойственно наличие двух ключевых элементов: качества услуги и удовлетворенности потребителя оказанной услугой. Именно поэтому особенно важно уметь адекватно и оперативно оценивать удовлетворенность клиентов, для того чтобы в дальнейшем релевантно управлять качеством оказываемых услуг. В рамках данной работы будут рассмотрены современные подходы к оценке удовлетворенности потребителей и возможности их автоматизации. На основе проведенного анализа будет предложена новая модель процесса оценки удовлетворенности клиентов.

Постановка задачи

Опишем формальную постановку задачи. Необходимо реализовать систему,

которая смогла бы вычислять степень удовлетворенности клиентов на каком-либо промежутке времени T при помощи какого-либо взаимодействия с ними. Абстрагируясь от деталей реализации, подобную систему можно представить следующим образом (рис. 1).

На входе системы имеем множество клиентов за промежуток времени T , которые получили некую услугу S , а на выходе имеем общую оценку удовлетворенности клиентов этой услуги за промежуток времени T . Данное соотношение можно представить в виде следующего отображения:

$$\{K_{ij}\}_{i=1}^{N_j} \rightarrow OY_j,$$

где K_{ij} – i -й клиент, получивший j -ю услугу, N_j – общее число клиентов, получивших j -ю услугу за промежуток времени T , OY_j – оценка удовлетворенности клиентов j -й услугой.

Систему оценки удовлетворенности клиентов можно дополнительно декомпозировать на две подсистемы: систему извлечения информации и систему ее обработки (рис. 2). В зависимости от выбранной методики извлечения информации формат полученной полезной информации может сильно различаться. Для каждого клиента это могут быть как различные векторы данных, так и матрицы или скалярные величины с разными единицами измерения. Вне зависимости от формы представления данных они должны быть информативными и содержать полезную информацию, необходимую для корректного определения удовлетворенности клиентов. Аналогичная ситуация обстоит и с конечной оценкой удовлетворенности. Зачастую такая оценка будет представлять собой количественную или категориальную величину, позволяющую отнести удовлетворенность клиента как минимум к одной из двух категорий: удовлетворен, не удовлетворен.

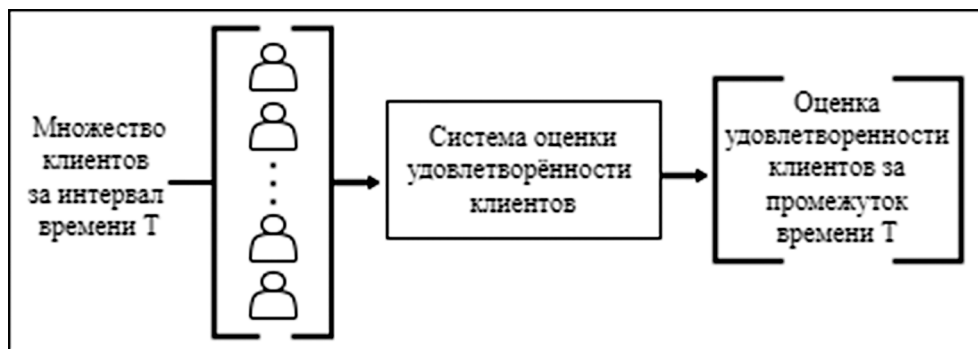


Рис. 1. Общая схема постановки задачи

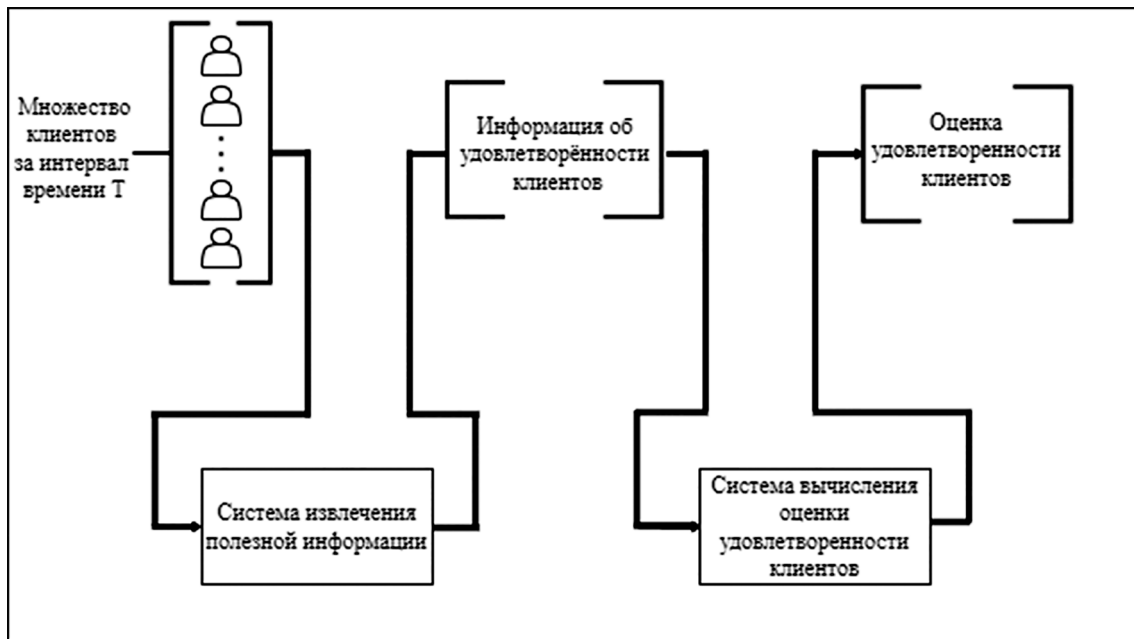


Рис. 2. Декомпозированная схема постановки задачи

Таким образом, необходимо определить методику взаимодействия с клиентами для извлечения полезной информации об их удовлетворенности, то есть такое отображение, которое сопоставляло бы каждому i -му клиенту, который получил услугу j , определенный набор показателей, характеризующих его удовлетворенность:

$$K_{ij} \rightarrow ПЭ_{ij},$$

Дополнительно необходимо найти методику последующей обработки полученной информации, то есть такое отображение, которое бы сопоставляло полученным показателям удовлетворенности клиентов финальную общую оценку удовлетворенности всех N_i клиентов получивших j -ю услугу за промежутки времени T :

$$\{ПЭ_{ij}\}_{i=1}^{N_i} \rightarrow ОУ_j.$$

Для достижения поставленных целей необходимо рассмотреть и проанализировать существующие популярные подходы к оценке удовлетворенности потребителей оказываемыми услугами. Данный анализ позволит сформировать определенную картину касательно современных взглядов и подходов к такому феномену, как удовлетворенность потребителей. Полученные результаты смогут послужить прочным фундаментом при решении задачи о построении системы поддержки принятия ре-

шений управления качеством, основанной на удовлетворенности клиентов.

Формы методик измерения удовлетворенности

Несмотря на такое длительное присутствие сферы обслуживания в повседневной жизни человека, основные формы сбора информация для оценки удовлетворенности потребителей и качества обслуживания практически не пополнялись кардинально новыми подходами. Самой популярной и классической формой является методика, основанная на опросе клиентов. В таком варианте составляются специальные анкеты с вопросами, на которые впоследствии должны ответить клиенты. Результаты этих опросов анализируются специалистами, вычисляются соответствующие метрики [4].

Основным и главным преимуществом опросов является их информативность. Зачастую по подобным опросам можно не просто получить оценку удовлетворенности клиентов или качества обслуживания, а выявить конкретную проблему или причину неудовлетворенности потребителей. В то же время такой плюс опросов для организаций – это большой минус для клиентов, а именно – размер этих опросов. Для более детального выявления конкретной причины недовольства потребителей может потребоваться немалое число вопросов, а следовательно, клиенту придется потратить значительное количество своего личного времени

на прохождение подобного опроса [5]. Это особенно характерно для методик по типу SERVQUAL или метода Кано, которые являются весьма известными представителями данного подхода.

Примеры использования методики SERVQUAL можно найти, например, в [6], где авторы использовали метод SERVQUAL для оценки удовлетворенности покупателей сети гипермаркетов «Лента». А в [7] данная методика использовалась для оценки качества работы одного из магазинов компании Adidas в Санкт-Петербурге.

В классической вариации метода SEERQUAL оценка вычисляется по следующей формуле:

$$SQ = Pi - Ei,$$

где Pi – это оценка i -го фактора на основе клиентского опыта, а Ei – это оценка i -го фактора на основе клиентского ожидания. Тем самым видно, что SERVQUAL вычисляет оценку как разность между ощущениями от фактически полученного сервисом и ожиданиями от него клиента.

Другой популярной методикой, не относящейся к семейству методов SERVQUAL, является метод Кано, предложенный в 1982 г. Норияки Кано. Главным отличием данного подхода от методик семейства SERVQUAL является то, что в методе Кано нет заранее predetermined составов оценок качества. Они определяются уже самой организацией, которая планирует проводить опрос по методу Кано.

В [8] авторы использовали метод Кано для исследования потребительского поведения на рынке розничной торговли свежими цветами в Калининградской области. А в [9] авторы использовали данную методику для оценки удовлетворенности потребителей услугами туристической компании ООО «Интурист». В работе [10] метод Кано был применен уже для оценки лояльности пожилых потребителей к услугам местной аптеки.

Стоит заметить, что многие клиенты не захотят тратить свое драгоценное время не на фактическое получение услуги, а на ответы на вопросы анкеты, которые могут являться для них незначимыми. Охотно участвуют в анкетировании с целью в дальнейшем повысить уровень своей удовлетворенности, как правило, два типа клиентов: те, кто очень удовлетворен полученной услугой, либо те, кто, напротив, крайне неудовлетворен полученной услугой. Тем самым в такой схеме может упускаться основная категория клиентов [5]. Здесь так же важен и фактор лояльности клиентов, который напрямую коррелирует со степенью

удовлетворенности клиентов. Чем выше удовлетворенность клиента, тем выше его лояльность [11].

Формы проведения опросов также могут быть разными. Например, опросы могут быть в классической форме, когда сотрудники организации лично предлагают заполнить бумажные анкеты. Также они могут проводить опросы и через телефон, например звонить клиентам и проводить анкетирование по телефону [12]. Такие подходы являются сильно привязанными к конкретному времени. Например, у клиента могут быть запланированы другие дела на то время, когда ему предложили пройти опрос. В таком случае даже клиенты с очень высокой лояльностью зачастую будут отказываться от участия в опросе.

Куда более современной и удобной для клиентов формой опроса являются электронные опросы. Такие опросы могут производиться в мобильных приложениях, на сайтах компании, через электронную почту или мессенджеры. В таком варианте клиент сам может выбрать удобное для него место и время прохождения опроса. Другой разновидностью электронных опросов являются опросы с использованием электронных терминалов обратной связи. При их использовании клиентам сразу после получения услуги, например при оплате на кассе или в регистратуре, предлагается параллельно оценить свою удовлетворенность или качество полученных услуг, сделав пару кликов на таком терминале. Очевидно, что для такой формы не подходят такие методики, как SERVQUAL, из-за большого количества вопросов. Поэтому обычно на таких терминалах вычисляют индекс лояльности клиентов NPS или же индекс удовлетворенности клиентов CSAT или CSI. В частности, NPS и CSAT обычно состоят лишь только из одного вопроса. В таком случае все, что нужно сделать клиенту для оценки своей удовлетворенности или лояльности, – это нажать на нужный балл на экране терминала.

Индекс CSI в классическом формате вычисляется в виде процентного соотношения коэффициента CSI и его максимально возможного значения:

$$CSI = \frac{\sum_i^k w_i o_i}{\text{Max}(\sum_i^k w_i o_i)} \cdot 100,$$

где k – число используемых критериев, w_i – вес i -го критерия, o_i – оценка удовлетворенности в рамках i -го критерия.

Индексы CSAT имеют еще более простую формулу:

$$CSAT = \frac{\text{Количество удовлетворенных клиентов}}{\text{Общее число клиентов, прошедших опрос}} \cdot 100.$$

Примеры вычисления метрик CSI и CSAT можно встретить, например, в [13] где автор вычислил индекс удовлетворенности клиентов CSI услугами транспортно-экспедиционной компании. А в [14] индекс удовлетворенности был вычислен уже для конкретного и единичного автосервиса.

У всех вышерассмотренных форм есть один большой минус – необходимость непосредственного и явного участия клиентов в процессе вычисления оценки удовлетворенности или качества обслуживания. Какой бы формы ни был опрос, в итоге клиенту необходимо лично ответить на вопросы из него. Но существуют и другие формы сбора информации, которые не требуют явных действий клиентов. Они используются реже опросов и отличаются рядом своих недостатков, но пока не теряют своей актуальности.

Одной из таких форм является методика на основе тайного покупателя. Данный способ также является весьма актуальным и используемым на современном рынке. Суть его заключается в отправке на получение услуг так называемых тайных покупателей – специальных людей, которые будут представлять реальными покупателями и получать различные услуги, но основной их целью будет именно оценка качества предоставления услуг. Такой способ не позволяет оценить удовлетворенность клиентов, а скорее позволяет выявить отклонения в процессах оказания услуг от нормативных стандартов, поскольку тайные покупатели не являются реальными покупателями. Восприятие качества тайных покупателей, а следовательно, и стандарты качества организации могут отличаться от восприятия реальных покупателей из-за чего меры, направленные на повышение качества обслуживания, могут не привести к желаемому результату [15].

Пример практического использования методики тайного покупателя можно наблюдать в [16], где авторы использовали эту методику для оценки качества обслуживания двух банков – ПАО «Сбербанк» и ПАО «ВТБ». А в [17] было описано, как при помощи методики тайного покупателя осуществить оценку объектов общественного контроля.

Другая группа форм является относительно новой и своим появлением обязана развитию информационных технологий, а также технологий искусственного интеллекта. Благодаря приходу в нашу жизнь

такого феномена, как социальные сети, развился новый способ оценки удовлетворенности клиентов через мониторинг отзывов и высказываний об услугах компании на различных интернет-ресурсах. В современном мире даже у небольшой организации есть как минимум одна страница в какой-либо социальной сети. И даже если ее нет, то сейчас существует множество сайтов, на которых потребители могут делиться отзывами о той или иной компании, о качестве ее услуг и товаров. Каждый такой отзыв может содержать в себе полезную информацию об удовлетворенности клиентов и об их мнении касательно качества полученных услуг. Обработка и поиск подобных отзывов чаще всего производится в автоматизированном или комбинированном формате, но также допустима и ручная обработка. При автоматизации процесса обработки отзывов используются различные алгоритмы искусственного интеллекта, которые способны извлечь необходимую информацию об удовлетворенности клиента, оставившего отзыв [18]. Впоследствии на основе полученной информации можно вычислить, например, ранее рассмотренные метрики CSI или CSAT, или же вовсе обработать полученную информацию совершенно другим способом. Пример использования данной методики можно найти в [19], где авторы разработали модель оценки удовлетворенности клиентов на основе их отзывов.

Такой подход может предоставлять наиболее частое мнение об удовлетворенности клиентов и о качестве обслуживания. При этом выборка людей, оставляющих подобные отзывы, может быть значительно шире выборки людей, прошедших анкетирование. Но в отличие от опросов информация, получаемая через социальные сети, является не структурируемой и сложно анализируемой [18]. Другое основное преимущество опросов заключается в том, что анкеты позволяют получить точную информацию по конкретным аспектам качества и удовлетворенности, в то время как отзывы в интернете не имеют ограничений по своему содержанию.

Одной из самых современных и прозрачных форм оценки удовлетворенности клиентов является методика, основанная на оценке эмоциональной удовлетворенности клиентов. В таком подходе удовлетворенность клиентов вычисляется на основе их эмоций, которые определяются при помо-

пци алгоритмов искусственного интеллекта. Например, эмоции могут быть определены по лицу клиента или по его голосу. Впоследствии на основе определенных эмоциональных состояний клиента можно сделать вывод о его удовлетворенности услугами, а затем вычислить необходимые метрики, например CSI или CSAT. Стоит также отметить, что тема взаимосвязи эмоций и удовлетворенности клиентов является весьма разработанной. Многие современные исследователи сходятся во мнении, что эмоции имеют прямую взаимосвязь с удовлетворенностью клиентов, то есть негативные эмоции коррелируют с отрицательной оценкой удовлетворенности клиентов, и наоборот, положительные эмоции коррелируют с положительной оценкой [20]. Но при этом вклад в общую удовлетворенность клиента у разных эмоций также может быть неравнозначный.

Основной плюс данной методики заключается в том, что она является совершенно прозрачной для клиента. Процесс считывания эмоционального состояния потребителя может быть интегрирован в сам процесс получения услуги. Тем самым процессы получения услуги со считыванием эмоций и без считывания не будут отличаться друг от друга в глазах клиента. Тем не менее современные алгоритмы искусственного интеллекта только начинают постепенно достигать той необходимой точности в определении эмоций человека вне лабораторных условий, которой было бы достаточно для построения систем оценки эмоциональной удовлетворенности. Но вот сами подходы интеграции подобных систем считывания

эмоций в процессы получения услуг, а также метрики для определения удовлетворенности клиентов на основе их эмоций все еще недостаточно разработаны.

Предлагаемый подход

Предлагаемый подход позволяет оценивать удовлетворенность клиентов качеством оказанных им услуг. В качестве системы извлечения полезной информации или же признаков предлагается использовать систему распознавания эмоций. Система оценки удовлетворенности клиентов в таком случае будет оперировать эмоциями и вычислять оценку удовлетворенности на их основе. В силу специфики предлагаемого подхода стоит сразу отметить одно важное ограничение, накладываемое на предметную область использования подхода. Для использования данного подхода необходимо наличие регистратуры, ресепшена или любого другого места, которое посетит клиент до и после получения услуги.

Авторами предлагается считывать эмоции клиентов в момент до получения услуги, а также в момент после получения услуги. Считывание может происходить как на основе видео изображений, например по лицу клиента, так и на основе голоса клиента, например в момент общения с сотрудником в регистратуре. В таком случае появляется возможность сравнивать эмоциональное состояние клиентов до получения услуги и после, и уже на основе вычисленной разницы в эмоциональных состояниях делать вывод об удовлетворенности клиентов. Схематично подход можно представить следующим образом (рис. 3).



Рис. 3. Схема предлагаемого подхода

Сначала необходимо считать эмоциональное состояние клиента в момент до получения услуги. Это можно сделать во время мероприятий до получения услуги, например в регистратуре или на ресепшене при первом взаимодействии с клиентом. Затем клиент может отправляться на получение необходимой ему услуги. После ее прохождения также необходимо считать его эмоциональное состояние. Это можно сделать во время мероприятий после получения услуги, например также в регистратуре или на кассе. Наконец, имея характеристики эмоциональных состояний клиента в момент до и момент после получения услуги, появляется возможность вычислить их разность и получить направление и степень изменения эмоционального состояния клиента после получения им желаемой услуги. И уже на основе этой разности можно оценить его эмоциональную удовлетворенность.

Вопрос о фактических методиках вычисления разности эмоциональных состояний, а также методиках их считывания остается открытым. В данном случае необходим дополнительный анализ с целью выявления наиболее эффективных методик. Авторами уже предпринималась попытка практической реализации данного подхода, с которой можно ознакомиться в работе [21], в которой также дается более детальное описание предлагаемого подхода, а также приводится его математическая модель.

Заключение

В ходе проделанного анализа были рассмотрены различные подходы к оценке удовлетворенности клиентов. Наиболее популярной формой сбора и обработки информации для оценки удовлетворенности являются различные опросы. Кроме опросов существуют и другие интересные и эффективные формы, которые также были рассмотрены в рамках данного анализа. Некоторые из них являются затруднительными для автоматизации, другие же почти полностью полагаются на продукты информационных систем и искусственного интеллекта. Среди подобных форм можно выделить две наиболее интересные, а именно методику, основанную на мониторинге отзывов клиентов из различных интернет-источников, а также методику, основанную на распознавании клиентов. Обе из них являются относительно новыми и все еще находящимися в процессе своего активного развития. Основным их преимуществом перед классическими формами является отсутствие дополнительной необходимости вовлечения клиента в оценку его удовлетворенности,

то есть для клиентов они являются совершенно прозрачными. Что в свою очередь позволяет завлечь в этот процесс большее число клиентов и, соответственно, получить более точную оценку.

По результатам проведенного анализа авторами был выдвинут новый подход к оценке удовлетворенности клиентов, который базируется на системе распознавания эмоций. При таком подходе от клиента не требуется никаких дополнительных действий, что является огромным плюсом. К минусам можно отнести фактор погрешности в фактической зависимости удовлетворенности клиента и изменении его эмоционального состояния. Поэтому здесь необходимо переходить от рассмотрения удовлетворенности одного клиента к рассмотрению удовлетворенности множества клиентов на каком-либо длительном промежутке времени. В таком случае погрешность измерения будет минимизироваться, а результаты оценки будут стремиться к адекватным показателям.

В предложенном подходе присутствуют нерешенные места, требующие дальнейших исследований. Под вопросом остается методика вычисления оценки удовлетворенности на основе разности эмоциональных состояний. Также стоит учесть тот факт, что не все эмоции могут иметь корреляцию с оценкой удовлетворенности, поэтому определенную их часть можно убрать из рассмотрения. Но вопрос касательно того, какие именно эмоции вносят значительный вклад в оценку удовлетворенности, также является открытым. Именно поэтому эти и другие вопросы касательно предложенного авторами подхода станут дальнейшим направлением их исследования. В последующих работах планируется более детально изучить и разработать методику оценки удовлетворенности клиентов на основе разницы их эмоциональных состояний.

Список литературы

1. Цхададзе Н.В., Бекетова С.А., Рекс О.В. Значение сферы услуг в развитии российской экономики // Исследование, систематизация, кооперация, развитие, анализ социально-экономических систем в области экономики и управления (ИСКРА – 2021): материалы IV Всероссийской школы-симпозиума молодых ученых (Симферополь, 14–15 октября 2021 г.). Симферополь: ООО «Ариал», 2021. С. 384–389.
2. Ульяшина Е.А., Барановская И.А. Качественный сервис услуг – залог успеха компании // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование: материалы 7-й Международной молодежной научно-практической конференции (Курск, 12 ноября 2020 г.). Курск: Издательство Юго-Западного государственного университета, 2020. С. 277–281.
3. Курочкина А.Ю. В поисках лояльности потребителей: обзор подходов к понятию, показателям и факторам //

- Экономические отношения. 2019. Т. 9, № 3. С. 2001–2014. DOI: 10.18334/eo.9.3.40827.
4. Boyle R. Measuring customer satisfaction in local government // *Local Government Research Series*. 2020. Is. 19. P. 36.
5. Israel J.T., Officer C.S. Alternative designs and methods for customer satisfaction measurement // *Satisfaction Strategies*. 2002.
6. Грязнова Н.Л., Коновалова О.В., Плешкова Н.А. Возможности метода SERVQUAL для анализа сервиса в розничной торговле // *Техника и технология пищевых производств*. 2020. Т. 50, № 2. С. 343–350.
7. Тихомирова М.Д., Лямин Б.М. Организация торгового обслуживания в компании «Adidas Originals» // *Фундаментальные и прикладные исследования в области управления, экономики и торговли: материалы Всероссийской научно-практической и учебно-методической конференции (Санкт-Петербург, 01–04 июня 2021 г.)*. СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. С. 549–555.
8. Нургалиева К., Щербинина Л.Ю. Исследование ожиданий потребителей с применением модели Кано // *Управление инновациями: вызовы и возможности для секторов экономики и социальной сферы: материалы III международной научной конференции (Калининград, 08–09 октября 2020 г.)*. Калининград: Издательство Балтийского федерального университета имени Иммануила Канта, 2021. С. 166–173.
9. Гнеушева А.А., Липенин Е.А., Мельникова Т.Ф. Изучение потребительской ценности по методу Кано (на примере ООО «Интурист») // *Аллея науки*. 2018. Т. 2, № 6 (22). С. 610–618.
10. Троина С.Г., Кугач В.В. Оценка лояльности к аптеке пожилых посетителей с применением метода Кано // *Вестник фармации*. 2021. № 2 (92). С. 24–33.
11. Mahmood A., Rana M.L.T., Kanwal S. Relationship between Service Quality, Customer Loyalty and Customer Satisfaction // *Lahore Journal of Business*. 2018. Vol. 6, Is. 2. P. 135–154. DOI: 10.35536/ljb.2018.v6.i2.a6.
12. Cassel C. Measuring Customer Satisfaction, a methodological guidance // *Statistika Centrabayan*. 2006. P. 16.
13. Волкова М.С. Оценка удовлетворенности клиентов транспортно-экспедиторской компании // *Маркетинг МВА*. Маркетинговое управление предприятием. 2022. Т. 13, № 1. С. 16–29.
14. Седов А.С., Конев А.А. К вопросу оценки удовлетворенности клиентов услугами автосервиса // *Перспективы развития технологий транспортных процессов: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 1 марта 2022 г.)*. Воронеж: Издательство Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова, 2022. С. 51–56.
15. Blessing G., Natter M. Do mystery shoppers really predict customer satisfaction and sales performance? // *Journal of Retailing*. 2019. Vol. 95, Is. 3. P. 47–62. DOI: 10.1016/j.jretai.2019.04.001.
16. Чурин А.Н. Практическое применение методики «Тайный покупатель» как инструмент повышения уровня сервиса // *Экономические исследования и разработки: материалы III Международного научно-исследовательского конкурса (Пенза, 20 ноября 2019 г.)*. Пенза: Наука и Просвещение, 2019. С. 19–23.
17. Джумабаев С.А., Раимбаев Д. Общественный контроль в сфере государственного управления: метод «тайный покупатель» // *Государственное управление и государственная служба*. 2019. № 4. С. 11–20.
18. Darko A.P., Liang D. Modeling customer satisfaction through online reviews: A FlowSort group decision model under probabilistic linguistic settings // *Expert Systems with Applications*. 2022. Vol. 195. P. 116649. DOI: 10.1016/j.eswa.2022.116649.
19. Богданова Д.Р. Оценка степени удовлетворенности клиентов сферы услуг на основе учета их эмоционально окрашенной информации // *Системная инженерия и информационные технологии*. 2021. Т. 3, № 3 (7). С. 72–81.
20. Martin D. et al. The role of emotion in explaining consumer satisfaction and future behavioural intention // *Journal of Services Marketing*. 2008. Vol. 22, Is. 3. P. 224–236. DOI: 10.1108/08876040810871183.
21. Yusupova N.I., Bogdanova D.R., Nuriakhmetov A.I. Assessing the Quality of Customer Service Based on the Emotional Satisfaction of Clients Using Artificial Immune System Technologies // *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2023. Vol. 33, Is. 3. P. 544–554. DOI: 10.1134/S1054661823030495.

УДК 004.921

DOI 10.17513/snt.39902

ДИСПЕТЧЕР НАУЧНЫХ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ: МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДАННЫХ

Воскобойников М.Л.

*ФГБУН Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова
Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, e-mail: mikev1988@mail.ru*

Статья посвящена актуальным вопросам визуализации научных рабочих процессов в распределенных пакетах прикладных программ (научных приложениях) и расчетных данных, получаемых при выполнении таких процессов. В рамках исследования разработаны новые инструментальные средства визуализации научных рабочих процессов и расчетных данных на разных этапах их обработки и анализа. Данные инструментальные средства обеспечивают конфигурирование и настройку используемых графиков и диаграмм. Предложена спецификация параметров процесса визуализации данных на языке JSON, расширяющая описание предметных областей приложений. Применение данной спецификации позволяет существенно повысить качество и гибкость процесса визуализации в сравнении с известными системами управления научными рабочими процессами. В качестве базового программного обеспечения для визуализации научных рабочих процессов приложений и расчетных данных предложено использовать соответственно библиотеки Graphviz и Highcharts. Рассмотрены преимущества этих библиотек в сравнении с другими библиотеками подобного назначения. Результаты исследования использованы при создании и применении приложения для исследования живучести энергетических систем. Приведены иллюстративные примеры визуализации одного из научных рабочих процессов приложения и расчетных данных, отражающих степень живучести исследуемой системы при массовых отказах ее элементов.

Ключевые слова: научный рабочий процесс, результаты расчетов, визуализация, спецификация, шаблоны

Исследование проведено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № FWEW-2021-0005 «Технологии разработки и анализа предметно-ориентированных интеллектуальных систем группового управления в недетерминированных распределенных средах».

SCHEDULER OF SCIENTIFIC WORKFLOW: METHODS AND TOOLS FOR DATA VISUALIZATION

Voskoboynikov M.L.

*Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, e-mail: mikev1988@mail.ru*

The paper is devoted to relevant issues of visualization of scientific workflows in distributed applied software packages (scientific applications) and computational data obtained during the workflow execution. Within this research, new tools for visualization of scientific workflows and computational data at different stages of their processing and analysis have been developed. These tools allow configuration and customization of the graphs and diagrams used. A specification of parameters for the data visualization process in the JSON language is proposed. This specification extends the description of application domains. The use of this specification can significantly improve the quality and flexibility of the visualization process compared to known workflow management systems. We propose to use the Graphviz and Highcharts libraries, respectively, as basic software for the visualization of scientific workflows of applications and computational data. The advantages of these libraries in comparison with other libraries for similar purposes are considered. The research results were used to create and apply an application for studying the resilience of energy systems. Illustrative examples of visualization of one of the scientific workflows of the application and computational data reflecting the degree of resilience of the system under study in case of mass failures of its elements are given.

Keywords: scientific workflow, computation results, visualization, specification, templates

The research was carried out with the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project No. FWEW-2021-0005 “Technologies for the development and analysis of subject-oriented intelligent group control systems in non-deterministic distributed environments”.

Визуализация информации является актуальной задачей в широком спектре современных направлений исследований, таких как картография и климатология, геоинформатика, социально-экономическое развитие регионов и природных территорий, обработка данных дистанционного зондирования Земли, навигация в мобильной ро-

бототехнике, прогнозирование, интеллектуальный анализ результатов моделирования природных и технических систем и др. [1]. При этом, как правило, основное внимание уделяется методам и средствам визуализации многомерных временных рядов данных, являющихся результатом наблюдений или выполнения натурных и/или вычисли-

тельных экспериментов и позволяющих настраивать (конфигурировать) отображение данных.

Визуализация призвана облегчить восприятие информации с целью ее дальнейшего анализа, выявления закономерностей в зависимости от влияния параметров исследуемых объектов и систем, а также поддержки принятия решений экспертами [2]. Поэтому важно иметь в наличии развитые методы и средства визуализации как первичных данных, так и вторичных данных, прошедших предварительную обработку и агрегирование. Это в равной степени относится как к визуализации текущих данных, собираемых различными системами измерения и контроля, так и к накопленной ретроспективной информации.

Зачастую визуализация данных реализуется простейшую задачу отображения зависимости функции одной переменной (параметра). Сложность визуализации возрастает при отображении зависимости функции от нескольких переменных (параметров). Разнообразие данных и необходимость обеспечения их четкого восприятия обуславливает применение набора атрибутов процесса визуализации, к основным из которых относятся размер, форма, ориентация, цвет, текстура и значение цвета [3]. Эти атрибуты могут быть заданы с помощью различного рода шкал и уровней их значений. Поэтому любой метод визуализации должен сопровождаться инструментом, позволяющим настроить (конфигурировать) изображение данных.

В рамках решения задач экологического мониторинга [4] возникает необходимость визуализации результатов расчетов, получаемых в результате выполнения ресурсоемких научных приложений (распределенных пакетов прикладных программ) в высокопроизводительной вычислительной среде. В этой связи целью исследования является

разработка инструментальных средств поддержки процессов визуализации расчетных схем и данных в приложениях.

Материалы и методы исследования

Распределенный пакет прикладных программ [5] представляет собой научное приложение, которое характеризуется следующими особенностями: решаемые задачи допускают их декомпозицию на более простые взаимосвязанные подзадачи; разработка прикладного ПО приложения производится на основе модульного подхода к созданию больших программных комплексов; предполагается разбиение исходных данных на блоки и независимая параллельная обработка этих блоков экземплярами модулей; расчеты осуществляются на основе выполнения научного рабочего процесса (НПП, англ., Scientific Workflow), представляющего собой схему решения задачи; управление вычислениями осуществляет диспетчер НПП. Инструментарии для разработки и применения подобных пакетов относятся к классу систем управления научными рабочими процессами. Примером такого инструментария является фреймворк Orlando Tools [6].

В рамках диспетчера НПП Orlando Tools разработаны технологические решения и инструментальные средства для визуализации параметров НПП и самих процессов [7]. НПП и их параметры задаются в описании предметной области на пользовательском входном языке CMDL [8]. Причем данное описание расширено новыми разделами, определяющими способы и параметры визуализации данных. Разработан конвертер описания предметной области на CMDL во внутреннее представление вычислительной модели диспетчера и планировщик НПП [9]. Конвертер производит преобразование описания предметной области на CMDL в ее формализованное описание вида

$$Inputs(; Z_{Inputs}^{out}), o_1(Z_1^{in}; Z_1^{out}), o_2(Z_2^{in}; Z_2^{out}), \dots, o_m(Z_m^{in}; Z_m^{out}), Outputs(Z_{Outputs}^{in}),$$

где $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$ – множество параметров модели, o_i – i -я операция модели, $Inputs$ – операция, определяющая входные параметры НПП, $Outputs$ – операция, определяющая выходные параметры НПП, $Z_i^{in}, Z_{Outputs}^{in} \subset Z, Z_i^{out}, Z_{Inputs}^{out} \subset Z, i = \overline{1, m}$.

Планировщик строит план решения задачи в виде направленного ациклического графа (англ., Directed Acyclic Graph – DAG) по непроцедурной постановке задачи вида «дано – вычислить» на вычислительной модели. Для построения плана решения задачи в планировщике применяются алгоритмы прямой и обратной волны [10].

Предложена спецификация параметров визуализации данных на языке JSON (<https://www.json.org/>). Данная спецификация включается в расширенное описание предметной области на CMDL. Спецификация определяет параметры визуализации данных, такие как название, тип, цвет диаграммы, максимальные и минимальные

значения данных по осям X и Y, название и местоположение легенды, размеры и начертания шрифтов и т.д. Для разных видов диаграмм (диаграмма, график, круговая диаграмма, график с накоплением и др.) созданы типовые спецификации.

В листинге 1 приведены фрагменты типовой спецификации для построения графика. Параметр min (max) – это минимальное (максимальное) значение данных на координатной оси. Если параметры min и max явно

не заданы, то подсистема визуализации автоматически определит и установит значения этих параметров. Параметр type – тип графика/диаграммы (line, spline, area, areaspine, column, bar, pie, scatter, gauge, arearange, areasplinerange и columnrage). Если в параметре series не заданы цвета рядов данных, то они определяются автоматически библиотекой Highcharts. При этом описание предметной области на CMDL расширено новым шаблоном, приведенным в листинге 2.

```
chart: { type: 'Тип графика/диаграммы',
  title { text: 'Название графика/диаграммы',
  verticalAlign: 'top | bottom | middle',
  align: 'left | right | center' },
  xAxis: {
    title: { text: 'Название оси X',
      style: { fontSize: 'Размер шрифта подписи по оси X' } },
    label: { style: { fontSize: 'Размер шрифта', color: 'Цвет шрифта' } }
    min: 0, max: 100 },
  yAxis: {
    title: { text: 'Название оси Y',
      style: { fontSize: 'Размер шрифта подписи по оси Y' } },
    min: 0, max: 100 },
  legend: {
    itemStyle: { "color": "цвет", "fontSize": "размер",
      "fontWeight": "начертание" },
    verticalAlign: 'top | bottom | middle', align: 'left | right | center' },
  marker: { symbol: 'Тип маркера', radius: 'Радиус',
    lineColor: 'Цвет контура маркера',
    fillColor: 'Цвет заливки маркера', },
  series: [{
    name: 'Название легенды ряда данных',
    marker: { symbol: 'Название вида маркера' },
    color: 'Цвет линии данных',
    lineWidth: 'Толщина линии данных' }],
}
```

Листинг 1. Фрагменты спецификации

Data Visualization <файл спецификации параметров визуализации расчетных данных на JSON> > <список сокращенных имен параметров предметной области приложения>

Листинг 2. Шаблон спецификации параметров визуализации расчетных данных

В качестве библиотеки для визуализации данных выбрана библиотека Highcharts 11.2.0 (<https://www.highcharts.com>) – одна из самых многофункциональных и популярных библиотек, таких как AnyChart, Chart.js, Chartist.js и др. (<https://habr.com/ru/articles/457946/>), написанных на языке JavaScript, для построения графиков и диаграмм в формате HTML с рендерингом в формате SVG (VML), в том числе в интерактивном режиме. Данная библиотека является достаточно легковесной, поддерживающей широкий спектр разнообразных типов визуализаций (графиков, диаграмм и др.) и обеспечивающей высокую производительность. Кроме того, функции библио-

теки поддерживают автоматический выбор некоторых стилей графических объектов, если параметры этих стилей не заданы в спецификациях. Визуализация с использованием формата SVG осуществляется в стандартных браузерах, таких как Chrome, Firefox, Internet Explorer и др. Библиотека Highcharts имеет открытый исходный код и может бесплатно использоваться в некоммерческих целях. Разработано инструментальное средство на языке PHP 7.4.3, которое позволяет вывести результаты визуализации на экран и/или сохранить в виде файла в формате PNG. Примеры визуализации графика и графика с накоплением представлены на рис. 1 и 2.

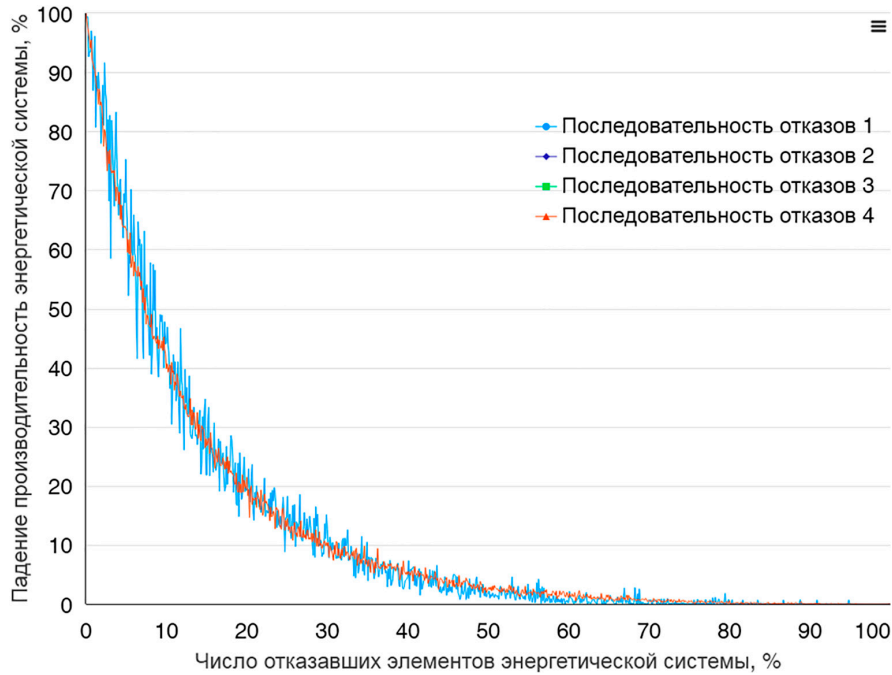


Рис. 1. Визуализация параметра на графике



Рис. 2. Визуализация параметра на графике с накоплением

Разработано инструментальное средство на языке Python 3.8.10, которое выполняет визуализацию НРП в виде двудольного ориентированного графа. В качестве библиотеки для визуализации НРП используется библиотека Graphviz 0.20.1 (<https://graphviz.org/>) – одна из самых популярных библиотек, таких как NetworkX, igraph,

Graph-tool и др. (<https://tochmah.ru/graphviz-python-razberem-sya-v-bazovyh-funktsiyah-i-vozmozhnostyah-biblioteki/>), разработанных для работы с графами на языке Python.

Библиотека Graphviz представляет собой набор программ с открытым исходным кодом для верстки и визуализации графов. Данная библиотека поддерживает

веб-ориентированный интерактивный пользовательский интерфейс, включает набор вспомогательных инструментов и программных библиотек, а также обеспечивает привязку к различным форматам и языкам представления данных. В частности, Graphviz включает функции для изображения графов в форматах SVG для веб-страниц и Postscript для PDF-документов. Graphviz также поддерживает формат GXL, диалект языка XML.

Граф описывается на простом и интуитивно понятном языке DOT (Graph Description Language). Кроме того, Graphviz поддерживает автоматическую раскладку

графа с целью достижения оптимального расположения вершин и ребер графа на его изображении. Он также предоставляет подпрограммы для задания параметров конкретных графов, таких как цвета, шрифты, макеты узлов, стили линий, гиперссылки и пользовательские фигуры.

На основе описания графа на языке DOT разработан набор базовых спецификаций визуализации НРП. Описание предметной области на CMDL расширено дополнительным шаблоном, представленным в листинге 3. Пример визуализации НРП представлен на рис. 3.

Workflow Visualization <файл спецификации параметров визуализации НРП на JSON> > <список сокращенных имен НРП>

Листинг 3. Шаблон спецификации параметров визуализации НРП

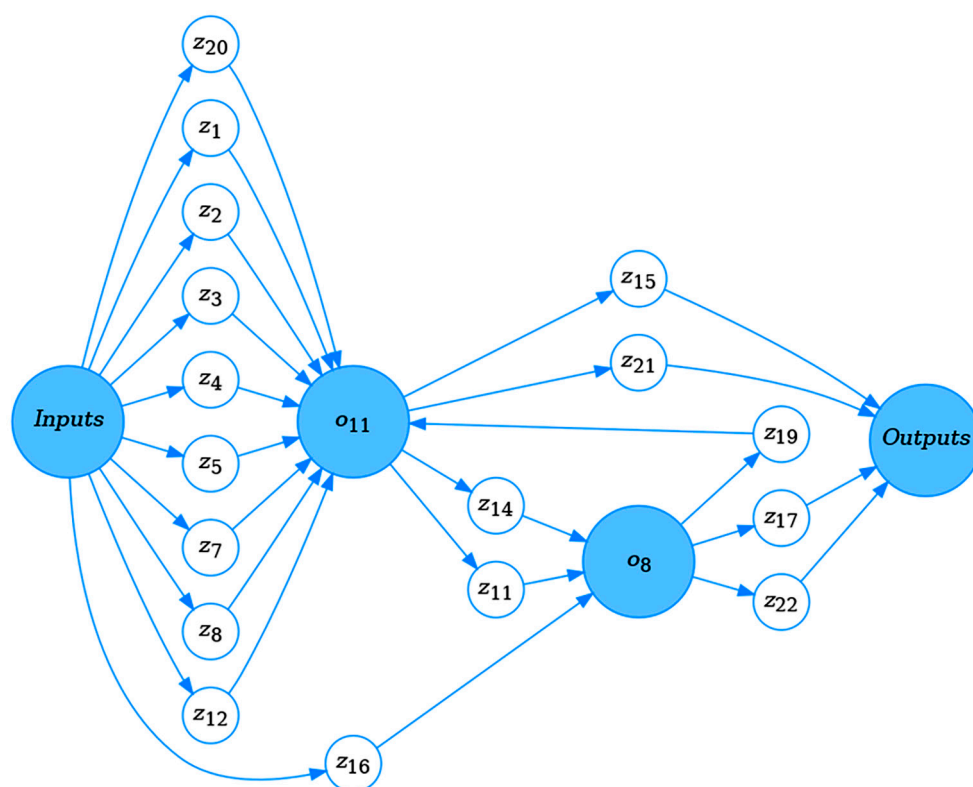


Рис. 3. Визуализация НРП

Результаты исследования и их обсуждение

В отличие от бизнес-рабочих процессов, которые обычно ориентированы на потоки управления, НРП, как правило, ориентированы на потоки данных, что определяет дополнительные требования по визуализации процессов и данных. К сожалению, в известных системах управления НРП

(например, Galaxy, BPEL Designer Project, GeoJModelBuilder и др. [4]) зачастую используется ограниченный набор встроенных типов диаграмм и графиков. Поэтому расширение функциональных возможностей Orlando Tools разработанными инструментальными средствами конфигурируемой и настраиваемой визуализации предопределяет его дополнительные преимущества

в сравнении с вышеупомянутыми системами. Разработанные спецификации параметров визуализации НРП и расчетных данных позволяют разработчику приложения выбрать и детализировать используемые графики и диаграммы для акцентирования необходимых аспектов схемы решения задачи и результатов ее выполнения для конечных пользователей приложения.

Данные средства допускают их автономное использование. В частности, они будут использованы в цифровых двойниках компонентов различных информационно-вычислительных систем. Их применение позволит наглядно отобразить текущее состояние и изменение характеристик вычислительных ресурсов и выполняемых в них процессов.

Заключение

В рамках исследования разработаны новые инструментальные средства визуализации научных рабочих процессов и расчетных данных, а также спецификация параметров визуализации. Результаты исследования обеспечивают повышение качественных характеристик процесса визуализации в сравнении с известными системами управления научными рабочими процессами.

Список литературы

1. Паклин Н.Б., Орешков В.И. Бизнес-аналитика. От данных к знаниям. СПб.: Питер, 2013. 622 с.
2. Романова И.К. Современные методы визуализации многомерных данных: анализ, классификация, реализация, приложения в технических системах // *Машиностроение и компьютерные технологии*. 2016. № 3. С. 133–167. DOI: 10.7463/0316.0834876.
3. Bertin J. *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. University of Wisconsin Press, 1983. 415 p.
4. Feoktistov A., Edelev A., Tchernykh F., Gorsky S., Basharina O., Fereferov E. An Approach to Implementing High-Performance Computing for Problem Solving in Workflow-based Energy Infrastructure Resilience Studies // *Computation*. 2023. Vol. 11. № 12. P. 243. DOI: 10.3390/computation11120243.
5. Feoktistov A., Kostromin R., Sidorov I.A., Gorsky S.A. Development of Distributed Subject-Oriented Applications for Cloud Computing through the Integration of Conceptual and Modular Programming // *Proceedings of the 41st International Convention on information and communication technology, electronics and microelectronics (MIPRO-2018)*. Riejk: IEEE, 2018. P. 256–261. DOI: 10.23919/MIPRO.2018.8400044.
6. Feoktistov A., Gorsky S., Sidorov I., Bychkov I., Tchernykh A., Edelev A. Collaborative Development and Use of Scientific Applications in Orlando Tools: Integration, Delivery, and Deployment // *Communications in Computer and Information Science*. 2020. Vol. 1087. P. 18–32. DOI: 10.1007/978-3-030-41005-6_2.
7. Феоктистов А.Г., Костромин Р.О., Воскобойников М.Л., Ли-Дэ Д.И. Организация вычислительной среды разработки и применения научных рабочих процессов на основе контейнеризации // *Вычислительные технологии*. 2023. Т. 28, № 6. С. 151–164. DOI: 10.25743/ICT.2023.28.6.013.
8. Edelev A., Beresneva N., Gorsky S., Sidorov I., Feoktistov A. Representation of Subject Knowledge from the Field of Vulnerability Analysis of Energy Systems in Distributed Applied Software Packages // *Advances in Intelligent Systems Research*. 2019. Vol. 169. P. 184–188. DOI: 10.2991/iwci-19.2019.32.
9. Воскобойников М.Л. Планировщик схем решения задач для распределенных пакетов прикладных программ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023685789. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ), 2023.
10. Горбунов-Посадов М.М., Корягин Д.А., Мартынюк В.В. Системное обеспечение пакетов прикладных программ. М.: Наука, 1990. 208 с.

УДК 621.79

DOI 10.17513/snt.39903

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ В УСЛОВИЯХ ИНДУСТРИИ 4.0

Горшкова О.О.

*ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Сургутский филиал, Сургут,
e-mail: gorchkovaoksana@mail.ru*

В статье рассмотрены перспективные технологии сварки в соответствии с изменяющимися требованиями к производственному процессу в контексте принципов Индустрии 4.0. Анализ, систематизация и обобщение существующих работ, исследований, разработок позволили выделить следующие технологии: технология ICE™, импульсная сварка, сварка в узкую разделку. Рассмотрены особенности этих технологий, а именно в технологии ICE™ применяется дополнительный холодный электрод при ведении сварки расщепленной дугой. Тепло, выделяемое при плавлении электродов (ранее рассеивалось в окружающую среду), перераспределяется на холодный электрод, способствуя его расплавлению. В процессе импульсной сварки основной металл плавится под действием резко возрастающего тока, формируется сварочная ванна. Многократные импульсы тока в течение постоянного фонового тока образуют цикл, в течение которого происходит образование капель на поверхности электрода. Возможно применение одиночных и групповых импульсов. Сварка в узкую разделку способствует уменьшению угла разделки, позволяя уменьшить количество слоев в шве, снижая деформацию металла, расхода сварочных материалов. Выделены основные достоинства и недостатки каждой рассматриваемой технологии, возможные области использования. Проанализированы возможности применения отечественного оборудования и программного обеспечения, используемых в рассматриваемых технологиях.

Ключевые слова: технология ICE™, импульсная сварка, сварка в узкую разделку, сварочные деформации, холодный электрод, импульс тока, узкая разделка

PROMISING TECHNOLOGIES IN WELDING PRODUCTION IN THE CONTEXT OF INDUSTRY 4.0

Gorshkova O.O.

Industrial University of Tyumen, Surgut branch, Surgut, e-mail: gorchkovaoksana@mail.ru

The article discusses promising welding technologies in accordance with the changing requirements for the production process in the context of the principles of Industry 4.0. Analysis, systematization and generalization of existing work, research, development allowed us to identify the following technologies: ICE™ technology, pulse welding, narrow-cut welding. The features of these technologies are considered, namely, the ICE™ technology uses an additional cold electrode when conducting the split arc welding process. The heat released during the melting of the electrodes (previously dissipated into the environment) is redistributed to the cold electrode, contributing to its melting. In the process of pulse welding, the base metal melts under the action of a sharply increasing current, a welding bath is formed. Multiple current pulses during a constant background current form a cycle during which droplets form on the surface of the electrode. It is possible to use single and group pulses. Welding into a narrow cutting helps to reduce the cutting angle, allowing you to reduce the number of layers in the seam, reducing the deformation of the metal, the consumption of welding materials. The main advantages and disadvantages of each technology under consideration, possible areas of use are highlighted. The possibilities of using domestic equipment and software used in the technologies under consideration are analyzed.

Keywords: ICE™ technology, pulse welding, narrow-cut welding, welding deformations, cold electrode, current pulse, narrow-cut

Новый индустриальный переворот, называемый четвертой промышленной революцией (Индустрия 4.0), характеризуется инновационными подходами к производству на основе масштабного внедрения автоматизированных процессов в промышленность. Развитие сварочных технологий в контексте принципов Индустрии 4.0 характеризуется развитием и совершенствованием способов сварки с целью получения качественных сварных соединений и металлоконструкций, и конструкций из разнородных материалов. Сварочные технологии широко используются в стратегически важных отраслях, поэтому разработка и приме-

нение наиболее эффективных технологий является актуальной и своевременной на современном этапе развития производства [1].

Цель исследования – определение наиболее эффективных сварочных технологий, ориентированных на повышение производительности процесса, уменьшение труда и энергозатрат, способствующих повышению качества сварных соединений в соответствии с принципами Индустрии 4.0.

Материалы и методы исследования

В качестве основных материалов использованы исследования, разработки, публикации, в которых рассматриваются современ-

ные перспективные сварочные технологии, области их применения, оборудование. Анализ, систематизация и дополнение существующих исследований позволили определить ряд перспективных сварочных технологий, рассмотреть их сущность, возможности применения в современных условиях развития производства.

Используемые методы: изучение, анализ, систематизация и обобщение теоретических исследований, работ, практического опыта с целью выявления ряда наиболее перспективных технологий сварки в современных геополитических условиях.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим ряд технологий. Технология ICE™ сварки под флюсом предусматривает перераспределение тепла в процессе сварки, при этом излишки расходуются на нагрев и расплавление «холодного» электрода, который является дополнительным. Тем самым производительность повышается без увеличения энергозатрат на теплообразование. Процесс сварки под флюсом ведется расщепленной дугой. Отличительной особенностью является применение дополнительного «холодного» электрода (проволоки) (ICE – Integrated Cold Electrode), который располагается непосредственно в сварочной головке между двумя «горячими» электродами (рис. 1).

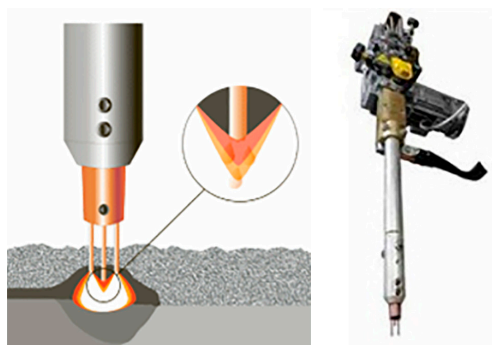


Рис. 1. Технология ICE™

Тепло, выделяемое при плавлении электродов (ранее рассеивалось в окружающую среду), перераспределяется на холодный электрод, способствуя его расплавлению. Данная технология позволяет контролировать скорость наплавки и регулировать высоту шва за счет управления скоростью подачи холодного электрода [2].

Использование «холодного» электрода, располагаемого параллельно основному, способствует стабилизации процесса сварки посредством стабилизации дуги и сварочной

ванны. «Холодный» электрод подается независимо от скорости плавления «горячих» электродов. Плавление «холодного» электрода осуществляется двумя дугами, что уменьшает влияние на качество сварки изменений значений силы тока и величины вылета электродов. В результате увеличивается стабильность и производительность процесса.

Процесс сварки ведется в автоматическом режиме с применением контроллеров. Перед началом работы посредством интерфейса задаются параметры сварного шва, и блок управления в автоматическом режиме подбирает режим сварки [1].

В качестве основных преимуществ технологии ICE™ выделим:

- повышение на 50% скорости наплавки;
- улучшение качества сварного шва за счет исключения дефектов в корне шва, что обусловлено использованием тандемной сварки, а также устраняет необходимость проведения поверхностной обработки шва;
- автоматизация процесса с применением функции «Контроль формы сварного шва» устраняет необходимость проведения поверхностной обработки шва за счет получения более плоской формы шва при увеличении усталостной прочности;
- повышение скорости сварки, а соответственно, увеличение производительности процесса и снижение себестоимости выпускаемой продукции;
- снижение энергозатрат;
- уменьшение загрязнения атмосферы за счет снижения выбросов соединений углерода (диоксида углерода);
- снижение расхода сварочных материалов, в том числе флюса, за счет уменьшения количества проходов.

Применение технологии ICE™ возможно в различных отраслях: строительство трубопроводов, судостроение, машиностроение, сварка труб и др., что обусловлено высокой производительностью и достоинствами процесса сварки.

В настоящее время при сооружении и ремонте трубопроводов интерес вызывает применение импульсной сварки, которую возможно использовать при сварке сталей и цветных металлов в процессе изготовления конструкций (из цветных металлов толщиной более 1,5 мм и сталей толщиной более 1 мм).

Процесс импульсной сварки имеет циклический характер. Основной металл плавится под действием резко возрастающего тока, в результате формируется сварочная ванна. Многократные импульсы тока в течение постоянного фонового тока образуют цикл, в течение которого происходит образование капель на поверхности электрода.

Сила тока уменьшается, что приводит к началу затвердевания металла от края к центру, после чего цикл повторяется.

При проведении сварочного процесса используется кратковременный импульс. Именно он способствует тому, что капли из расплавленной металлической структуры ровно ложатся на зону сварного шва. Все это позволяет применять сварочную технологию для сваривания тонких изделий, к примеру металлических алюминиевых листов. В процессе сварки ток пульсирует с определенной частотой, при этом частота импульса регулируется, варьируясь от 0,5 до 300 Гц (в зависимости от толщины металла, силы сварочного тока) (рис. 2).

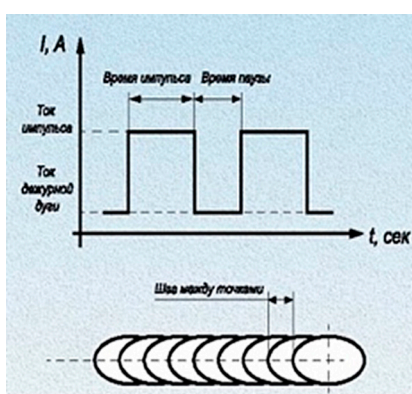


Рис. 2. Импульсная сварка

Чем выше частота, тем уже сварочная дуга, соответственно, ширина шва уменьшается, глубина провара увеличивается. Более низкая частота позволяет лучше вести контроль процесса [3]. Для контроля процесса переноса электродного металла при работе на малых токах происходит дополнительное наложение импульсов высокого тока короткой длительности. Это обусловлено несовпадением скорости подачи электродной проволоки и скорости ее плавления.

Для перехода капли в сварочную ванну применяют как одиночные, так и групповые импульсы. Соотношение между величиной и длительностью импульсов определяет стабильность процесса сварки. Так как происходит управляемый процесс переноса электродного металла, то это способствует

устойчивому горению дуги, повышению качества сварного соединения, исключая процессы разбрызгивания и формирования несплавлений.

Высота и длительность импульса зависят от состава проволоки, ее диаметра и в меньшей степени от состава защитного газа. В процессе импульсной сварки при частоте от нескольких герц до нескольких сотен герц применим обширный диапазон амплитуд импульсов с различной формой и различной длительности, что способствует формированию капли расплавленного металла диаметром, соответствующим толщине сварочной проволоки. При выборе величины высоты и длительности импульсов учитывается диаметр и состава электродной проволоки [4].

В процессе импульсной сварки на базовый ток накладываются дополнительные импульсы, процентная доля которых составляет приблизительно 15%. Возможно использование в процессе сварки подачи двойных импульсов в условиях модуляции, это способствует модулированию несущего сварочного тока высокой частоты от основного силового инвертора при формирующемся вторичным инвертором низкочастотным импульсе. Это изменяет соотношение ток – пауза, меняя форму импульса, что позволяет изменять углы термического воздействия на металл, способствует формированию управляемого мелкокапельного переноса в режиме короткого замыкания, в результате капли расплавленного металла плавно переходят в сварочную ванну, которая уменьшается в размерах. Повышается качество корневого шва при формировании равномерного обратного валика. Применение двойного импульса направлено на повышение производительности процесса и качества сварного соединения.

Выделим преимущества импульсной сварки:

- повышение производительности процесса сварки, увеличение скорости сварки;
- применяется для сварки сталей, цветных металлов во всех пространственных положениях металлов большой толщины, когда необходимо контролировать тепловложения;
- возможность применения для сварки в узкощелевую разделку за счет высокой пространственной стабилизации дуги;
- процесс характеризуется уменьшением тепловложений, что способствует снижению деформации свариваемого металла;
- стабильность процесса горения дуги, возможность перехода к мелкокапельному и струйному переносу электродного металла за счет сил поверхностного натяжения;
- снижение сварочных деформаций за счет направленного действия сварочной дуги;

– выполнение импульсной сварки не требует высокой квалификации сварщика;

– повышение качества сварного соединения за счет управляемости процесса переноса электродного металла, применения кратковременных импульсов, избежание разбрызгивания на токах величиной от 50 до 150 А (при дуговой сварке используются на короткой дуге).

Процесс импульсной сварки производится с применением источников инверторного типа. Защита расплавленного металла осуществляется посредством подачи в зону сварки защитного газа. Импульсная сварка наиболее эффективна при использовании аппаратов, оснащенных синергетической системой управления, автоматически настраивающих параметры процесса сварки в зависимости от параметров свариваемого металла, сварочных материалов [5].

Следует отметить, что развитие технологии импульсной сварки привело к созданию новых способов, предусматривающих подогрев электродной проволоки; применение двухдугового режима; увеличение вылета электродной проволоки.

Технология сварки в узкую разделку (Кемри RGT) наиболее эффективна для соединения металла толщиной не более 30 мм [6]. При этом применяется стандартное оборудование и программное обеспечение для интеллектуального управления сварочной дугой, способствуя:

– поддержанию стабильной мощности дуги при вылете электрода до 30 мм, при этом провар корня шва гарантирован;

– уменьшению риска непровара и неполного проплавления за счет сосредоточения дуги в определенной точке разделки.

– поддержанию максимальной плотности энергии при регулировании дуги.

Схема сварки в узкую разделку представлена на рис. 3.

При сварке в узкую разделку существует возможность уменьшения угла разделки, это позволяет уменьшить количество слоев в шве, соответственно, происходит уменьшение деформаций металла, снижение расхода сварочных материалов, повышается производительность процесса. При сварке металла толщиной до 15 мм возможно выполнение одного прохода для получения качественного сварного соединения (рис. 4).

Следует отметить, что при уменьшении угла разделки (приблизительно на 20°– контроль процессов в сварочной ванне, обеспечивающий стабильность сварки;

– снижение магнитного дутья, в результате уменьшение риска формирования непроваров сварного шва;

– повышение производительности процесса за счет поддержания постоянной мощности дуги;

– уменьшение тепловложений в процесс сварки за счет высокой плотности энергии, что способствует уменьшению деформаций свариваемого металла, исключает необходимость последующей правки;

– возможность задавать и регулировать параметры сварки дистанционно [8].

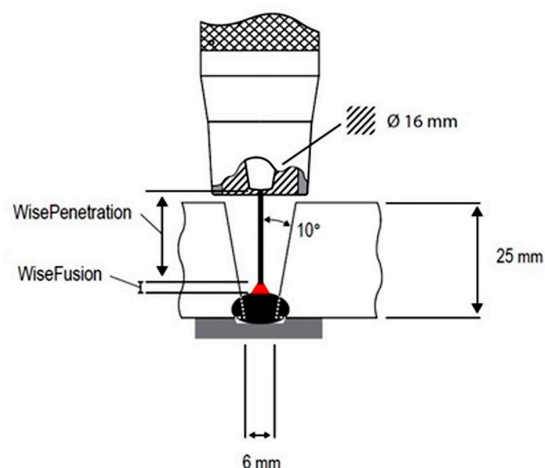


Рис. 3. Сварка в узкую разделку [6]

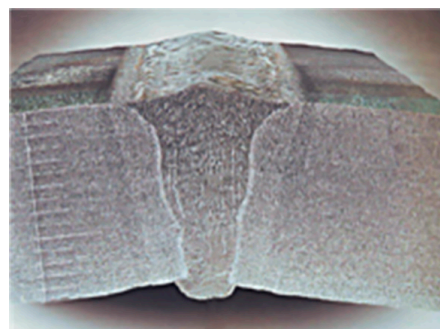


Рис. 4. Сварка в один проход металла толщиной 15 мм

В современных геополитических условиях вопрос импортозамещения является актуальным для предприятий, выполняющих сварные работы. Анализ оборудования, предлагаемого отечественными производителями, показал, что рассматриваемые технологии сварки обеспечены оборудованием российского производства (таблица). В результате исследования вопроса обеспечения процессов отечественным программным обеспечением, определено, что ряд компаний работают над разработкой и совершенствованием ПО для выполнения сварочных процессов при изготовлении сварных конструкций.

Сварочное оборудование

Технология	Производитель	Оборудование	
Технология ICE™	Компания «ИТС-Урал», Екатеринбург	Сварочный трактор АДФ-1005 Урал	
Импульсная сварка	Компания «Интертехприбор», Москва	Сварочный инвертор для TIG сварки SMART 300	
Технология сварки в узкую разделку	«ШТОРМ», Екатеринбург, ПО: компания Кемпли	Шторм-Мисог MIG 500	

Технология ICE™ осуществляется на оборудовании, предлагаемом компанией «ИТС-Урал» (Екатеринбург). Сварочные тракторы компании могут работать от разных источников тока, обеспечивают точную подачу сварочной проволоки, способствуют уменьшению расходных материалов в процессе сварки, обеспечивают высокую скорость сварки. Для выполнения импульсной сварки компания «Интертехприбор» (Москва) предлагает различные виды инверторных источников. Для сварки в узкую разделку подходит оборудование, предлагаемое компанией «Шторм» (Екатеринбург). Рассматриваемое оборудование по параметрам не уступает зарубежным аналогам и адаптировано для эксплуатации в России.

Заключение

Рассмотренные технологии имеют ряд преимуществ, позволяющих повысить производительность процесса посредством автоматизации, сократить расход сварочных материалов, снизить сварочные деформации конструкций. Инновации в сварочном производстве ориентированы на повышение качества сварных конструкций. Их применение в современных геополитических условиях, оказывающих влияние на развитие производства, с учетом принципов Индустрии 4.0 ориентировано на совершенствование и развитие стратегически важных отраслей страны.

Список литературы

1. Вышемирский Е.М. Развитие отечественных технологий сварки и неразрушающего контроля качества оль-

цевых сварных соединений магистральных газопроводов // Газовая промышленность. 2020. № 3. С. 68–75.

2. SAW – технология ICE™. [Электронный ресурс]. URL: <https://svares.ru/welding-equipment/automation-robotics/automation-process-solutions/saw/saw-ice> (дата обращения: 10.12.2023).

3. Горшкова О.О. Сварка металлоконструкций. Стерлитамак: АМИ, 2017. 103 с.

4. Кусков В.Н., Зябкин О.В., Крылов А.П., Потапов Д.А. Термическое влияние параметров импульсной сварки методом SST на структуру соединения // Вестник МГТУ им. Г.Н. Носова, 2019. № 3. С. 38–41.

5. Особенности и технология импульсной сварки. [Электронный ресурс]. URL: <https://kedrweld.ru/blog/osobennosti-i-tehnologiya-impulsnoy-svarki/> (дата обращения: 10.12.2023).

6. Сварка в узкую разделку по технологии Kemppi RGT. [Электронный ресурс]. URL: <http://welding-rostov.ru/svarka-v-uzkuyu-razdelku-po-tehnologii-kemppi-rgt/#:~:text=Технология%20сварки%20в%20узкую%20разделку,про дуктами%20WisePenetration%20и%20Wise%20Fusion> (дата обращения: 10.12.2023).

7. Система сварки в узкую разделку Reduced Gap Technology. [Электронный ресурс]. URL: <https://dzen.ru/media/kemppi/sistema-svarki-v-uzkuiu-razdelku-reduced-gap-technology-rgt-603905c882fc21754de2e7ce> (дата обращения: 10.12.2023).

8. Шолохов М.А. Перспективные технологии и оборудование для сварки по узкому зазору корпусных конструкций специальной техники // Сварка и Диагностика. 2015. № 5. С. 45–56.

УДК 519.86

DOI 10.17513/snt.39904

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ PYTHON АКТИВНОСТИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ

Гусарова О.М., Березняк И.С., Денисов Д.Э.

*ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»,
Смоленск, e-mail: om.gusarova@mail.ru*

Научная публикация посвящена исследованию показателей, которые могут быть приняты в качестве индикаторов активности предпринимательского сектора отечественной экономики. Актуальность данной тематики обусловлена тем, что отечественная экономика испытывает ряд трансформаций, связанных с преодолением последствий пандемии и введением экономических санкций. Определенный интерес представляют оценка динамики ряда макроэкономических показателей и выявление их взаимной корреляции. В рамках данного исследования предложено в качестве интегрального показателя, характеризующего в целом общую динамику и активность предпринимательского сектора экономики, использовать величину валового внутреннего продукта, созданного коллективным трудом занятого населения страны. В ходе исследования осуществлен анализ корреляционной зависимости ряда макроэкономических факторов, выполнен экономико-статистический анализ коэффициентов парных корреляций результативного признака и факторов-регрессоров. Разработаны многофакторные и однофакторные модели регрессии с различным набором факторных признаков в среде Python. Осуществлен анализ качества построенных регрессий. Выявлены тенденции, характеризующие динамику ВВП и его темпы роста, построены линейные и нелинейные трендовые модели. Практическая значимость исследования обусловлена возможностью использования полученных результатов для разработки стратегических планов дальнейшего реформирования предпринимательского сектора экономики в рамках реализации национальных проектов.

Ключевые слова: макроэкономические показатели, валовой внутренний продукт, многофакторная регрессия, корреляция, трендовые модели

MATH MODELLING IN PYTHON FOR THE BUSINESS SECTOR ACTIVITY OF THE ECONOMY

Gusarova O.M., Bereznyak I.S., Denisov D.E.

*Financial University under the Government of the Russian Federation,
Smolensk, e-mail: om.gusarova@mail.ru*

The scientific article is devoted to the examining of the indicators that can be accepted as the activity index for the business sector of the domestic economy. The particular relevance of the issue is increased by the sanction-related transformations and transformations aimed at overcoming consequences of the pandemic that are taking place in the domestic economy at the moment. The estimation of the macroeconomic indicators' growth rate and their interdependency is deemed interesting. In the research the GDP value is offered as the integral indicator that depicts a general dynamic and involvement of the business sector of the economy. As part of the research a number of analyses have been performed, such as the correlation analysis of the macroeconomic factors, the economic and statistical analysis of the coefficients of the pair correlation between the effective feature and the regressor. The multifactor and single factor regression models have been devised with different sets of factorial features in Python. The analysis of the quality of the created models have been carried out. Tendencies characterizing GDP and its growth rate have been identified, linear and non-linear trend models have been created. Practical implications involve applicability of the results for devising strategic plans of further transformation processes in the business sector of the economy in framework of national projects implementation.

Keywords: macroeconomic indicators, gross domestic product, multiple regression, correlation, trend models

Динамика и особенности развития отечественной экономики, в том числе активность предпринимательского сектора экономики, являются актуальной проблемой и предметом исследования многих ученых. В более ранних научных публикациях авторов исследованы особенности развития и механизмы мотивации малого и среднего бизнеса [1, 2]. Дальнейшим развитием данного направления является настоящая публикация авторов в контексте исследования и оценки активности предпринимательского сектора отечественной экономики.

Целями исследования являются выявление показателей, которые могут быть приняты в качестве индикаторов активности предпринимательского сектора экономики, а также разработка ряда моделей для оценки их величины и динамики.

Материалы и методы исследования

Материалами исследования послужили официальные статистические данные, характеризующие развитие отечественной экономики за 2005–2022 годы. В качестве методов исследования использованы на-

учные методы экономической теории, комплексного системного анализа, специальные методы вероятностно-статистического моделирования, методы анализа статистических данных в среде Python и Excel.

Результаты исследования и их обсуждение

Одними из основных индикаторов реализации национальной цели обеспечения достойного труда населения и успешного развития предпринимательского сектора отечественной экономики, обозначенными в указе Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», являются: темп роста валового внутреннего продукта, рост среднего уровня доходов населения, рост инвестиций в основной капитал, рост численности населения, занятого в предпринимательской сфере экономики [3].

Многофакторная модель оценки активности предпринимательского сектора экономики может быть записана в виде:

$$Y(A)_t = f(KI_t, NKI_t) + \varepsilon_t, \quad (1)$$

где $Y(A)_t$ – индикатор активности предпринимательского сектора экономики;

KI_t – факторы, значение которых может подлежать количественному измерению;

NKI_t – качественные факторы, значение которых в ряде случаев не подлежит количественному измерению;

ε_t – стохастическая составляющая, характеризующая ряд не учтенных в модели факторов и отражающая вероятностный характер процесса моделирования.

С учетом обозначенных ориентиров национальных целей развития экономики Российской Федерации оценки активности предпринимательского сектора в качестве результативного признака и факторов-регрессоров могут быть использованы показатели, которые наглядно представлены в таблице 1.

Необходимо отметить, что данные показатели выбраны по усмотрению исследователей и что одни и те же показатели в зависимости от целевой установки могут быть использованы в качестве результативного признака (например, темп роста инвестиций в основной капитал), а также в качестве фактора-регрессора (величина объема инвестиций в основной капитал при моделировании величины валового внутреннего продукта).

Осуществим рассмотрение одного из интегральных показателей, отражающего активность предпринимательского сектора российской экономики, – величины валового внутреннего продукта, созданного коллективным трудом занятого населения страны.

Построение математических моделей оценки активности предпринимательского сектора экономики осуществлено в среде Python.

Таблица 1

Построение системы показателей многофакторной модели

Результативный признак $Y(A)_t$		
№	Обозначение	Показатель
1	VVP	Объем валового внутреннего продукта
2	TVP	Темп роста валового внутреннего продукта
3	VDN	Доходы населения
4	ANE	Численность занятых в сфере МСП
5	TDN	Темп роста среднедушевых денежных доходов населения
Факторы-регрессоры $X_t(t)$		
6	VOB	Величина оборота предприятий МСП
7	KNB	Количество субъектов малого и среднего предпринимательства
8	VGP	Объем бюджетных ассигнований, направленных на поддержку малого и среднего бизнеса
9	VI	Объем инвестиций в основной капитал
10	VN	Численность населения страны
11	VNZ	Численность занятого населения страны
12	NEC	Количество предприятий страны

Примечание: составлено авторами.

Для построения моделей были использованы: библиотеки работы с данными Pandas, DataFrame; библиотека работы со статистическими вычислениями (характеристиками) временных рядов NumPy; библиотеки matplotlib и seaborn, содержащие инструменты визуализации данных; библиотека Statsmodels, включающая инструменты построения моделей временных рядов; библиотека инструментов машинного обучения Scikit-learn.

Загрузка необходимых библиотек для анализа статистических данных осуществлена следующим образом:

```
!pip install pandas numpy matplotlib
seaborn statsmodels scikit-learn
```

Для контроля ввода информации, соответствующей временным рядам анализируемых показателей, была осуществлена проверка корректности формата загруженных данных после изменения формата «Годы»:

#	Column	Non-Null Count	Dtype
0	Годы	17 non-null	datetime64 [ns]
1	ВВП, млрд руб.	17 non-null	float64
2	Доходы населения РФ, руб.	17 non-null	float64
3	Инвестиции в осн кап., млн руб.	17 non-null	float64
4	Численность занятых МСП*, млн чел.	17 non-null	float64
5	Числ.занят.РФ, тыс.	17 non-null	float64
6	Оборот МСП*, млрд руб.	17 non-null	float64
7	V бюдж ас, млрд	17 non-null	float64

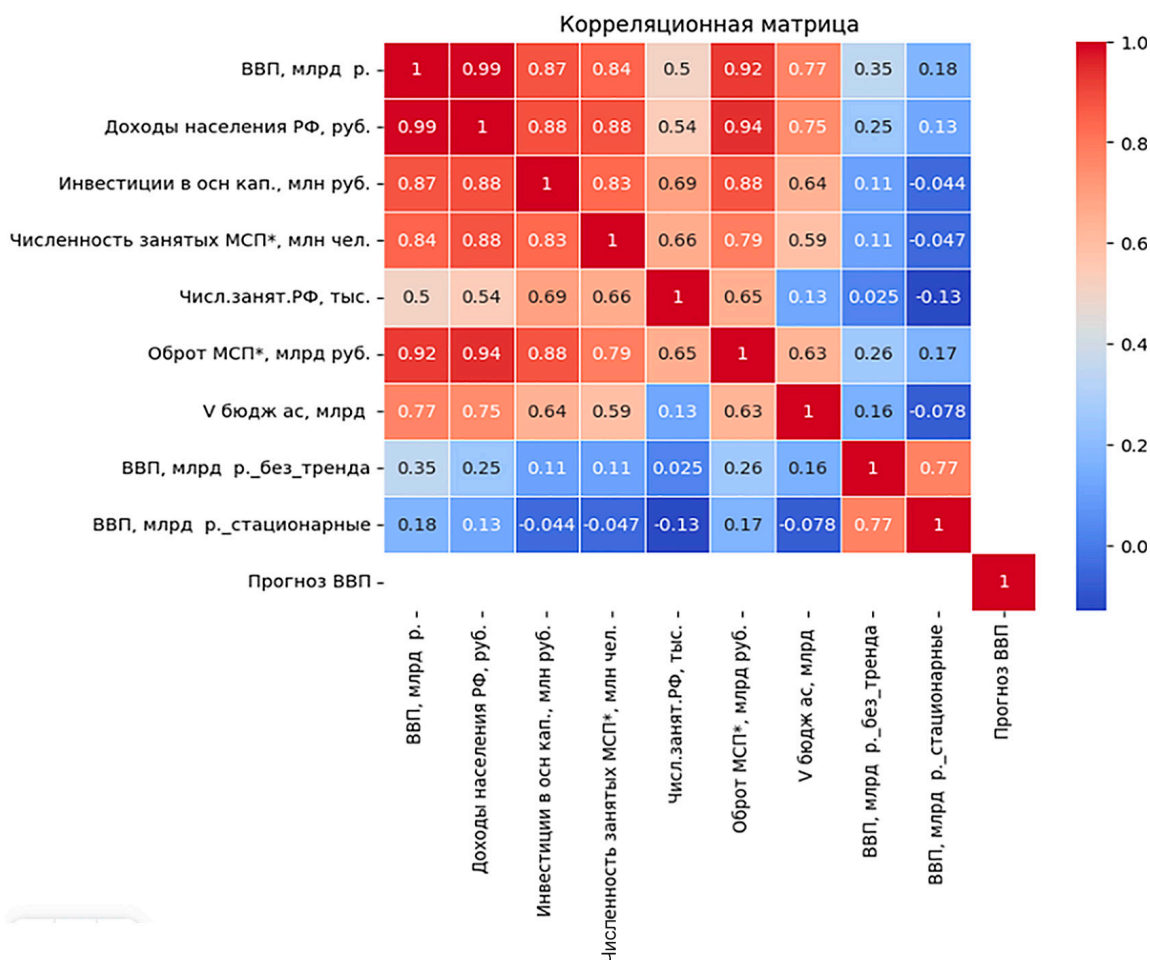


Рис. 1. Тепловая карта корреляционной зависимости показателей в Python
Источник: получено авторами по [4, 5]

С целью выявления корреляционной зависимости показателей, характеризующих активность предпринимательского сектора экономики, осуществлен расчет характеристик корреляции в среде Python.

```
# Вычисление корреляций между
показателями
correlation_matrix = df.corr()
# Визуализация корреляционной матрицы
import seaborn as sns
plt.figure(figsize=(8, 6))
sns.heatmap(correlation_matrix,
annot=True, cmap='coolwarm',
linewidths=0.5)
plt.title('Корреляционная матрица')
plt.show()
```

Тепловая карта корреляционной зависимости исследуемых показателей в Python представлена на рисунке 1.

На основании полученных данных сделаны следующие выводы: ряд факторов-регрессоров, таких как численность занятого населения, объем инвестиций в основной капитал, объем бюджетных ассигнований (государственной поддержки) на развитие предпринимательского сектора экономики, оборот предприятий, имеют тесную положительную корреляционную связь с результативным признаком.

С целью повышения достоверности результатов математического моделирования была осуществлена проверка временных рядов показателей на стационарность, которая характеризует постоянство во времени таких статистических параметров признаков, как среднее значение и дисперсия. Фрагмент программирования проверки стационарности результативного признака:

```
result = adfuller(df['ВВП, млрд р.'])
print('Статистика ADF:')
print('p-значимость:')
print('Критические области:')
for key, value in result[4].items():
    print('\t%s: %.3f' % (key, value))
Статистика ADF: 0.863422
p-значимость: 0.992594
Критические области:
1%: -3.924
5%: -3.068
10%: -2.674
```

Для построения модели множественной регрессии в среде Python было осуществлено задание результативного и факторных признаков:

```
#определим результативный признак
y = df['ВВП']
#факторные признаки
x=df[['ДоходынаселенияРФ', 'Инвестиции
в основной капитал', 'Численность за-
нятых МСП', 'Численность занятых
РФ', 'Оборот МСП', 'V Бюджас']]
```

```
#добавим константу к переменным-
предикторам
x = sm.add_constant(x)
```

После выявления корреляционной зависимости и оценки качества статистических данных построена многофакторная модель зависимости валового внутреннего продукта от ряда факторов регрессоров:

$$VVP(t) = 0,497 + 0,003 VND(t) + 0,512 VI(t) + 0,393 ANE(t) + 0,501 VNZ(t) + 0,993 VOB(t) + 0,918 VGP(t). \quad (2)$$

Построенная регрессия обладает высоким качеством, характеризуемым коэффициентом детерминации $R^2=0,984$, т.е. 98,4% вариации результативного признака обусловлено вариацией факторов-регрессоров, введенных в данную модель. Для дополнительной оценки качества построенной регрессии был осуществлен анализ графика остатков с использованием функции `plot_regress_exog()` из библиотеки `statsmodels`. Визуальный анализ графика свидетельствует о случайном разбросе значений остаточной компоненты относительно нулевого значения, что позволяет утверждать о выполнении свойства случайности. Далее с использованием критерия Дарбина–Ватсона проведена проверка свойства независимости, т.е. отсутствия автокорреляции в остатках регрессии:

```
from statsmodels.stats.stattools
import durbin_watson
#perform Durbin-Watson test
durbin_watson(model.resid)
1.5261772785602952
```

Статистика теста, равная 1,5262, находится в диапазоне (1,5; 2,5), что позволяет утверждать об отсутствии автокорреляции в ряде остатков регрессии.

В дополнение к данной многофакторной регрессии, по усмотрению исследователей, построена выборочная регрессия от ряда факторов, введенных в рассмотрение:

$$VVP(t) = -6953,1425 + 6,6806 VI(t) + 93,6398 VGP(t) - 0,0611 VOB(t). \quad (3)$$

При исследовании качества данной многофакторной модели было установлено, что модель имеет высокий показатель качества, характеризуемый коэффициентом детерминации, равным 0,98, и критерий Фишера, равный 411. Однако при проверке критерия Стьюдента выявлено, что ряд факторов не являются статистически значимыми, и для повышения достоверности прогнозирования по решению исследователей они из рассмотрения удалены. В рассмотрении оставлен фактор VI «объем инвестиций

в основной капитал», имеющий наивысший коэффициент корреляции с результативным признаком и являющийся статистически значимым по критерию Стьюдента. В этом случае имеем однофакторную регрессионную модель:

$$VVP(t) = -6804,9321 + 6,1465 VI(t). \quad (4)$$

Данная модель имеет следующие показатели качества: коэффициент детерминации, равный 0,9882; критерий Фишера, характеризующий статистическую значимость уравнения регрессии, равный 1257,3537; критерий Стьюдента, определяющий статистическую значимость факторного признака, – 35,4591. Анализ данных характеристик позволяет утверждать, что построенная модель может быть использована для разработки прогнозов [6, 7].

На рисунке 2 представлены графики динамики величины валового внутреннего продукта (в номинальных ценах).

Осуществляя визуальный анализ графика, можно утверждать, что динамика величины валового внутреннего продукта имеет устойчивую положительную тенденцию в интервале анализа 2005–2022 гг. (в номинальных ценах). По данному показателю с целью углубленного анализа построены линейный и полиномиальный тренды 2-го порядка.

Результаты трендового анализа представлены в таблице 2.

Анализируя результаты трендового анализа, характеризуемые уравнениями:

$$VVP(t) = 6997,9t + 15775, \quad (5)$$

$$VVP(t) = 159,85t^2 + 4120,6t + 24887, \quad (6)$$

можно утверждать, что линейный и полиномиальный тренды с высокой степенью достоверности аппроксимируют динамику величины валового внутреннего продукта, исчисленного в номинальных ценах, подтверждая устойчивый положительный тренд на протяжении длительного временного интервала 2005–2022 гг. Устойчивая положительная тенденция динамики валового внутреннего продукта может быть принята в качестве индикатора поступательного развития российской экономики и активности предпринимательского сектора экономики на протяжении длительного интервала времени.

В рамках реализации национального проекта по развитию предпринимательской деятельности одной из ключевых национальных целей российской экономики обозначено обеспечение темпа роста валового внутреннего продукта не ниже среднего мирового уровня. Для определения динамики темпа роста величины валового внутреннего продукта рассмотрим графики, представленные на рисунке 3.

Результаты трендового анализа динамики темпа роста ВВП представлены в таблице 3.

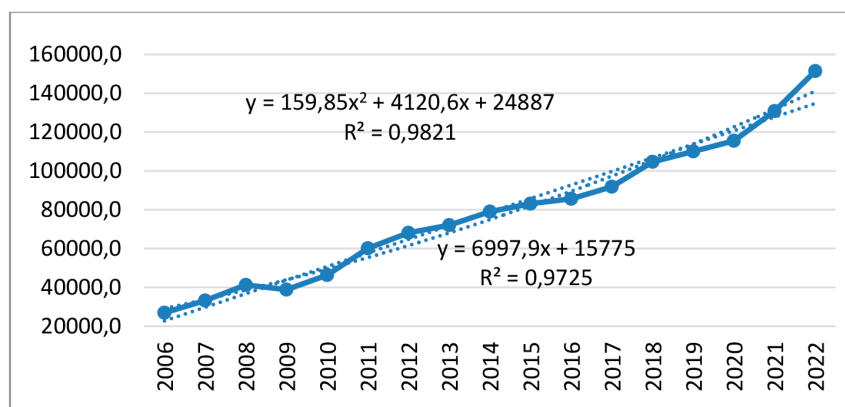


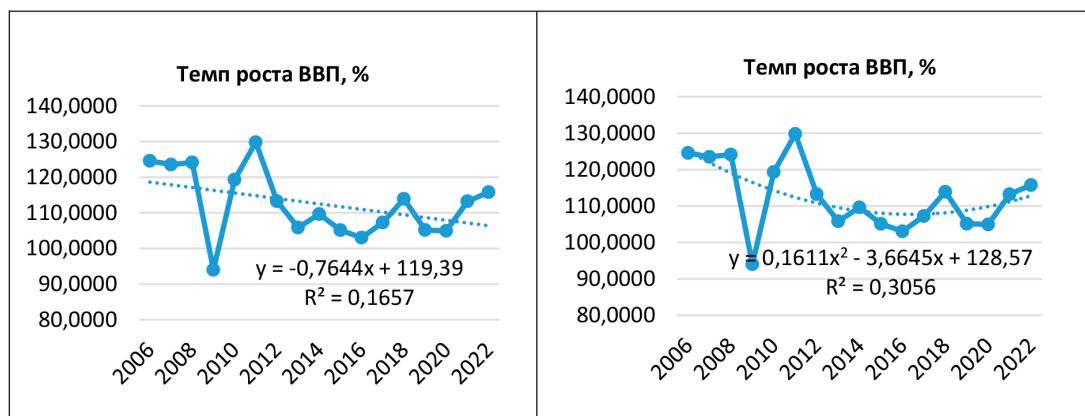
Рис. 2. Результаты трендового анализа ВВП (в номинальных ценах), млрд руб.
Источник: составлено авторами

Таблица 2

Результаты трендового анализа величины валового внутреннего продукта РФ

№	Вид тренда	Уравнение тренда	Коэффициент детерминации R^2
1.	Линейный	$y = 6997,9x + 15775$	0,9725
2.	Полиномиальный 2-го порядка	$y = 159,85x^2 + 4120,6x + 24887$	0,9821

Примечание: составлено авторами.



а) линейный тренд

б) полиномиальный тренд 2-го порядка

Рис. 3. Динамика темпов роста величины валового внутреннего продукта
Источник: получено авторами

Таблица 3

Результаты трендового анализа динамики темпа роста ВВП Российской Федерации

№	Вид тренда	Уравнение тренда	Коэффициент детерминации R ²
1.	Линейный	$y = -0,7644x + 119,39$	0,1657
2.	Полиномиальный 2-го порядка	$y = 0,1611x^2 - 3,6645x + 128,57$	0,3056

Примечание: составлено авторами.

При анализе данные расчетов трендовые уравнения динамики темпов роста валового внутреннего продукта получают вид:

$$TVP(t) = -0,7644t + 119,39, \quad (7)$$

$$TVP(t) = 0,1611t^2 - 3,6645t + 128,57, \quad (8)$$

что позволяет утверждать, что темп роста ВВП в интервале анализа 2005–2022 гг. имеет колебательную тенденцию с точками динамики, в большинстве случаев превышающими величину 100%, только в 2009 г. имеет место снижение темпа роста величины валового внутреннего продукта до уровня 94% по сравнению с предшествующим 2008 годом.

Заключение

Активность предпринимательского сектора отечественной экономики может быть оценена различными показателями, рассмотренными в данном исследовании. В качестве интегральных показателей, характеризующих в целом динамику развития отечественной экономики, по усмотрению исследователей были выбраны величина валового внутреннего продукта и темпы роста ВВП. Среднее значение темпов роста величины валового внутреннего продукта российской экономики за анализируемый период составило 119,5%, среднее значение

цепного темпа прироста – 15,8%. Эти данные свидетельствуют о внутренних резервах российской экономики и, в целом, о положительной тенденции динамики величины валового внутреннего продукта сферы предпринимательства отечественной экономики.

Список литературы

1. Гусарова О.М., Березняк И.С. Теория и практика предпринимательства: экономический рост и тенденции развития малого и среднего бизнеса // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2023. № 5-2. С. 219-224.
2. Гусарова О.М., Попова В.В., Сулеменков А.В. Моделирование механизма мотивации предпринимательской деятельности малого и среднего бизнеса // Фундаментальные исследования. 2022. № 12. С.25-30. DOI: 10.17513/fr.43392.
3. О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года (указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 г. № 474). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45726> (дата обращения: 27.10.2023).
4. Росстат. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 09.11.2023).
5. Единый реестр субъектов малого и среднего предпринимательства. [Электронный ресурс]. URL: <https://tmssp.nalog.ru/> (дата обращения: 10.11.2023).
6. Зададаев С.А., Орлова И.В. Опыт применения эконометрического инструментария для прогнозирования показателей национальных целей развития РФ // Фундаментальные исследования. 2022. № 10-1. С. 54-59. DOI: 10.17513/fr.43343.
7. Dobryagina N.P. Behavioural economics contribution to the entrepreneurship theory and its application in entrepreneurship policies // Administrative consulting. 2021. № 1 (145). С. 50-60.

УДК 004.6:004.75

DOI 10.17513/snt.39905

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СПРАВОЧНОЙ СИСТЕМЫ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

¹Дукаев М.Ш., ²Гантемирова З.Э., ³Зарипова Р.С.

¹ФГБОУ ВО «Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщикова», Грозный, e-mail: dukaev_92@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Чеченский государственный университет имени А.А. Кадырова», Грозный, e-mail: zalina.1712@mail.ru;

³ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Казань, e-mail: zarim@rambler.ru

Статья посвящена разработке автоматизированной справочной системы общественного транспорта, включающей создание программного обеспечения для эффективного учета и обновления данных о маршрутах. Основным элементом проекта является веб-приложение, предоставляющее населению удобный доступ к актуальной информации о городском транспорте. Разрабатываемая информационная система общественного транспорта состоит из прикладного программного обеспечения для операционной системы Windows и веб-приложения. Обе части системы взаимодействуют через общую базу данных, обеспечивая единую информационную платформу. Требования к функциональным характеристикам включают вывод данных о маршрутах, удобный пользовательский интерфейс, быстрый доступ к информации, возможность построения маршрутов и поиска автобусных рейсов. Модуль администрирования в виде десктоп-приложения позволяет управлять данными, включая добавление новых маршрутов и рейсов. Разрабатываемое прикладное программное обеспечение создается с использованием среды Visual Studio 2019 и языка программирования C#. В разработке базы данных применяется система управления базами данных Microsoft SQL Server. Для веб-программирования в проекте выбраны языки JavaScript и PHP, а также фреймворк Bootstrap. Этот подход обеспечивает высокую производительность и эффективность в создании функционального и интуитивно понятного пользовательского интерфейса, а также позволяет интегрировать современные технологии в веб-приложение. Разработка данной системы представляет значимый шаг в совершенствовании городских транспортных сервисов, направленный на оптимизацию управления маршрутами и обновления данных. Проект обещает повысить эффективность общественного транспорта, предоставляя улучшенный доступ к информации и увеличивая удовлетворенность пассажиров.

Ключевые слова: общественный транспорт, автоматизированная информационная система, веб-приложение, десктоп-приложение, база данных, прикладное программное обеспечение

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED REFERENCE SYSTEM FOR PUBLIC TRANSPORT

¹Dukaev M.Sh., ²Gantemirova Z.E., ³Zaripova R.S.

¹Grozny State Oil Technical University named after academician M.D. Millionschikov, Grozny, e-mail: dukaev_92@mail.ru;

²A.A. Kadyrov Chechen State University, Grozny, e-mail: zalina.1712@mail.ru;

³Kazan State Power Engineering University, Kazan, e-mail: zarim@rambler.ru

The article is devoted to the development of an automated reference system for public transport, including the creation of software for effectively recording and updating route data. The main element of the project is a web application that provides the population with convenient access to up-to-date information about urban transport. The developed public transport information system consists of application software for the Windows operating system and a web application. Both parts of the system interact through a common database, providing a single information platform. Requirements for functional characteristics include the output of route data, a convenient user interface, quick access to information, the ability to build routes and search for bus routes. The administration module in the form of a desktop application allows you to manage data, including adding new routes and flights. The developed application software is created using the Visual Studio 2019 environment and the C# programming language. The Microsoft SQL Server database management system is used in database development. The languages chosen for web programming in the project are JavaScript and PHP, as well as the Bootstrap framework. This approach provides high productivity and efficiency in creating a functional and intuitive user interface, and also allows you to integrate modern technologies into the web application. The development of this system represents a significant step in improving urban transport services, aimed at optimizing route management and data updating. The project promises to improve the efficiency of public transport by providing improved access to information and increasing passenger satisfaction.

Keywords: public transport, automated information system, web application, desktop application, database, application software

Общественный транспорт играет важную роль в современном обществе. Даже несмотря на рост обеспеченности населения личными автомобилями, он остается одной из важнейших составляющих городской инфраструктуры и выполняет ряд важнейших социальных функций [1].

Транспортная система и информационные технологии (ИТ) неразрывно связаны между собой. Благодаря ИТ ускоряются различные процессы: получение заказа или же доставка груза, обеспечение безопасности перевозки пассажиров, сокращение затрат на топливо и т.д. [2].

Основанием для данного исследования является находящееся на достаточно низком уровне справочно-информационное обслуживание пассажиров общественного транспорта. Разработка и внедрение автоматизированной справочной системы даст следующие преимущества: значительное повышение удобства за счет единой информационной системы; повышение качества и скорости получения необходимых данных; обеспечение достоверности информации.

Целью данной работы является разработка автоматизированной справочной системы общественного транспорта, предоставляющая возможность составления расписания, просмотра данных о маршруте, поиска маршрута общественного транспорта, получения информации об остановках и т.д.

Перед тем как разработать любое программное обеспечение, требуется сначала произвести анализ уже существующих решений. Для решения проблем автоматизации информационных систем, предоставляющих актуальную информацию о передвижении общественного транспорта для граждан, используются такие системы, как:

1. Moovitapp – приложение для получения информации об общественном транспорте и навигации. Пользователи могут увидеть близлежащие остановки и станции на карте, а также планировать поездки на всех видах транспорта на основе данных в реальном времени. Приложение постоянно взаимодействует с GPS-модулем устройства и сообщает подробную информацию о местонахождении. Сервис использует собственные базы данных, а также активно контактирует с постоянными пользователями.

2. Routes – сервис, помогающий спланировать наилучший маршрут для поездок по городу с учетом всех видов транспорта, их графика движения и сбоев. Основные возможности приложения – это отслеживание передвижения автобусов, трамваев и троллейбусов, а также пригородных электричек и метрополитена. Из полезных функций следует отметить расчет време-

ни, необходимого для того, чтобы дойти до остановки.

3. Карты Google, Yandex и др. Карты позволяют прокладывать маршруты не только автомобилистам, но и пешеходам. Они позволяют отслеживать местоположение, прокладывать маршруты, искать объекты на карте, а также получать информацию о трафике и общественном транспорте.

Перечисленные в анализе программные продукты при своих больших достоинствах имеют также и недостатки. Среди недостатков можно выделить то, что многие сервисы бесплатны для физических лиц, а юридическим лицам обходятся дорого, многие из них являются импортными программными продуктами, что также сказывается и на достоверности предоставляемой информации. Все эти факты подтверждают актуальность разработки отечественных программных продуктов автоматизации информационных систем общественного транспорта.

Для достижения поставленной в данной работе цели требуется решить следующие задачи: выбрать архитектуру разрабатываемой системы; привести требования к системе; обосновать выбор инструментов разработки; привести описание разработанной системы.

В разработанной информационной системе основной структурный элемент составляет прикладное программное обеспечение для операционной системы Windows, параллельно функционирующее с веб-приложением. Обе части системы взаимодействуют через общую базу данных, обеспечивая единую информационную платформу. Такая архитектура позволяет эффективно управлять данными и обеспечивает согласованность информационного обмена между локальным программным обеспечением и веб-приложением, создавая единую и целостную информационную среду.

Требования к функциональным характеристикам:

- вывод данных о маршрутах городского транспорта;
- предоставление удобного пользовательского интерфейса для работы с программой;
- обеспечение быстрого доступа к информации;
- возможность построить маршрут из точки А в точку Б;
- поиск автобусных рейсов;
- поиск по всем маршрутам в системе.

Модуль администрирования должен решать следующие задачи:

- добавление новых маршрутов в базы данных;
- добавление автобусных рейсов в базы данных;

- ввод данных;
- редактирование данных;
- удаление данных.

В роли связующего звена в данной информационной системе выступает база данных, которая реализуется средствами системы управления базами данных «Microsoft SQL Server». Поэтому следует уделить большое внимание проработке данной части разработки. Проектирование баз данных обычно разделяется на три основных уровня: концептуальное, логическое и физическое.

Самое точное и детализированное проектирование базы данных происходит на уровне физического проектирования. Этот уровень предоставляет спецификации, необходимые для создания реальной базы данных, учитывая конкретные особенности СУБД и требования к производительности. Очевидная задача, которую необходимо выполнить при создании автоматизированной информационной системы – построение структуры базы данных. Структурирование данных является одним из важных аспектов проектирования БД, важно для обеспечения эффективного хранения и обработки информации. Одним из ключевых инструментов достижения этой цели являются нормальные формы, которые определяют, каким образом данные должны быть структурированы и организованы в базе данных. Нормальные формы являются формальными правилами, которые определяют, какие типы зависимостей должны существовать между атрибутами таблицы, чтобы база данных была эффек-

тивной, надежной и безопасной [3]. Учитывая вышеизложенное, логично будет представить структуру базы данных в форме физического проектирования. Структура проектируемой базы данных, соответствующая первым трем нормальным формам, представлена на рис. 1.

Структура базы данных, представленная на рис. 1, содержит в себе следующие таблицы:

1. Таблица «Users» содержит информацию о пользователях системы, включая их идентификаторы, имена, фамилии, электронные адреса, пароли и типы пользователей.

2. Таблица «Routes» хранит данные о маршрутах, предоставляя информацию об их идентификаторах, названиях, времени начала и окончания, стоимости, типах транспорта, а также идентификаторах начальных и конечных остановок.

3. Таблица «Stops» содержит информацию об остановках, включая уникальные идентификаторы, названия и координаты.

4. Таблица «RouteStops» предоставляет связи между маршрутами и остановками, включая уникальные идентификаторы, идентификаторы маршрутов и остановок.

5. Таблица «TransportTypes» содержит данные о типах транспорта, включая их уникальные идентификаторы и названия.

Эти таблицы представляют основную структуру базы данных, обеспечивая необходимую функциональность для взаимодействия между приложениями под Windows и веб-приложением в рамках данного проекта.

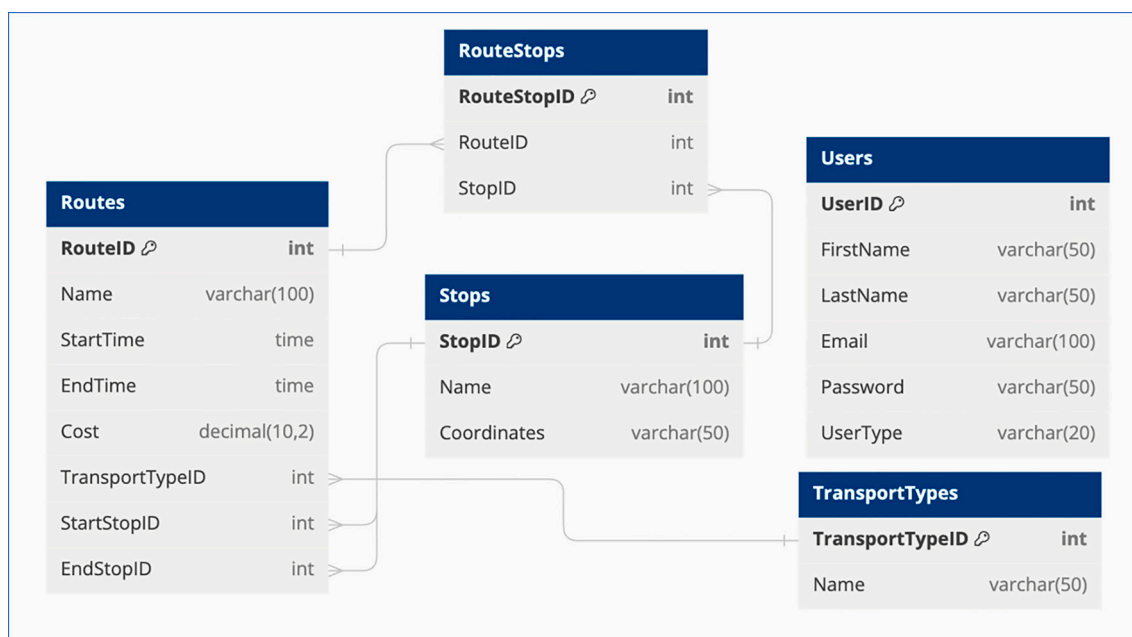


Рис. 1. Структура базы данных

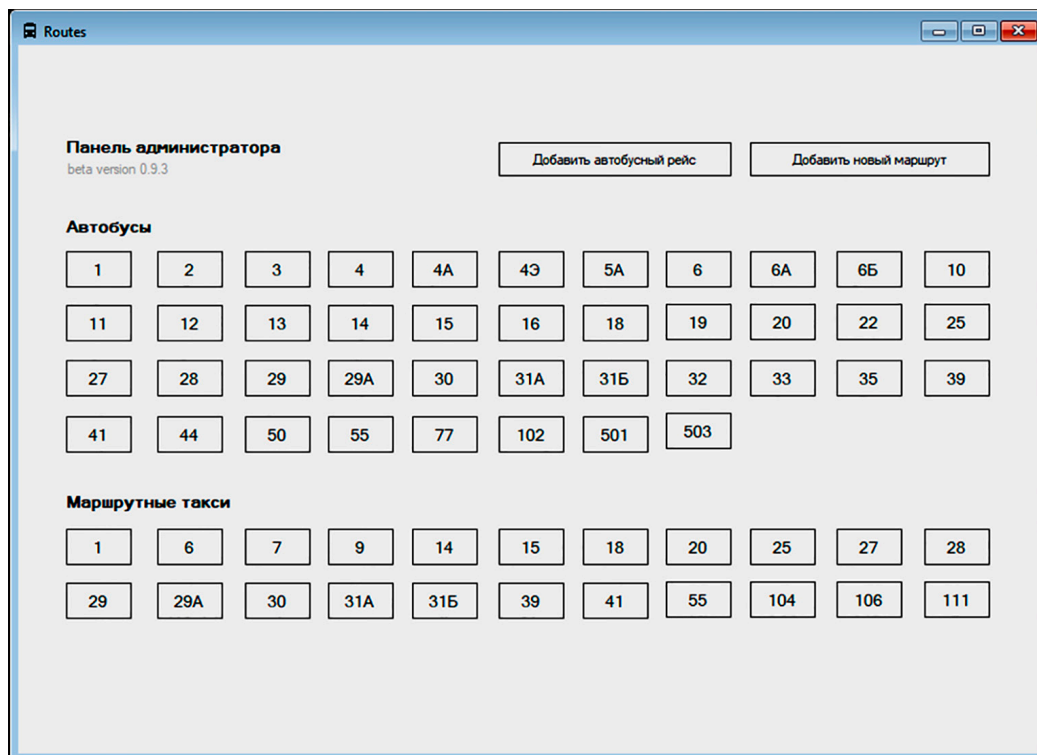


Рис. 2. Главное окно desktop-приложения

Для разработки desktop-приложения в данном проекте использовалась среда разработки Visual Studio 2019 и язык программирования C#.

Visual Studio – это мощное средство разработчика, которое можно использовать для выполнения всего цикла разработки в одном месте [4, с. 11].

Язык программирования C# – современный объектно-ориентированный и типобезопасный язык программирования. C# широко применяется для разработки разнообразных приложений и входит в выбранную интегрированную среду Visual Studio 2019.

На рис. 2 представлено главное окно desktop-приложения.

Данный интерфейс программы предоставляет возможность динамического взаимодействия с базой данных для управления маршрутами общественного транспорта. Пользователи имеют возможность добавления новых маршрутов и автобусных рейсов, а также просмотра уже существующих маршрутов в системе.

Если требуется добавить новый маршрут, пользователю нужно нажать на кнопку «Добавить новый маршрут», и откроется окно, представленное на рис. 3.

В левой части окна представлены поля, в которые необходимо внести данные о маршруте. Checkbox «Поставить галочку, если маршрут сейчас не работает» уведомляет пользователей о том, что маршрут временно не функционирует. В правой части расположена группа «Маршрут следования», с полями «Начальный пункт (А)», «Конечный пункт (В)» и «Остановки». Группа «Маршрут следования» предназначена для нанесения на карту линий (маршрута) и меток (остановок). После ввода начального и конечного пункта на карте рисуется линия следования маршрута, а после ввода номеров остановок – наносятся метки с информацией об остановке.

Программный модуль веб-приложения разработан с применением современных технологий веб-программирования. Использование веб-приложений обеспечивает широкий доступ пользователей из любого устройства с подключением к интернету. Пользователи могут использовать разные устройства на различных операционных системах, что делает веб-приложения адаптивными. Обслуживание и масштабирование веб-приложений обычно более удобны, что делает их привлекательными для разработки и использования в современной среде [5, с. 27].

Routes

Добавить новый маршрут

Номер маршрута

Вид транспорта

Режим работы

Компания-перевозчик

Недельный график

Остановок

Протяженность маршрута

Стоимость проезда

Примечание

Поставить галочку, если маршрут сейчас не работает

Маршрут следования

Начальный пункт (A)

Конечный пункт (B)

Остановки

Указать номера остановок через пробел
Очередность не имеет значение

Рис. 3. Окно добавления маршрута

Список маршрутов | Построить маршрут на карте | Поиск рейсов | beta version 1.0.9

Все маршруты | Городские | Пригород/межгород

Поиск по номеру маршрута

Автобусы

1	2	3	4	4A	43
5A	6	6A	66	10	11
12	13	14	15	16	18
19	20	22	25	27	28
29	29A	30	31A	31B	32
33	35	39	41	44	50
55	77	102	501	503	

Маршрутки

1	6	7	9	14	15
18	20	25	27	28	29
29A	30	31A	31B	39	41
55	104	106	111		

Рис. 4. Главная страница веб-приложения

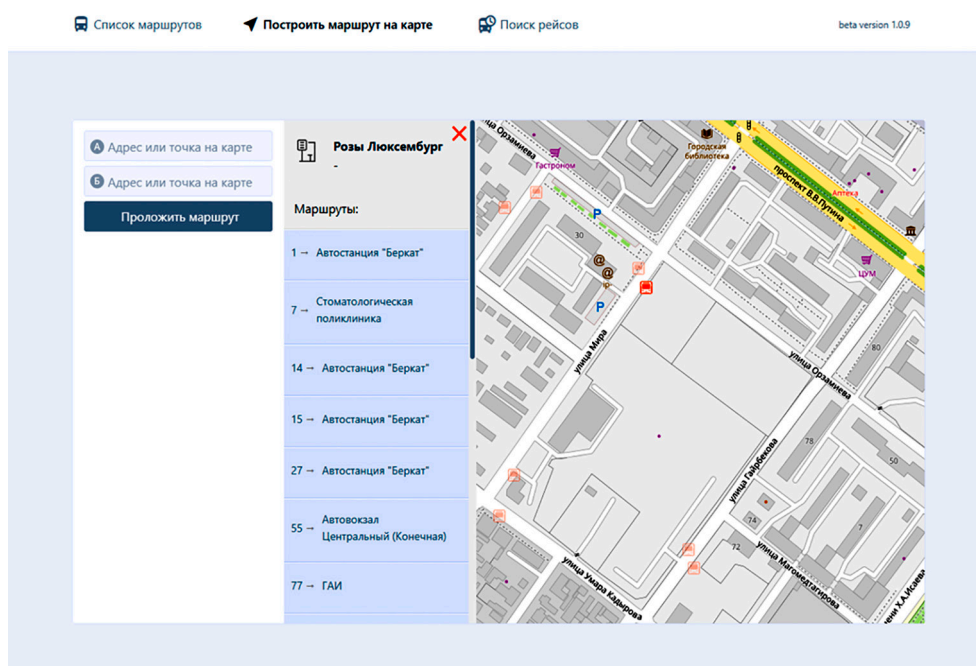


Рис. 5. Сведения об остановке

В процессе разработки веб-приложения использовались: HTML – для структурирования содержимого веб-страниц; CSS – для оформления визуального представления; JavaScript – для добавления интерактивности и динамичности; PHP – для серверной части приложения. Также для облегчения разработки был использован фреймворк Bootstrap. На рис. 4 представлена главная страница веб-приложения проекта.

Главная страница веб-приложения представляет собой интерфейс, где номера маршрутов разделены по видам общественного транспорта. В верхней части страницы реализовано меню, предоставляющее переключение между модулями веб-версии приложения. Пункты меню иллюстрированы иконками, что не только облегчает визуальное восприятие интерфейса, но и помогает пользователю ориентироваться в содержании. Ниже располагаются фильтры и поиск маршрутов. При использовании фильтров выделяется активированный пункт меню, а данные о маршрутах, не соответствующие выбранному фильтру, скрываются. В правой части интерфейса находится поиск по базе маршрутов, который позволяет пользователю быстро найти конкретный маршрут, скрывая остальные результаты.

В случае если человеку требуется просмотреть информацию о проезжающем

через определенную остановку маршрутом транспорте, то можно воспользоваться формой, представленной на рис. 5.

В заключение следует отметить, что представленная автоматизированная справочная система, состоящая из desktop-приложения для управления и веб-приложения для представления информации гражданам, представляет собой сбалансированную и интегрированную систему для эффективного управления и обслуживания общественного транспорта. Разработанный проект не только облегчит оперативные процессы, но и улучшит общественный сервис в сфере общественного транспорта.

Список литературы

1. Дьячкова О.М., Рыжова А.С., Дьячкова А.А., Безматерных К.Л. Факторы привлекательности городского общественного пассажирского транспорта // Вестник Академии знаний. 2021. № 5. С. 46–51.
2. Зарипова Р.С., Рочева О.А., Хамидуллина Ф.Р., Арбузова М.В. Внедрение цифровых технологий как фактор повышения эффективности работы транспортно-логистических систем // International Journal of Advanced Studies. 2021. № 2. С. 100–114.
3. Старушенкова Е.Е. Основные этапы проектирования баз данных // E-Scio. 2021. № 11. С. 62–68.
4. Павловская Т.А. Программирование на языке высокого уровня C#. М.: Ай Пи Ар Медиа, 2021. 245 с.
5. Торопова О.А. Анимация и веб-дизайн. М.: ЭБС АСВ, 2015. 490 с.

УДК 621.81

DOI 10.17513/snt.39906

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕЙСТВИЯ НАГРУЗОК НА ДИСКОВЫЕ ТОРМОЗА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

^{1,2}Исаев Ю.М., ^{1,2}Семашкин Н.М., ²Злобин В.А., ¹Аюгин Н.П., ²Кошкина А.О.

¹Ульяновский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, Ульяновск,
e-mail: emotion.snm@mail.ru;

²Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск

В статье рассматриваются процессы торможения летательных аппаратов, характеризующиеся высокими термическими нагрузками на фрикционные элементы. Такие данные учитываются при выборе материалов и конструктивных решений при проектировании деталей пар трения, для определения необходимого количества тормозных устройств, установленных на шасси самолета, а также прочностных характеристик тормозных колодок и для обеспечения параметрической взаимосвязи между тепловыми характеристиками деталей пары трения. В статье проведено теоретическое исследование теплового взаимодействия дисков при торможении самолета, в частности рассмотрены вопросы, связанные с тепловой нагрузкой деталей дискового тормоза, а также представлен расчет повышения температуры на фрикционной поверхности диска при экстренном торможении. Представлены графики зависимости результатов расчета повышения температуры на поверхности трения диска при экстренном торможении и изменения повышения температуры тормозного диска от времени и толщины диска при постоянном тепловом потоке. В результате оказалось, что с увеличением толщины диска и коэффициента теплопроводности материала тепловая нагрузка на тормозную систему снижается, а полученные результаты позволяют констатировать, что максимальная температура диска при экстренном торможении достигает 961°C за 50 с, а к концу торможения снижается до 927°C за 60 с.

Ключевые слова: теоретические исследования теплового взаимодействия тормозных дисков самолетов, тепловая нагрузка деталей, тепловой поток

THEORETICAL STUDIES OF THE EFFECT OF LOADS ON AIRCRAFT DISC BRAKES

^{1,2}Isaev Yu.M., ^{1,2}Semashkin N.M., ²Zlobin V.A., ¹Ayugin N.P., ²Koshkina A.O.

¹Ulyanovsk State Agrarian University named after P.A. Stolypin, Ulyanovsk,
e-mail: emotion.snm@mail.ru;

²Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk

The article discusses the braking processes of aircraft, characterized by high thermal loads on the friction elements. Such data is taken into account when choosing materials and design solutions when designing parts of friction pairs, to determine the required number of braking devices installed on the aircraft landing gear, as well as the strength characteristics of the brake pads and to ensure parametric interconnection between the thermal characteristics of the friction pair parts. The article discusses a theoretical study of the thermal interaction of discs during aircraft braking, in particular, issues related to the thermal load of disc brake parts are considered, as well as the calculation of the temperature increase on the friction surface of the disc during emergency braking. The results are presented. Graphs of the results of calculating the temperature increase on the friction surface of the disc during emergency braking and the change in the temperature increase of the brake disc depending on time and disc thickness at a constant heat flow are presented. As a result, it turned out that with an increase in the thickness of the disk and the thermal conductivity coefficient of the material, the thermal load on the brake system decreases, and the results obtained allow us to state that the maximum temperature of the brake disk is during emergency braking. When braking, it reaches 961 degrees in 50 seconds, and by the end of braking it drops to 927 degrees in 60 seconds.

Keywords: theoretical studies of the thermal interaction of aircraft brake discs, thermal load of parts, heat flow

При движении летательного аппарата, в частности при его замедлении, тормозные элементы подвергаются высокому температурному воздействию, в связи с этим для получения высокого качества торможения дисковых механизмов необходимо выявить температурные значения элементов, участвующих в этом процессе. Такие результаты исследований используются для выбора материала и конструктивного исполнения при проектировании элементов трения, для последующего знания о коли-

честве необходимых замедляющих движущих устройств, которые впоследствии будут установлены в опоры летательных аппаратов. Получаемые результаты также способствуют получению взаимосвязи между параметрами, характеризующими энергетические данные тормозного узла, и температурными характеристиками трущихся элементов.

Для исследования возможности повышения физико-механических свойств материалов, используемых в изготовлении тор-

мозных элементов, за счет технологических мероприятий будем считать, что торможение прекращается, как правило, при постоянной прижимающей силе, однако коэффициент трения фрикционных материалов, используемых в современных тормозах, изменяется в зависимости от скорости. Из-за этого тепловой расчет очень сложен. Торможение прекращается, как правило, постоянной силой давления, однако коэффициент трения фрикционных материалов, используемых в современных тормозах, изменяется нелинейно в зависимости от скорости.

Математически процесс торможения записывается в виде уравнения Фурье [1-3]:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = a \frac{\partial^2 v}{\partial z^2}, \quad (1)$$

где a – коэффициент теплопроводности материала, который определяется как $a = \lambda / (c\rho)$; λ – коэффициент теплопроводности; c, ρ – удельная теплоемкость и соответственно плотность материала для изготовления тормозных элементов; z – глубина в элементе перпендикулярно поверхности контакта трущихся тел.

Уравнение (1) показывает связь между изменением температуры со временем с ее распределением в пространстве, перпендикулярном поверхности контакта трущихся деталей.

Материал и методы исследования

Далее необходимо рассмотреть процесс торможения, взяв за пример нагрев фрикционных элементов и их полупространства тепловым потоком q , при этом сам тепловой поток математически выражается через выражение (1), имеющую граничные условия второго рода [4-6]:

$$\frac{\partial v(\infty, t)}{\partial z} = 0; \quad -\lambda \frac{\partial v}{\partial z} = q,$$

а также при начальном условии, что:

$$v(\infty, t) = v_0. \quad (2)$$

В случае неограниченной пластины. При одномерном нагреве постоянным тепловым потоком ($q = \text{const}$) тепловой режим описывается краевой задачей (1).

В теоретическом случае безразмерного элемента торможения и при равномерном прогреве, а также при постоянном тепловом потоке, т.е. $q = \text{const}$, тепловой режим будет описан уравнением (1) с граничными условиями:

$$\begin{cases} w(0) = v_0 \\ w(h) = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} B = v_0 \\ A\delta + B = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} B = v_0 \\ A = -B/h = -v_0/h \end{cases}$$

$$-\lambda \frac{\partial v(0, t)}{\partial z} = q; \quad \frac{\partial v(h, t)}{\partial z} = 0,$$

и начальным условием:

$$v(z, 0) = v_0. \quad (3)$$

Рассмотрим решение данной задачи (1) с граничными условиями первого рода на диске: при $z = 0$; $v_x = v_0$, где v_0 – начальная температура – является известной.

Тогда для граничных условий при необходимой толщине материала возьмем:

$$z = h; \quad v_x = 0.$$

А в качестве начального условия:

$$t = 0; \quad v_x = 0, \quad (0 < z < h),$$

где v_0 – начальная температура (известная).

Дифференциальное уравнение с начальными и граничными условиями представляет собой параболическое уравнение.

Таким образом, уравнение (1) с граничными и начальными условиями представляет собой математическую модель рассматриваемого нестационарного процесса. Для этого заменим функцию:

$$v(z, \tau) = u(z, \tau) + w(x), \quad (4)$$

где $w''(z) = 0$ и $w(z)$ которые должны удовлетворять граничным условиям

$$w(0) = v_0; \quad w(h) = 0, \quad (5)$$

при этом функция $u(x, \tau)$ должна удовлетворять условию:

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \nu \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}, \quad (6)$$

которая имеет однородные граничные условия:

$$u(0, \tau) = 0; \quad u(h, \tau) = 0, \quad (7)$$

а также начальные условия, которое найдется из

$$v_x(z, 0) = u(z, 0) + w(z) = 0,$$

откуда $u(z, 0) = -w(z)$. (8)

Рассмотрим уравнение Лапласа в дифференциальном виде:

$$\partial^2 w / \partial z^2 = 0, \quad (9)$$

которое также соответствует граничным условиям (5).

При этом результат решения уравнения (3) запишем в виде $w = Az + B$; с учетом граничных условий вычислим значения A и B .

Получим, что:

$$w(z) = \nu_0 \frac{z}{h} + \nu_0 = \nu_0 \left(1 - \frac{z}{h} \right).$$

Найдем решение уравнения (6), которое имеет однородные граничные условия (7), а также начальные условия (8):

$$u(z, 0) = -w(x) = \nu_0 \left(1 - \frac{z}{h} \right) \quad (10)$$

Для решения уравнения (6) необходимо получить произведения пары функций, причем одна является функцией зависимости от τ , другая от x .

Такое решение называется методом разделения переменных:

$$u = u(z, \tau) = \phi(\tau) \cdot \psi(x) \quad (11)$$

После подстановки уравнения (11) в дифференциальное уравнение получим:

$$\frac{\phi'(\tau)}{\nu\phi(\tau)} = \frac{\psi''(x)}{\psi(x)} \quad (12)$$

Такое может быть, если оба отношения равны постоянному числу λ :

$$\frac{\phi'(\tau)}{\nu\phi(\tau)} = \frac{\psi''(x)}{\psi(x)} = -\lambda \quad (13)$$

В результате решения уравнений получим:

$$\phi'(\tau) + \lambda\nu\phi(\tau) = 0 \Rightarrow \phi(\tau) = C_k \exp(-a\lambda\tau);$$

$$\psi''(z) + \lambda\psi(z) = 0 \Rightarrow \psi(x) = C_1 \cos\sqrt{\lambda}z + C_2 \sin\sqrt{\lambda}z;$$

$$\psi(0) = C_1 = 0 \Rightarrow C_1 = 0 \quad \psi(h) = C_1 \cos\sqrt{\lambda}h + C_2 \sin\sqrt{\lambda}h = 0;$$

$$C_2 \sin\sqrt{\lambda}h = 0 \Rightarrow \sqrt{\lambda} = k\pi/h \Rightarrow \psi(z) = C_2 \sin\frac{k\pi}{h}z.$$

Тогда:

$$u_k(x, \tau) = \phi(\tau) \cdot \psi(z) = \sin\frac{k\pi}{h}z \cdot C_k \exp\left(-\nu\left(\frac{k\pi}{h}\right)^2 \tau\right) \quad (14)$$

Сумму решений можно представить в виде ряда:

$$u(x, \tau) = \sum_{k=1}^{\infty} u_k(z, \tau) = \sum_{k=1}^{\infty} b_k \sin\frac{k\pi}{h}z \cdot \exp\left(-\nu\left(\frac{k\pi}{h}\right)^2 \tau\right) \quad (15)$$

Уравнение (15) по условию должно удовлетворять начальному (3):

$$u(z, 0) = \sum_{k=1}^{\infty} b_k \sin\frac{k\pi}{h}z = \nu_0 \left(1 - \frac{z}{h} \right) \quad (16)$$

$$b_k = \frac{2}{h} \int_0^h \left(\nu_0 \left(1 - \frac{z}{h} \right) \right) \sin\frac{k\pi z}{h} dz \quad (17)$$

Для нахождения коэффициентов b_k , интегрируя по частям, находим:

$$u_1 = \nu_0 \left(1 - \frac{z}{h} \right) \quad du_1 = \nu_0 / h; \quad dv_1 = \sin\frac{k\pi}{h} dz \quad v_1 = -\frac{h}{k\pi} \cos\frac{k\pi}{h} z;$$

$$b_k = \frac{2}{h} \left(-\nu_0 \left(1 - \frac{z}{h} \right) \frac{h}{k\pi} \cos\frac{k\pi}{h} z \Big|_0^h + \frac{\nu_0}{k\pi} \int_0^h \cos\frac{k\pi z}{h} dz \right);$$

$$b_k = \frac{2\nu_0}{k\pi} - \frac{2\nu_0}{(k\pi)^2} \sin\frac{k\pi}{h} z \Big|_0^h = \frac{2\nu_0}{k\pi}. \quad (18)$$

Подставляя значение b_k в (14), получим:

$$u(x, \tau) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{2v_0}{k\pi} \cdot \sin \frac{k\pi}{h} z \cdot \exp \left(-v \left(\frac{k\pi}{h} \right)^2 \tau \right) \quad (19)$$

Окончательно решение уравнения (1) будет иметь вид:

$$v_x(z, t) = v_0 \left(1 - \frac{z}{h} - \frac{2}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k} \cdot e^{-\frac{vk^2\pi^2}{h^2}t} \sin \frac{k\pi}{h} z \right) \quad (20)$$

Ограничимся двумя членами этого ряда, тогда получим:

$$v_x(z, t) = v_0 \left[1 - \frac{z}{h} - \frac{2}{\pi} \sin \frac{\pi}{h} z \cdot e^{-\frac{v\pi^2}{h^2}t} \left(1 + e^{-\frac{3v\pi^2}{h^2}t} \cdot \cos \frac{\pi}{h} z \right) \right] \quad (21)$$

Для анализа полученных зависимостей найдем отношение температур $\varepsilon(z, t) = v_x(z, t) / v_0$ по толщине диска в различные моменты времени:

$$\varepsilon = \frac{v_x(z, t)}{v_0} = \left[1 - \frac{z}{h} - \frac{2}{\pi} \sin \frac{\pi}{h} z \cdot e^{-\frac{v\pi^2}{h^2}t} \left(1 + e^{-\frac{3v\pi^2}{h^2}t} \cdot \cos \frac{\pi}{h} z \right) \right] \quad (22)$$

Результаты исследования и их обсуждение

Из формулы (22) и рисунка 1 видно, что при значениях времени t в до 10 секунд режим изменения температуры является установившимся, а изменение температуры по оси z примет вид:

$$v_x(z, t) = v_0 \left(1 - \frac{z}{h} \right) \quad (23)$$

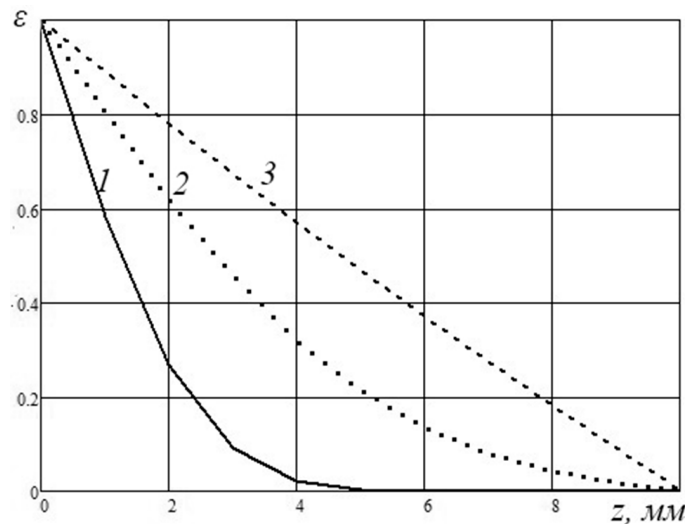


Рисунок 1 – Зависимость относительной температуры $\varepsilon = v_x / v_0$ от координаты z по температурному нагреву слоя диска в различные моменты времени:
 1 – $t = 1$ с; 2 – $t = 3$ с; 3 – $t = 10$ с.

Результаты исследований теоретического расчета изменения температуры на поверхности трения тормозного диска

Для описания процесса торможения на примере фрикционного элемента рассмотрим нагревание постоянным тепловым потоком q , который описывается краевой задачей (1) с граничными условиями второго рода [7, 8]:

$$-\lambda \frac{\partial v}{\partial z} = q; \quad \frac{\partial v(\infty, t)}{\partial z} = 0,$$

и начальным условием: $v(\infty, t) = v_0$.

Решение данной задачи описывается следующими зависимостями:

$$v(\eta, Fo) - v_0 = \frac{(1-\alpha) q_0 K h}{\lambda} \theta'(\eta, Fo) - \frac{(1-\alpha) q_0 K h^3}{\lambda a t_1} \theta''(\eta, Fo), \quad (24)$$

$$\text{где } \alpha = \frac{K \cdot \sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1}}{K \cdot \sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1} + \sqrt{\lambda_2 c_2 \rho_2}}$$

$$\theta'(\eta, Fo) = Fo - \eta + \frac{\eta}{2} + \frac{1}{3} + \sum_{n=1}^{\infty} A'_n \cos(\mu_n(1-\eta)) \cdot \exp(-\mu_n^2 \cdot Fo) \quad (25)$$

$$\theta''(\eta, Fo) = \frac{Fo^2}{2} + \frac{Fo}{3} + \frac{Fo \cdot \eta^2}{2} - Fo \cdot \eta - \eta + \frac{\eta}{2} + \frac{\eta^4}{24} - \frac{\eta^3}{6} - \frac{\eta^2}{6} - \frac{1}{45} - \sum_{n=1}^{\infty} A'_n \cos(\mu_n(1-\eta)) \cdot \exp(-\mu_n^2 \cdot Fo), \quad (26)$$

где $Fo = at_1 / h^2$, $\mu_n = n \cdot \pi$, $A'_n = (-1)^{n+1} 2 / \mu_n^2$, $A''_n = (-1)^{n+1} 2 / \mu_n^4$, $a = \lambda / (c \cdot \rho)$, $K = A_1 / A_2$.

Также на основе поставленной задачи был проведен тепловой расчет тормозного диска на примере пары трения «тормозной диск и тормозная колодка».

Расчеты проводились для диска, так как его материал имеет гораздо большую теплопроводность, чем материал колодок, и, соответственно, подвергается большим термическим нагрузкам. Тормозной диск изготовлен из стали. Толщина диска 40 мм. Внешний диаметр диска составляет 640 мм.

Тормозная колодка изготавливается из металлокерамического материала. Площадь ее 364 см². Толщина материала составляет 22 мм, при этом минимальная толщина материала для эксплуатации составляет

5 мм. Коэффициент трения этой пары трения равен 0,3.

Во время экстренного торможения сила нажатия колодки на диск остается постоянной. Примем, что скорость трения $V(t)$ и интенсивность тепловыделения при трении $q(t)$ изменяются линейно в зависимости от времени торможения t [9, 10]:

$$\begin{cases} V(t) = V_0 \cdot (1-t/t_1); \\ q(t) = q_0 \cdot (1-t/t_1), \end{cases} \quad (27)$$

где V_0 – скорость трения в начале торможения; t_1 – время торможения.

На поверхности трения $\eta = 0$ среднее приращение температур диска определяется как [11, 12]:

$$v(0, Fo) - v_0 = \frac{(1-\alpha) q_0 K h}{\lambda} \theta'(0, Fo) - \frac{(1-\alpha) q_0 K h^3}{\lambda a t_1} \theta''(0, Fo); \quad (28)$$

$$\theta'(0, Fo) = Fo + \frac{1}{3} + \sum_{n=1}^{\infty} A'_n \cos(\mu_n(1-\eta)) \cdot \exp(-\mu_n^2 \cdot Fo); \quad (29)$$

$$\theta''(0, Fo) = \frac{Fo^2}{2} + \frac{Fo}{3} - \frac{1}{45} - \sum_{n=1}^{\infty} A'_n \cos(\mu_n(1-\eta)) \cdot \exp(-\mu_n^2 \cdot Fo), \quad (30)$$

где $\alpha = 0,092$ – коэффициент распределения теплового потока на колодку из тормозного механизма; $1 - \alpha = 0,908$ – коэффициент распределения теплового потока в тормозной диск; $q(t) = 11565$ (кВт/м²) – интенсивность тепловыделения на пятой секунде торможения; $h_2 = 0,02$ м – толщина тормозного диска;

$K = 0,0364 / 0,1685 = 0,216$ – коэффициент взаимного перекрытия колодки и диска; $\lambda_2 = 43$ Вт/(м·град) – теплопроводность диска.

Исследования теоретического расчета температур на поверхности трения диска при экстренном торможении приведены на рисунках 2 и 3.

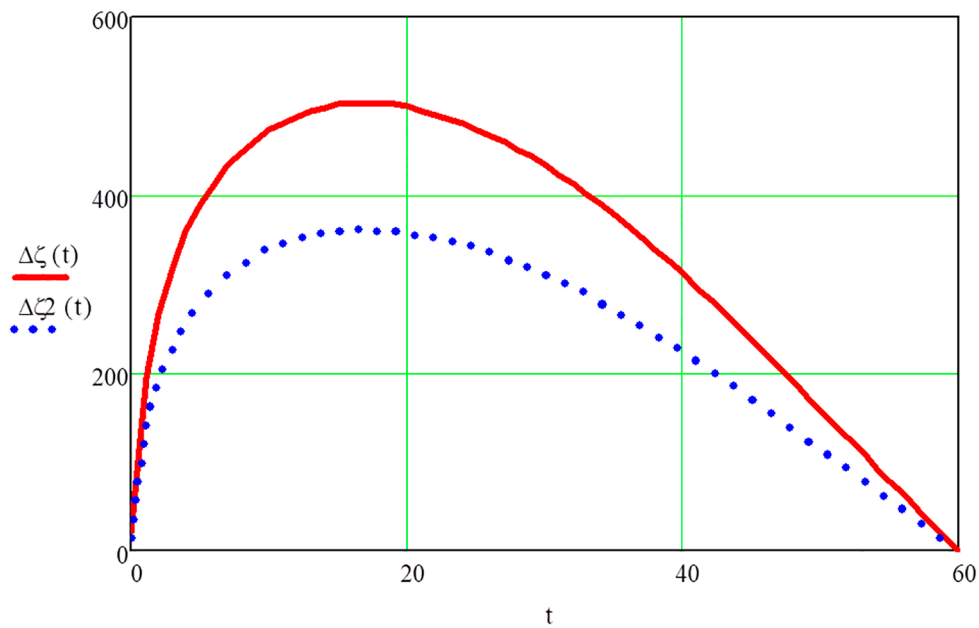


Рис. 2. Изменение приращений температур тормозного диска в зависимости от времени и коэффициента теплопроводности при переменном тепловом потоке: $\lambda_2 = 43 \text{ Вт/(м·град)}$ – сплошная линия; $\lambda_2 = 60 \text{ Вт/(м·град)}$ – пунктирная линия

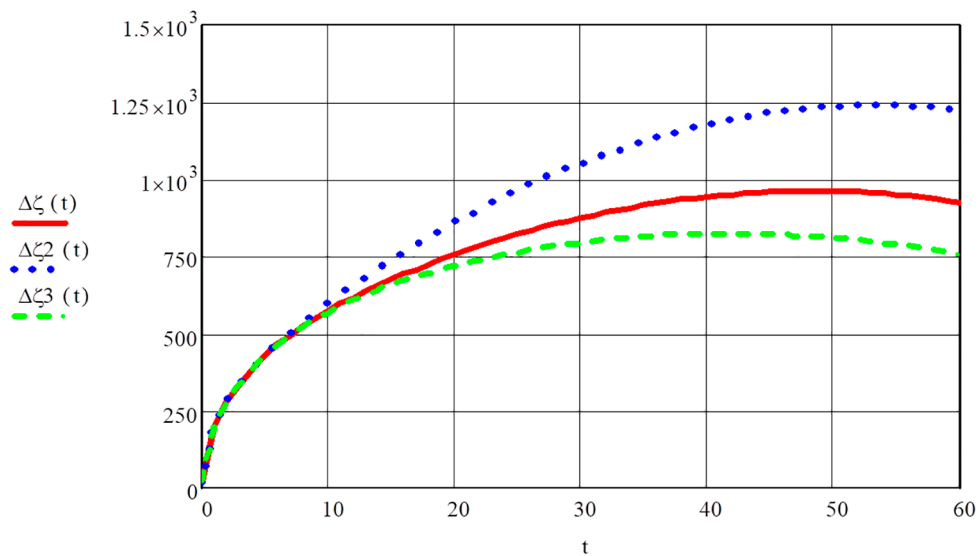


Рис. 3. Изменение приращений температур тормозного диска в зависимости от времени и толщины диска при постоянном тепловом потоке: $h_2 = 20 \text{ мм}$ – сплошная линия; $h_2 = 25 \text{ мм}$ – пунктирная линия; $h_2 = 15 \text{ мм}$ – штрих-пунктирная линия

Заключение

Из графиков на рисунках 2 и 3 видно, что при увеличении толщины диска и коэффициента теплопроводности материала тепловая нагрузка на тормозную систему уменьшается.

Полученные результаты позволяют констатировать, что максимальная температура тормозного диска при $h_2 = 20 \text{ мм}$ дости-

гает 961°C за 50 с при экстренном торможении, а к концу торможения снижается до 927°C за 60 с . При этом в начальный момент торможения, на 5-й секунде температура вырастает до 388°C .

Список литературы

1. Isaev Y.M., Semashkin N.M., Zlobin V.A. Motion patterns of a material particle on a helical surface // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2020. Т. 15, № 5. С. 1-4.

2. Жильцов С.Н., Крючин Н.П., Артамонов Е.И., Сазонов Д.С. Результаты лабораторных исследований по совершенствованию режимов газотермического напыления // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (75). С. 106-109.
3. Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Злобин В.А. Теоретическое описание перемещения частицы винтовой поверхностью по плоскости // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. 2015. С. 44.
4. Исаев Ю.М., Семашкин Н.М., Злобин В.А. Распределение скоростей перемещения сыпучих материалов в спирально-винтовых устройствах // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2010. № 18. С. 258-263.
5. Морозов А.В., Кнуров А.А., Хабиева Л.Л. Исследование осевого усилия при объемном электромеханическом дорновании // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2 (62). С. 208-214.
6. Сабиев У.К., Сабиев И.У. Экспериментальное подтверждение эффективного снижения коэффициентов трения сыпучих кормов при вибрации // Перспективы технического сервиса для предприятий АПК: материалы Региональной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО "Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина". Ответственный за выпуск Остроумов В.Л. Омск, 2013. С. 64-67.
7. Федоренко И.Я., Сабиев У.К. Особенности проявления эффективного снижения трения в лотковых вибрационных дозаторах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. № 6 (80). С. 82-85.
8. Ashraf M.U., Naeem M., Javed A., Ilyas I. H2E: a privacy provisioning framework for collaborative filtering recommender system // International Journal of Modern Education and Computer Science. 2019. Т. 11, № 9. С. 1-13.
9. Крючин Н.П., Горбачев А.П. Исследование гасителя воздушного потока // Перспективные разработки и прорывные технологии в АПК: сборник материалов Национальной научно-практической конференции. 2020. С. 38-42.
10. Морозов А.В., Кнуров А.А., Хабиева Л.Л. Исследование осевого усилия при объемном электромеханическом дорновании // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 2 (62). С. 208-214.
11. Морозов А.В., Кнуров А.А., Хабиева Л.Л. Влияние режимов объемного электромеханического дорнования на увеличение наружного диаметра посадочной поверхности // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1 (61). С. 197-202.
12. Салахутдинов И.Р., Глущенко А.А., Хохлов А.Л. Теоретическое обоснование снижения интенсивности кавитационного изнашивания стенок гильзы цилиндров нанесением антикавитационного покрытия // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 2 (58). С. 18-24.

УДК 519.2:519.6
DOI 10.17513/snt.39907

О ПОИСКЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СТРАТЕГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Кондрашова Е.В., Шепелев А.С.

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет», Москва,
e-mail: elizavetakondr@gmail.com, anton.shepelev123@gmail.com

Целью данной работы является разработка оптимальной стратегии управления моделью надежности технической системы, учитывающей мгновенную индикацию отказа и экономические показатели системы. Исследование основано на теории управляемых полумарковских процессов. В рамках исследования проводится построение функционала накопления на траекториях управляемого полумарковского процесса, который служит инструментом для поиска оптимальной стратегии управления системой. Этот функционал учитывает различные функции распределения, которые описывают работу системы. В процессе работы была получена аналитическая формула функционала накопления технической системы с мгновенной индикацией отказа. Эта формула позволяет определить оптимальную стратегию управления временем проведения ремонтных работ, учитывая выбранные функции распределения, а также коэффициенты дохода и расходов системы, которые могут быть варьируемыми. Исследование показало, что выбор функции распределения влияет на оптимальную стратегию управления системой. Данный подход позволяет учесть сложности и неопределенности работы технической системы, а также выбрать наиболее эффективную стратегию управления. Исследование имеет практическое применение и может быть использовано для оптимизации управления надежностью технических систем в различных областях промышленности и экономики. Полученные результаты могут быть применены в различных отраслях промышленности для оптимизации управления системами и повышения их эффективности.

Ключевые слова: стратегии управления, оптимизация, управляемый полумарковский процесс, технические системы, модели надежности

ABOUT FINDING OPTIMAL STRATEGIES FOR MANAGING TECHNICAL SYSTEMS

Kovdrashova E.V., Shepelev A.S.

National Research Moscow State Construction University, Moscow,
e-mail: elizavetakondr@gmail.com, anton.shepelev123@gmail.com

The purpose of this work is to develop an optimal strategy for managing the reliability model of the technical system, taking into account the instant indication of failure and economic indicators of the system. The study is based on the theory of controlled semi-Markov processes. As part of the study, the accumulation functionality is built on the trajectories of the controlled semi-markov process, which serves as a tool for finding the optimal system control strategy. This functionality takes into account various distribution functions that describe the operation of the system. In the process of operation, the analytical formula of the technical system accumulation functionality with instantaneous failure indication was obtained. This formula allows you to determine the optimal strategy for managing the repair time, taking into account the selected distribution functions, as well as the system revenue and expense ratios, which can be variable. The study found that the choice of distribution function influences the optimal strategy for managing the system. This approach allows you to take into account the complexity and uncertainties of the technical system, as well as choose the most effective management strategy. The study has practical applications and can be used to optimize reliability management of technical systems in various fields of industry and economics. The obtained results can be applied in various industries to optimize the management of systems and increase their efficiency.

Keywords: management strategies, optimization, controlled semi-markov process, technical systems, reliability models

В условиях быстро меняющейся среды внедрение новых технологий автоматизации требует разработки оптимальных стратегий управления различными техническими системами. С увеличением отказов возникают значительные экономические потери, что представляет серьезную угрозу для промышленного и гражданского производства. Для обеспечения эффективности новых и усовершенствования старых систем и компонентов активно используются математические подходы, такие как теория

надежности, теория вероятностей, математическая статистика и теория случайных процессов.

Основные задачи, решаемые в рамках теории надежности как самостоятельной научной дисциплины, включают анализ процессов, происходящих в системах и их компонентах под влиянием внутренних и внешних факторов; разработку методов оптимального расчета надежностных показателей объектов; прогнозирование отказов и рекомендации по их устранению; опре-

деление корреляционных связей между показателями надежности системы; изучение и анализ показателей безопасности, надежности и долговечности; определение сроков и объемов технического обследования в процессе эксплуатации.

Исследования, связанные с этой областью, проводятся регулярно и постоянно совершенствуются. Приведем ряд публикаций, в которых авторы исследуют возможность оптимизации технических систем.

В работе В.М. Волкова и А.А. Миронова [1] основным вопросом изучения является возможность оптимизации процедуры неразрушающего контроля.

В статье И.У. Альберта, С.Г. Шульмана [2] авторы используют вероятностный подход, который позволяет оценить надежность каждого элемента системы конструкции отдельно с помощью параметрического и структурно-логического аппарата теории надежности.

При разработке различных строительных систем сразу решается несколько задач, включая оптимизацию элементов конструкции и учет вероятности их функционирования в течение определенного периода времени [3].

Оценка надежности технических систем может быть выполнена двумя способами: первый – с использованием математического аппарата, основанного на законах распределения, второй – с помощью моделирования готовой системы и проведения различных симуляций [4].

Математическая оценка является быстрым и недорогим способом, но у нее есть недостатки. Она требует знания вероятностей отказов всех элементов системы для достижения точных результатов. Такая информация часто отсутствует для систем, смоделированных на компонентном уровне. Однако у моделирования системы также есть свои ограничения, связанные с ограниченным объемом памяти. Поэтому возможным решением проблемы может быть комбинирование сильных сторон обоих методов и разработка компьютерной программы на их основе.

Существуют различные методы надежной минимизации рисков отказов [5, 6], которые используются для снижения рисков отказов. Изучение моделей эволюции систем надежности может производиться в определенном временном промежутке с использованием полумарковских процессов. Характеристики полумарковских процессов являются параметрами и характеристиками надежности системы [7].

В анализе надежности системы часто используется количественный показатель

организационно-технологической надежности, который имеет вероятностный характер [8]. С использованием элементарных операций теории вероятности проводится анализ надежности разработки решений и обеспечение надежности функционирования системы [8].

Расходы на эксплуатацию, изготовление и ремонт случайных неисправностей играют все большую роль в оценке надежности и вопросе оптимизации стоимости технической системы [9]. Традиционные модели надежности не всегда могут полностью описать работу системы, поэтому может потребоваться их корректировка в зависимости от конкретной задачи.

Например, в статье «Исследование возможности определения вероятности безотказной работы, распределенной радиопеленгационной системы наблюдения с учетом деградации» [10] авторов А.П. Журкова, Д.В. Мирошниченко и др. интенсивность отказов заменяется функцией, связанной со стохастическими наработками и коэффициентами деградации. Данные изменения позволяют вычислить вероятностное значение после n -го восстановления.

В работе «Estimation of Stress-Strength Reliability Model Using Finite Mixture of M-Transformed Exponential Distributions» [11] авторы Adil H. Khan и T.R. Jan исследуют надежность по напряжению и прочности с использованием экспоненциального распределения и его модификации. Изучение показало, что в случае двухкомпонентной системы надежность может иметь как монотонно возрастающую, так и монотонно убывающую функцию, в зависимости от значений параметров. Правильный выбор исходных данных с использованием метода максимального правдоподобия может привести к достижению высоких показателей надежности.

Оценка надежности может быть сложной, особенно при наличии большого числа компонентов в системе, но применение полумарковской модели может значительно упростить анализ [12]. В исследовании J. Soszynska [12] предлагается определение точных и предельных функций надежности при различных условиях эксплуатации, а также строится совместная модель функционирования системы на основе полумарковского процесса и многосоставной совокупности надежности и риска. Результатом данного исследования является разработка оптимальной модели, которая позволяет анализировать работоспособность системы с учетом изменений в структуре надежности в процессе эксплуатации.

Вместе с традиционными моделями надежности широко используются и их изменения, которые адаптированы для конкретных задач. Особый акцент делается на информатизацию и компьютерное моделирование надежности, с использованием математических методов и программного обеспечения. Оценка надежности активно исследуется на стадиях проектирования и эксплуатации, а также учитывается финансовый аспект системы, включая доходы и расходы системы.

Целью работы является построение оптимальной стратегии управления модели надежности технической системы с мгновенной индикацией отказа с учетом экономических показателей системы. В работе определяется оптимальная стратегия управления системой при выборе различных функций распределения, характеризующих работу системы.

Материалы и методы исследования

Часто при разработке математических моделей вводится понятие стратегии. Под стратегией подразумевается правило принятия конкретных решений, то есть управление системой.

Для управляемого случайного процесса ставится задача выбора оптимальной стратегии управления. Так как количественный показатель качества управления должен иметь связь с конкретной траекторией течения процесса, каждой траектории необходимо поставить в соответствие число, характеризующее качество управления. Это означает, что на траекториях случайного процесса строится некоторый функционал.

Для построения управляемого полумарковского процесса применим следующий алгоритм [13, с. 139; 14, с. 545]: сначала определяем марковские моменты, затем

определяем состояния системы, далее определяется множество управлений системы и, наконец, проводится построение управляемого полумарковского ядра.

Известно, что для задания управляемого полумарковского процесса задается трехмерная марковская цепь

$$(\xi_n, \theta_n, u_n), n \geq 0, \xi_n \in E, \theta_n \in R^+ = [0, \infty), u_n \in U.$$

Во введенных обозначениях считаем:

– $E = \{e_1, e_2, \dots, e_N\}$, $N < \infty$ – конечное множество состояний (в дальнейшем часто множество E будем отождествлять с множеством $E = \{1, 2, \dots, N\}$, $N < \infty$), первая компонента ξ_n однородного управляемого процесса марковского восстановления принимает дискретные значения из этого множества;

– $R^+ = [0, \infty)$ – множество положительных действительных чисел, поэтому вторую компоненту θ_n однородного управляемого процесса марковского восстановления отождествляем со временем, на пространстве $R^+ = [0, \infty)$ задаем борелевскую σ -алгебру;

– U – есть пространство управлений с σ -алгеброй A подмножеств этого пространства.

Однородная марковская цепь (ξ_n, θ_n, u_n) определяется переходными вероятностями

$$P \left\{ \xi_{n+1} = j, \theta_{n+1} < t, u_{n+1} \in \frac{B}{\xi_n} = i, \theta_n = \tau, u_n = u \right\},$$

$$i, j \in E, t, \tau \in R^+, u \in U, B \in A$$

и начальным распределением

$$p_i = P\{\xi_0 = i, \theta_0 < \infty, u_0 \in U\}.$$

Марковская цепь задается переходными вероятностями, которые называются полумарковским ядром $\hat{Q}_{ij}(t, B)$:

$$P\{\xi_{n+1} = j, \theta_{n+1} < t, u_{n+1} \in B | \xi_n = i, \theta_n < \tau, u_n \in A\} = P\{\xi_{n+1} = j, \theta_{n+1} < t, u_{n+1} \in B | \xi_n = i\} = \hat{Q}_{ij}(t, B),$$

для которого выполняется ряд свойств, в том числе:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \sum_{j \in E} \hat{Q}_{ij}(t, B) = P\{u_{n+1} \in B | \xi_n = i\} = G_i(B),$$

$$i \in E = \{1, 2, \dots, N\} \text{ и } \hat{Q}_{ij}(t, B) \leq G_i(B), i, j \in E = \{1, 2, \dots, N\}.$$

$\hat{Q}_{ij}(t, B)$ порождает условную меру в пространстве управлений. По теореме Радона – Никодима, если $\hat{Q}_{ij}(t, B) \leq G_i(B)$, то существует функция $Q_{ij}(t, u)$ такая, что

$$\hat{Q}_{ij}(t, B) = \int_{u \in B} Q_{ij}(t, u) G_i(du).$$

Для построения полумарковского ядра воспользуемся следующим определением. Полумарковское ядро – условная вероятность того, что полумарковский процесс перейдет в состояние j и время до этого перехода не превысит t при условии, что процесс пребывает в состоянии i и в этом состоянии принято решение из множества управлений:

$$Q_{ij}(t, U) = P\{\xi_{n+1} = j, \theta_{n+1} < t | \xi_n = i, u_n = u\}. \quad (1)$$

Таким образом, управляемый полумарковский процесс может быть задан с помощью задания семейств матриц $Q_{ij}(t, u)$ и вектора набора вероятностных мер G_j .

Рассматривается модель с мгновенной индикацией отказа, то есть полагаем, что отказ проявляется мгновенно. Введем обозначения: ξ – время безотказной работы, η – время, через которое принудительно заменяется элемент системы.

Тогда функции распределения имеют вид

$$P(\xi < x) = F(x), \quad P(\eta < x) = G(x) \quad (2)$$

Описание обслуживания заключается в следующем: если $\eta > \xi$, то в системе происходит внеплановое, аварийное, полное обновление в момент ξ ; если $\eta < \xi$, то в системе в момент η проводится плановое, предупредительное, полное обновление системы.

Среди профилактических работ в системе возможны следующие: плановый ремонт, аварийный ремонт.

В качестве марковских моментов рассматривается последовательность моментов начала и окончания восстановительных работ.

Множество состояний системы задается следующим образом: $E = \{0, 1, 2\}$, где $\{0\}$ – система пребывает в работоспособном состоянии, $\{1\}$ – система пребывает в плановом ремонте, $\{2\}$ – система пребывает во внеплановом аварийном ремонте.

Определим множество управлений. В состоянии $\{0\}$ в качестве множества управления можно задать: $U_0 \in [0, +\infty)$, то есть определяется время, через которое проводится восстановительная работа (любое из заданного промежутка). В состояниях $\{1\}$, $\{2\}$ никаких решений не принимается, таким образом: $U_1 \in \emptyset$, $U_2 \in \emptyset$.

Матрица полумарковского ядра $Q_{ij}(t, u)$ имеет вид

$$\begin{pmatrix} Q_{00}(t, u) & Q_{01}(t, u) & Q_{02}(t, u) \\ F_1(t) & 0 & 0 \\ F_2(t) & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где

$$Q_{00}(t, u) = 0$$

$$Q_{01}(t, u) = \begin{cases} 0, & t < u \\ 1 - F(u) = \bar{F}(u), & t > u \end{cases} \quad (4)$$

$$Q_{02}(t, u) = \begin{cases} F(t), & t < u \\ F(u), & t > u \end{cases}. \quad (5)$$

Для переходов, в которых отсутствует зависимость от управления, верны равенства

$$Q_{10}(t, u) = P\{\gamma_1 < t\} = F_1(t), \quad (6)$$

$$Q_{20}(t, u) = P\{\gamma_2 < t\} = F_2(t). \quad (7)$$

При проверке свойств полумарковского ядра нетрудно заметить, что

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \sum_{j \in E} Q_{ij}(t, u) = 1, \quad (8)$$

где $p_{ij} = \lim_{t \rightarrow \infty} Q_{ij}(t, u)$, $i, j \in E = \{0, 1, 2\}$.

Таким образом, полумарковское ядро построено верно.

Результаты исследования и их обсуждение

Чтобы количественно оценить качество управления, необходимо установить связь с конкретной траекторией процесса. Для этого каждой траектории назначается числовое значение, отражающее качество управления. Это означает, что на основе траекторий процесса строится некий функционал. Хотя возможность появления конкретной траектории связана с вероятностью, функционал, который представляет его значение, является случайной величиной. Поэтому можно воспользоваться числовыми показателями, такими как математическое ожидание, которые позволяют установить порядок на множестве таких показателей. Построим функционал: траектории или ее части в соответствие ставится число.

Для построения функционала накопления найдем функции $R_{ij}(t, u)$, которые есть математическое ожидание накопленного эффекта (дохода) за весь период t , при условии, что процесс находится в состоянии i , следующим состоянием будет состояние j , при условии, что в момент перехода было принято решение u .

Для построения функции $R_{ij}(t, u)$ необходимо ввести величины, определяющие доходы и расходы системы: c_0 – доход за единицу времени, c_i – расход за единицу времени, $i = 1, 2$.

$$R_{01}(t, u) = R_{02}(t, u) = c_0 t, \quad (9)$$

$$R_{10}(t, u) = c_1 t, \quad c_1 < 0, \quad (10)$$

$$R_{20}(t, u) = c_2 t, \quad c_2 < 0. \quad (11)$$

Данные показатели и их количество могут варьироваться в зависимости от системы и цели исследования.

По формуле полного математического ожидания получаем систему интегральных уравнений [14]:

$$s_i(t) = \sum_{j \in E} \int_{u \in U_i} \left\{ \int_0^t R_{ij}(x, u) dQ_{ij}(x, u) + \int_t^\infty R_{ij}(x, t, u) dQ_{ij}(x, u) \right\} G_i(du). \quad (12)$$

Нахождение математического ожидания s_i накопленного дохода за полный период пребывания процесса в состоянии i выполняется по формуле [13]:

$$s_i = \lim_{t \rightarrow \infty} s_i(t) = \sum_{j \in E} \int_{u \in U_i} \int_0^\infty R_{ij}(x, u) d_x Q_{ij}(x, u) G_i(du). \quad (13)$$

Соответственно, для $i = 0, 1, 2$ имеем

$$s_0 = c_0 \int_0^\infty \bar{F}(t) \bar{G}(t) dt, \quad (14)$$

$$s_1 = c_1 \int_0^\infty \bar{F}_1(t) dt, \quad (15)$$

$$s_2 = c_2 \int_0^\infty \bar{F}_2(t) dt. \quad (16)$$

Для того чтобы определить m_i – математическое ожидание времени непрерывного пребывания процесса в состоянии i , необходимо воспользоваться формулой [13]:

$$m_i = \sum_{j \in E} \int_0^\infty x dQ_{ij}(x) = \int_0^\infty [1 - \sum_{j \in E} Q_{ij}(x)] dx. \quad (17)$$

Соответственно, для $i = 0, 1, 2$ имеем

$$m_0 = \int_0^\infty \bar{F}(t) \bar{G}_0(t) dt, \quad (18)$$

$$m_1 = \int_0^\infty \bar{F}_1(t) dt, \quad (19)$$

$$m_2 = \int_0^\infty \bar{F}_2(t) dt, \quad (20)$$

Для нахождения аналитической формулы функционала накопления воспользуемся теоремой о виде функционала накопления, построенного на траекториях управляемого полумарковского процесса [13, 14]:

$$S = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{S_i(t)}{t} = \frac{\sum_{k \in E} S_k \pi_k}{\sum_{k \in E} m_k \pi_k}, \quad (21)$$

где $s_i, m_i < \infty$ определены равенствами выше, а π_k – стационарные вероятности распределения состояний вложенной цепи Маркова, то есть нормированное решение $\sum_{k \in E} \pi_k = 1$ алгебраической системы уравнений

$$\pi_i = \sum_{k \in E} \pi_k p_{ki}. \quad (22)$$

При решении системы получаем: $\pi_0 = \frac{1}{2}, \pi_1 = \frac{\int_0^\infty \bar{F}(u) dG(u) + 1}{2}, \pi_2 = \frac{1 - \int_0^\infty \bar{F}(u) dG(u)}{2}$.

Выражение для функционала накопления имеет следующий вид:

$$S = \frac{c_0 \int_0^\infty \bar{F}(x) \bar{G}(x) dx - c_1 \int_0^\infty \bar{F}_1(x) dx \int_0^\infty \bar{F}(x) dG(x) - c_2 \int_0^\infty \bar{F}_2(x) dx \int_0^\infty F(x) dG(x)}{\int_0^\infty \bar{F}(x) \bar{G}(x) dx + \int_0^\infty \bar{F}_1(x) dx \int_0^\infty \bar{F}(x) dG(x) + \int_0^\infty \bar{F}_2(x) dx \int_0^\infty F(x) dG(x)}. \quad (23)$$

Отметим, что по теореме о максимуме дробно-линейного функционала, если существует максимум дробно-линейного функционала [14], то он достигается на множестве вырожденных распределений, то есть оптимальная стратегия управления ищется в классе детерминированных стратегий:

$$G(x) = \begin{cases} 0, & x < u \\ 1, & x > u \end{cases}. \quad (24)$$

При подстановке вырожденного распределения в получившийся функционал получаем

$$S = \frac{c_0 \int_0^u \bar{F}(x) dx - c_1 \bar{F}(u) \int_0^\infty \bar{F}_1(x) dx - c_2 F(u) \int_0^\infty \bar{F}_2(x) dx}{\int_0^u \bar{F}(x) dx + \bar{F}(u) \int_0^\infty \bar{F}_1(x) dx + F(u) \int_0^\infty \bar{F}_2(x) dx}. \quad (25)$$

Таким образом, задача сводится к определению максимума функции $\max_{u>0} S(u)$ и точки u_0 , в которой достигается этот максимум. Значение точки максимума определяет, через какое время следует назначать ремонтные работы.

Рассмотрим поиск оптимальной стратегии для различных классических моделей надежности.

В экспоненциальной модели надежности интенсивность отказов является постоянной величиной: $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$, $\lambda > 0$, а время до наступления отказа считается непрерывной случайной величиной, которая распределена по экспоненциальному закону. Вероятностная функция отказа записывается в виде $Q(t) = 1 - e^{-\lambda t}$.

Несложная зависимость между показателями надежности, а также возможность элементарного расчета сложных систем являются основными преимуществами экспоненциальной модели. Например, ей отдается предпочтение, если производится сортировка брака перед поступлением товара в продажу.

В модели надежности Рэлея время до наступления отказа – непрерывная случайная величина, которая распределена по закону Рэлея:

$$Q(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t^2}{2\sigma^2}\right), \sigma > 0, \quad (26)$$

где σ – это определенный коэффициент распределения, у которого временная размерность. Из характерной формы интенсивности определяются условия для применения данной модели – это отказы систем механики (из-за сил трения интенсивность постоянно растет) или моделирование процессов износа.

В модели надежности Вейбулла время до отказа – это непрерывная случайная величина, имеющая распределение Вейбулла:

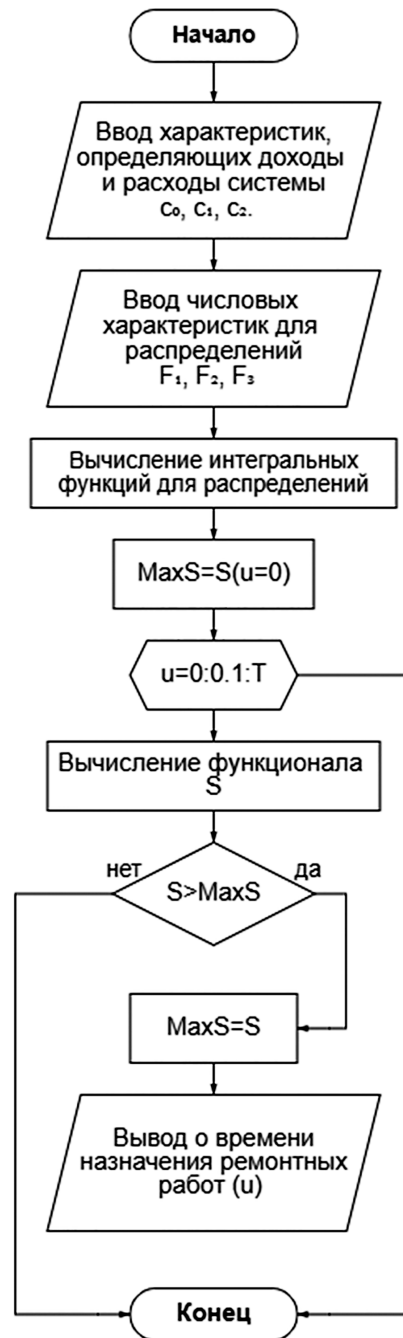
$$Q(t) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right], \quad (27)$$

$\eta, \beta > 0$, где β – безразмерный параметр формы, η – параметр масштаба, измеряемый в единицах времени (часах).

Форменный параметр β в большей степени влияет на характер функций плотности и интенсивности отказов: при $\beta > 1$ происходит монотонное возрастание функции интенсивности, а функция плотности имеет характерный «горб»; при $\beta < 1$ происходит монотонное убывание функции интенсивности и функции плотности отказов.

Своеобразная простота модели надежности Вейбулла сделала ее профессиональным стандартом качества в области надежности. Она имеет свои недостатки, но при этом широко применяется для анализа и расчета надежностных показателей технических систем.

Для примера нахождения оптимальной стратегии рассмотрим несколько вариантов распределений рассматриваемой системы.



Блок-схема алгоритма решения для поиска оптимальной стратегии в технической системе с мгновенной индикацией отказа

Для модели с мгновенной индикацией отказа полагаем, что функция $\bar{F}(x)$ имеет распределение Вейбулла, вероятность безотказной работы которого равна

$$\bar{F}(x) = e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k},$$

где коэффициент масштаба $\lambda = 1$ (интенсивность отказов не меняется во времени), а коэффициент формы $k = 2$. Функции $\bar{F}_1(x)$ и $\bar{F}_2(x)$ имеют показательное распределе-

ние, для которого вероятность безотказной работы имеет вид $\bar{F}_{1,2}(x) = e^{-\lambda x}$, с интенсивностью $\lambda = 2, \lambda = 3$ соответственно.

В качестве показателей, определяющих расходы и доходы системы, выберем следующие произвольные числовые значения в условных единицах измерения: доход за единицу времени $c_0 = 10$ у.е., расход за единицу времени $c_1 = 3$ у.е., расход за единицу времени $c_2 = 2$ у.е.

Аналитический вид функционала для данной задачи:

$$S = \frac{c_0 \frac{\sqrt{\pi} \operatorname{erf}(u)}{2} - c_1 0,5 e^{-u^2} - c_2 0,333(1 - e^{-u^2})}{\frac{\sqrt{\pi} \operatorname{erf}(u)}{2} + e^{-u^2} + (1 - e^{-u^2})}. \quad (28)$$

Таким образом, получен функционал, зависящий от переменной, отвечающей за управление. Далее следует определить максимум функционала по u .

Приведем блок-схему (рисунок) для поиска оптимального значения и созданную по ней программную реализацию. Программная реализация может быть осуществлена по данному алгоритму в любой программной среде.

При заданных показателях при реализации программы в качестве оптимального получено значение $u = 6,1$, в котором достигается максимум данного функционала 8,5. Следовательно, через это условное время будет целесообразным назначить проведение профилактических работ. Варьируя параметрами c_0, c_1, c_2 , можно наблюдать,

как меняется значение u . Так, например, для $c_0 = 20, c_1 = 4, c_2 = 7$ значение $u = 5,9$.

При рассмотрении модели с мгновенной индикацией отказа, у которой функция $\bar{F}(x)$ имеет распределение Рэля, вероятность ее безотказной работы равна

$$\bar{F}(x) = e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}},$$

с параметром $\sigma = 2$. Функции $\bar{F}_1(x)$ и $\bar{F}_2(x)$ имеют показательное распределение, для которого вероятность безотказной работы имеет вид $\bar{F}_{1,2}(x) = e^{-\lambda x}$, где коэффициент масштаба $\lambda = 2, \lambda = 3$ соответственно.

При подстановке соответствующих распределений получаем аналитический вид функционала:

$$S = \frac{c_0 \sqrt{2\pi} \operatorname{erf}\left(\frac{u}{2\sqrt{2}}\right) - c_1 0,5 e^{-\frac{u^2}{8}} - c_2 0,333\left(1 - e^{-\frac{u^2}{8}}\right)}{\sqrt{2\pi} \operatorname{erf}\left(\frac{u}{2\sqrt{2}}\right) + e^{-\frac{u^2}{8}} + \left(1 - e^{-\frac{u^2}{8}}\right)}. \quad (29)$$

При выборе значений доходов и расходов $c_0 = 10$ у.е., $c_1 = 3$ у.е., $c_2 = 2$ у.е. оптимальное значение достигается при $u = 16,9$, в котором достигается максимум данного функционала.

Рассмотрим модель с мгновенной индикацией отказа, у которой функция $\bar{F}(x)$ имеет показательное распределение, вероятность ее безотказной работы равна $\bar{F}(x) = e^{-\lambda x}$, с интенсивностью $\lambda = 0,5$. Функции $\bar{F}_1(x)$ и $\bar{F}_2(x)$ имеют распреде-

ление Вейбулла, для которого вероятность безотказной работы имеет вид

$$\bar{F}_{1,2}(x) = e^{-\left(\frac{x}{\lambda}\right)^k},$$

где коэффициент масштаба $\lambda = 2, \lambda = 3$, коэффициенты формы $k = 3, k = 2$.

При подстановке соответствующих распределений получаем аналитический вид функционала:

$$S = \frac{c_0 \left(2 - 2e^{-\frac{u}{2}} \right) - c_1 1,785e^{-0,5u} - c_2 2,658(1 - e^{-0,5u})}{2 - 2e^{-\frac{u}{2}} + 1,785e^{-0,5u} + 2,658(1 - e^{-0,5u})}$$

При выборе значений доходов и расходов $c_0 = 10$ у.е., $c_1 = 3$ у.е., $c_2 = 2$ у.е. в результате вычислений получаем значение $u = 74,9$, в котором достигается максимум данного функционала, равный 3,15. В случае отклонения от оптимальной стратегии и выбора другого значения переменной выбранный показатель эффективности работы системы снижается. Так, например, при выборе значения $u = 5$ значение показателя будет равно 2,94.

В случае отклонения от оптимальных стратегий управления показатель эффективности работы системы снижается вне зависимости от вариантов выбранных распределений рассматриваемой системы.

Заключение

Получена аналитическая формула функционала дохода технической системы с мгновенной индикацией отказа, на ее основе возможно нахождение оптимальной стратегии управления временем проведения ремонтных работ в зависимости от выбранных функций распределения, а также показателей дохода и расходов системы, которые могут варьироваться.

Используя теорию управляемых полумарковских процессов, можно исследовать различные задачи оптимального технического обслуживания систем, как с учетом их структуры, так и без него. При этом для каждой технической системы на этапе ее разработки и конструирования должны быть регламентированы правила технического обслуживания, позволяющие функционировать системе максимально эффективно.

Список литературы

1. Волкова В.М., Миронова А.А. Построение модели надежности сварных конструкций в условиях усталости по данным неразрушающего контроля // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. № 14(5). С. 2082–2084.

2. Альберт И.У., Шульман С.Г. Вероятностная оценка надежности нескальных оснований сооружений при сейсмических воздействиях // Magazine of Civil Engineering. 2012. № 9. С. 79–132.

3. Чемодуров В.Т., Литвинова Э.В. Оптимизация и надежность строительных систем // Экономика строительства и природопользования. 2021. № 2(79). С. 111–116. DOI: 10.37279/2519-4453-2021-2-110-11.

4. Плотников Г.А., Скворода Д.В. Проблемы оценки надежности сложных технических систем // CHRONOS. 2022. Т. 6, № 11(63). С. 16–17.

5. Benchouia N., Saaidia M. Optimization and reliability of the power supply systems of a compressor station // Electrical Engineering & Electromechanics. 2021. № 2. С. 54–63. DOI: 10.20998/2074-272X.2021.2.08.

6. Manoharan M., Kavya P. A New Reliability Model and Applications // Reliability: Theory & Applications. 2022. № 1(67). С. 65–75.

7. Grabski. F. Applications of semi-Markov processes in reliability // Reliability: Theory & Applications. 2007. № 3–4. С. 60–73.

8. Sahib Farzaliev, Shaig Guluzadeh. Methods of increasing reliability to reduce the construction risks of high-rise monolithic reinforced concrete buildings // Reliability: Theory & Applications. 2022. № 4(70). С. 522–529.

9. Лабинский А.Ю. Оптимизация стоимости технической системы в зависимости от показателей надежности // Снижение рисков и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций. Обеспечение безопасности при ЧС. 2020. № 1. С. 69–75.

10. Журков А.П., Мирошниченко С.С., Матвиенко А.К., Демин А.А. Исследование возможности определения вероятности безотказной работы распределенной радиопеленгационной системы наблюдения с учетом деградации // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». 2017. Т. 2. С. 41–42.

11. Adil H. Khan and T.R. Jan. Estimation of Stress-Strength Reliability Model Using Finite Mixture of M-Transformed Exponential Distributions // Reliability: Theory & Applications. 2020. № 2(57). С. 90–103.

12. Soszynska J. Systems reliability analysis in variable operation conditions // Reliability: Theory & Applications. 2007. № 3–4. С. 186–197.

13. Каштанов В.А., Зайцева О.Б. Исследование операций (линейное программирование и стохастические модели). М.: Курс, 2019. 256 с.

14. Каштанов В.А., Медведев А.И. Теория надежности сложных систем. 3-е изд., перераб. М.: URSS, 2022. 608 с.

УДК 004.827
DOI 10.17513/snt.39908

АДАПТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КЛАССИФИКАЦИИ С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Митин Г.В., Панов А.В.

Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники (МИРЭА), Москва, e-mail: grigory.mitin@mail.ru, insegmentenew@yandex.ru

В данной работе поднимается проблема ограниченной применимости методов классификации из области машинного обучения в условиях наличия неопределенности организации входных данных. Особенно остро эта проблема проявляется при работе с потоковыми данными, вследствие невозможности предварительной оценки данных для обучения классификатора. Для преодоления означенных проблем необходимо применить технологию, способную подстраиваться под изменяющийся набор данных и производить дообучение классификатора с сохранением показателей качества и преемственности по эволюции классов. Описанная в статье реализация технологии адаптивной классификации построена на базе расширяемой цепочки бинарных классификаторов, способных к дообучению. Особые механизмы сбора статистики совпадений и неопознанных данных в процессе классификации позволяют организовать процесс дообучения составного классификатора. Особенности данного подхода являются возможность автоматизации дообучения и отсутствие потерь неопознанных данных. Наличие нескольких петель обратной связи между логическими блоками обеспечивает непрерывный контроль качества классификации и эффективное предотвращение таких проблем, как переобучение либо недообучение классификатора. Описанная технология позволяет не только работу с потоковыми данными, но и практически полную автоматизацию процесса эволюции классификатора, динамически подстраивающегося под постоянно изменяющиеся входные данные. Подобная инновационная технология имеет целый ряд преимуществ по отношению к распространенным подходам к применению методов классификации из области машинного обучения.

Ключевые слова: машинное обучение, обучение с учителем, адаптивная классификация

ADAPTIVE CLASSIFICATION TECHNOLOGY WITH FEEDBACK, BASED ON MACHINE LEARNING METHODS

Mitin G.V., Panov A.V.

Moscow State University of Information Technologies, Radio Engineering and Electronics (MIREA), Moscow, e-mail: grigory.mitin@mail.ru, insegmentenew@yandex.ru

This article raises the problem of limited applicability of classification methods based on machine learning technologies in case of uncertainty in data organization. This problem is critical for streaming data processing, due to impossibility of preliminary data analysis for classifier training. To overcome these problems, it is necessary to apply a technology that can adapt to a changing data set and retrain the classifier while maintaining quality and acceptance indicators for the evolution of classes. The implementation of adaptive classification technology described in the article is based on an extensible chain of binary classifiers capable of further training. Special mechanism for collecting statistics of coincidences and unidentified data in the classification process allows to organize retraining process of the composite classifier. The features of this approach are the possibility of automating additional training and the absence of loss of unidentified data. The presence of several feedback loops between logical blocks ensures continuous quality control of classification and effective prevention of problems such as over-training or under-training of the classifier. The described technology allows not only working with streaming data, but also almost complete automation of the classifier evolution process, dynamically adjusting to constantly changing input data. Such an innovative technology has a number of advantages in relation to common approaches to the application of classification methods from the field of machine learning.

Keywords: machine learning, supervised learning, adaptive classification

Все большее место в нашей жизни занимают технологии машинного обучения [1; 2]. Они уже используются для анализа предпочтений пользователей интернет-магазинов и социальных сетей, а также для предсказания поведения цен на бирже [2].

Возможности машинного обучения поражают. Уже существуют мощные нейросети, способные по текстовым описаниям создавать музыку, картины и даже писать программный код простых приложений.

Однако на практике использование методов машинного обучения сопряжено с рядом трудностей. Каждая прикладная задача требует выбора подходящего метода и его адаптации к специфике предметной области. Такая адаптация часто требует отдельного анализа обрабатываемых данных с целью определения их ключевых особенностей в рамках задачи, однако проведение такого анализа не всегда возможно.

Одними из наиболее распространенных методов машинного обучения стали методы классификации. Их работа состоит в распределении информационных объектов на группы – классы. Правила такого разделения задаются таблично, в виде обучающей выборки – набора примеров такого разделения.

Цель исследования – создание технологии адаптивной классификации с помощью методов машинного обучения, способной работать с потоковыми данными и автоматически реагировать на изменения входных данных с донастройкой решающего алгоритма и обратной связью по качеству классификации и необходимости дообучения.

Материалы и методы исследования

Материалы и методы исследования – при проведении исследования использованы анализ предметной области, анализ распространенных проблем методов обучения с учителем, моделирование процесса обучения классификатора.

Ограничения методов классификации

Любая неопределенность входных данных серьезно ограничивает применимость методов классификации в чистом виде. Одним из ограничивающих факторов является необходимость наличия обучающей выборки до начала работы с реальными данными. При этом качество обучающей выборки напрямую влияет на качество конечной

классификации. Обеспечение качества обучающей выборки требует предварительной оценки входных данных, что трудно осуществить на практике. При работе с потоковыми данными такая оценка практически невозможна, так как данные поступают неограниченно и, таким образом, делают любые оценки постоянно устаревающими.

Простое расширение обучающей выборки при поступлении новых данных не решает проблему, так как ведет к переобучению классификатора. Следовательно, необходим нетривиальный подход, который позволит не только обновить, но и сбалансировать обучающую выборку.

Выбор пути преодоления ограничений

Для решения проблемы обеспечения качества обучающей выборки необходим подход, собирающий информацию о распределении данных в процессе обработки. Это предполагает изменение обучающей выборки в соответствии с собранной информацией, дообучение классификатора и контроль качества классификации.

Первоначальная оценка числа классов и распределения информационных объектов в потоке данных может оказаться неверной. В связи с этим критически важно определять информационные объекты, не принадлежащие существующим классам, и быть в состоянии продолжить анализ без потери данных о них.



Рис. 1. Общая схема адаптивной классификации

Предлагаемый адаптивный подход к классификации данных предполагает наличие обратной связи от механизма, обеспечивающего автоматический контроль качества классификации (рис. 1). Контроль качества делает возможным корректное и своевременное внесение изменений в процесс классификации.

Ключом к поддержанию высокого качества классификации в потоке данных является своевременное дообучение. Информационные объекты, не опознанные как элементы существующих классов, могут быть как элементами нового, ранее неизвестного класса, так и элементами одного из известных классов, потерянных вследствие недостатка информации о реальном распределении данных. Оба случая говорят о том, что классификатор начинает устаревать и требует обновления. Кроме того, важно не допустить неконтролируемый рост обучающей выборки, так как это приведет к переобучению.

Обновление и дообучение классификатора тесно связано с обновлением обучающей выборки. Такие процессы, как сбор данных для разметки и контроль качества полученной выборки, стоит доверить алгоритмам, в то время как окончательное решение по разметке данных должен принимать человек.

На рис. 1 можно видеть две петли обратной связи. Одна из них связывает контроль качества с механизмом обучения, поддерживая качество обучения на должном уровне. Вторая соединяет механизм обучения и классификатор и позволяет автоматически обновлять классификатор во время работы.

Существующие методы классификации не поддерживают подобную функциональность.

*Реализация ключевых механизмов
адаптивной классификации
с обратной связью*

Рассмотрим ситуацию, при которой информационные объекты в потоке данных представлены векторами признаков. Подобные векторы также называют точками данных, по аналогии с материальными точками. Именно в таком формате принимают данные большинство методов машинного обучения.

Также предположим, что перед началом классификации данные проходят подготовку, включающую в себя компоновку, нормализацию и очистку от информационного шума, как показано на рис. 3. Подобные задачи могут взять на себя методы кластеризации, нацеленные на работу

в условиях информационного шума [3]. Им не требуется обучающая выборка, что делает их эффективно функционирующими в условиях не определенной заранее организации входных данных [4]. Подготовка данных с использованием методов кластеризации гарантирует, что точки данных образуют несколько групп. Метки кластеров и другая информация, полученная в процессе подготовки данных, не участвует в классификации напрямую, однако используется для облегчения работы человеку, ответственному за финальный этап разметки неопознанных данных.

Механизм работы большинства методов классификации не подразумевает возможности появления точек данных, не принадлежащих ни одному классу [5]. Для преодоления этого ограничения следует воспользоваться составным классификатором, функциональная схема которого изображена на рис. 2. Такой классификатор состоит из блоков, реализующих один из методов классификации в режиме бинарной классификации, то есть разделения входящих точек на «принадлежащие» своему классу и «не принадлежащие». Одним из кандидатов на роль такого метода является «Naive Bayes», показывающий хорошие результаты при относительно небольшой обучающей выборке и имеющий весьма ограниченный набор гиперпараметров для настройки [6].

Точка данных поступает на вход первого блока классификации. Если он опознает ее как принадлежащую своему классу, точка получает метку соответствующего класса. Если точка не была опознана как точка этого класса, она передается следующему в цепочке блоку классификации. Процесс продолжается до тех пор, пока точка не получит метку класса или пока не будут пройдены все блоки. Точки, не получившие метку класса, добавляются в список неопознанных точек данных для дальнейшего изучения.

Таким образом, классы, которым соответствуют блоки классификации, находящиеся раньше по цепочке, имеют больший приоритет, чем те, что стоят после них. Важно уточнить, что метка класса и его приоритет никак не связаны между собой. Класс с меткой «1» может быть соотнесен как с первым и самым приоритетным блоком, так и с одним из блоков в середине или в конце цепочки.

По достижении определенного числа элементов список неопознанных точек данных отправляется на разметку для обновления обучающей выборки, как показано на рис. 3.

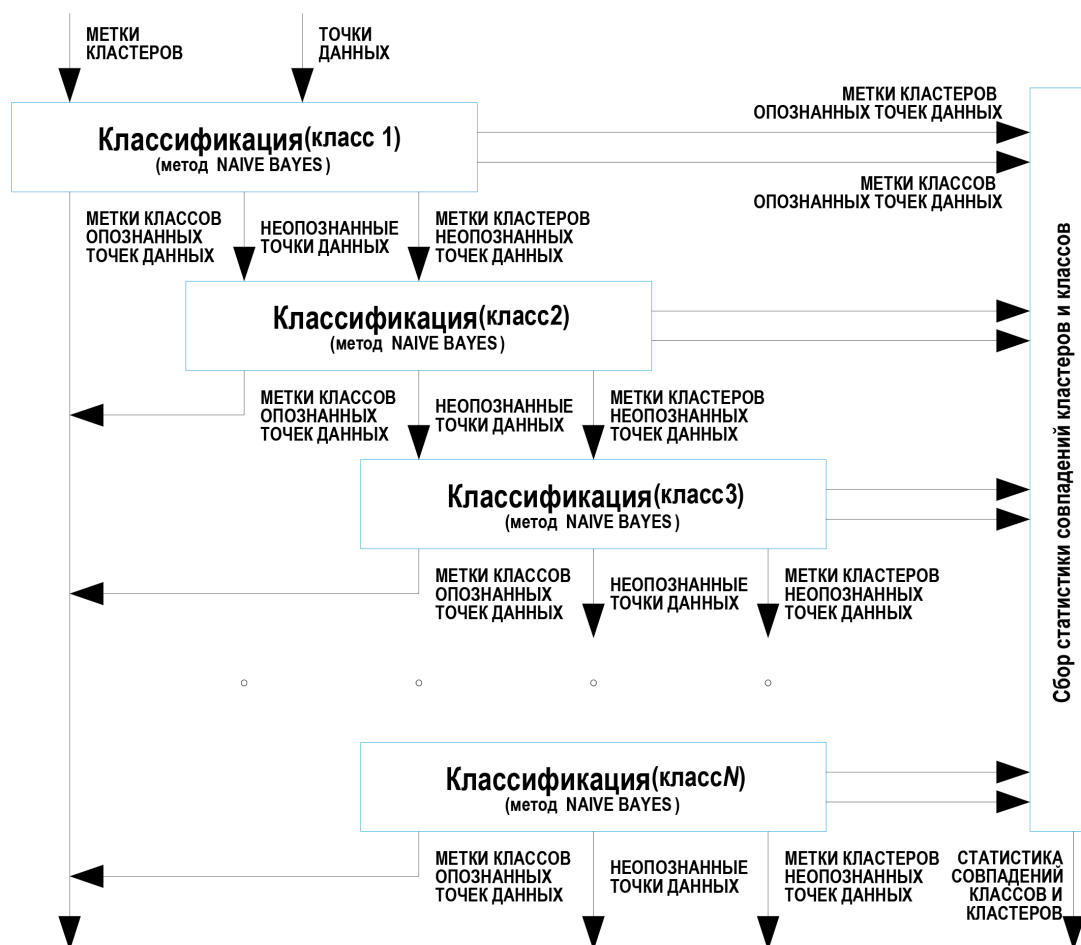


Рис. 2. Функциональная схема составного классификатора со сбором статистики

По отдельности точки данных малоинформативны. Человеку гораздо легче ориентироваться в особенностях распределения данных, когда он видит группу точек, в частности повышается вероятность обнаружения нового класса.

Также на разметку передается информация, полученная при подготовке данных, и статистика, собранная составным классификатором (рис. 3). Эти данные не только используются в качестве справочного материала для человека, но и позволяют провести предварительную разметку точек с высокой вероятностью попадания в тот или иной класс.

Размеченные точки данных добавляются в общий список размеченных точек, называемый учебным набором. Впоследствии учебный набор используется для обучения. Каждый раз, когда размер набора изменяется достаточно сильно, он проходит контроль качества по параметрам непротиворечивости и достаточного количества элементов каждого класса. Только при достижении

минимальных требований по обоим параметрам набор можно использовать.

Противоречивость учебного набора относительно отдельного класса выражается отношением числа одинаковых или очень похожих точек, принадлежащих к разным классам, к числу элементов этого класса. Чем больше этот параметр, тем сложнее классификатору отделить этот класс от других и тем чаще будут возникать конфликты между блоками классификации. Этот параметр не должен превышать порогового значения.

Параметр достаточного количества элементов призван бороться с проблемой недообучения и дисбалансом классов. Он одинаков для каждого класса и задается вручную, так как зависит от особенностей задачи и метода классификации.

Если качество учебного набора оказалось недостаточным, механизм подготовки обучающей выборки отправляет запрос получения новых данных по обратной связи с механизмом сбора неопознанных данных (рис. 3).

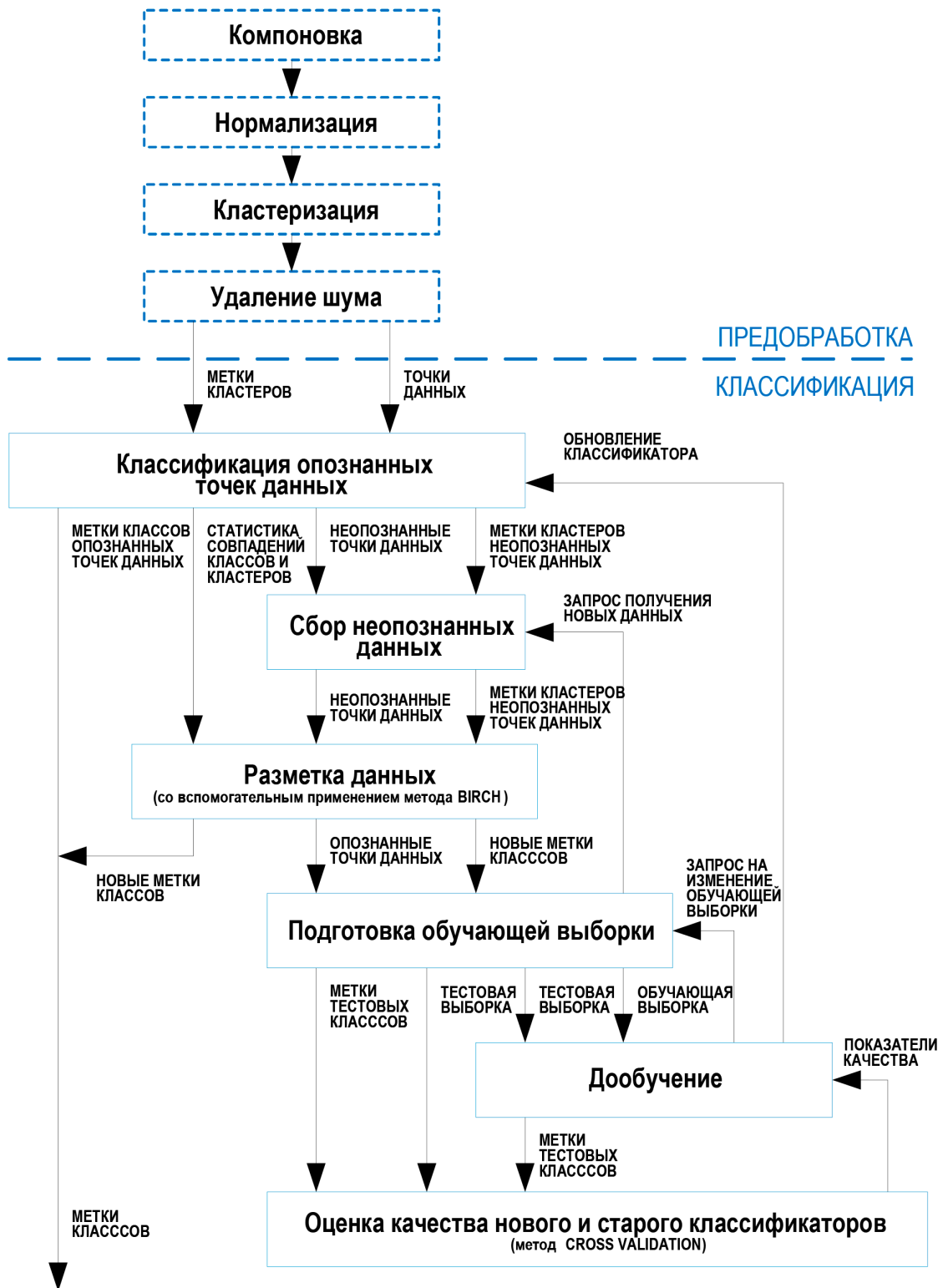


Рис. 3. Общая функциональная схема полного цикла адаптивной классификации

В ответ на него список неопознанных точек данных будет передавать данные на разметку вне очереди, пока учебный набор не достигнет требуемого качества. Этот шаг

опирается на предположение, что увеличение числа точек в учебном наборе дает более точное представление о распределении данных в потоке, и в частности о каждом классе.

Достаточно сильные изменения учебного набора говорят о необходимости обновления составного классификатора. Из данных учебного набора генерируются обучающая выборка и тестовая выборка, каждая из которых содержит элементы всех классов. Обучающая выборка используется для обучения составного классификатора и первичной проверки качества классификации. Лишь после того, как все блоки классификации покажут приемлемый результат на обучающей выборке, они допускаются до дальнейших тестов. Обучающая выборка проходит проверку, аналогичную оценке качества учебного набора. Тестовая выборка, в свою очередь, используется для итоговой проверки качества классификации. Для чистоты оценки она не должна содержать элементов обучающей выборки.

Если учебный набор изменяется не первый раз, то тестовая и обучающая выборка обязательно содержат часть точек с предыдущей итерации. Таким образом исключается возможность противоречий между старым и новым составными классификаторами – возникает преемственность. В остальном обучающая выборка генерируется «с нуля», позволяя «перемешивать» выборку, оказавшуюся неудачной. Стоит упомянуть, что выборка ограничена как минимально достаточным, так и максимальным числом элементов каждого класса, чтобы избежать дисбаланса классов, а также проблем переобучения и недообучения. Подробный обзор проблем при формировании обучающей выборки представлен в [7].

На тестовом наборе проходит проверку как новый классификатор, сгенерированный на основе данных из обучающей выборки, так и соответствующий набор блоков действующего классификатора. Блоки нового классификатора, показавшие результат лучший, чем соответствующие блоки действующего классификатора, используются для обновления классификатора, в то время как блоки, показавшие неудовлетворительный результат, проходят повторное обучение, при этом меняется состав обучающей выборки для соответствующих классов. Обновление классификатора по блокам способствует повышению скорости обновления без потери качества.

Обратная связь по контролю качества, изображенная на рис. 1 и 3, реализует оперативное изменение обучающей выборки. После составления списка классов, показавших неудовлетворительные результаты на тестовой выборке, этот список передается механизму подготовки обучающей выборки в составе запроса на изменение обучающей выборки. Ответом на запрос

является новая обучающая выборка, в достаточной мере отличная от предыдущей. После этого процесс обучения и проверки качества классификатора начинается заново, с использованием новой обучающей выборки. Заметим, что во многих существующих системах переработкой обучающей выборки занимается человек, в то время как описанная технология позволяет автоматизировать ее.

Обновление действующего классификатора является одной из ключевых особенностей адаптивного подхода, ведь именно здесь происходит адаптация классификатора к особенностям данных из потока. При этом задействуется обратная связь по обучению, изображенная на рис. 1 и 3. Стоит добавить, что механизм, обеспечивающий классификацию, должен поддерживать добавление новых блоков в составной классификатор и замену существующих блоков.

Также необходим механизм, обеспечивающий однозначную идентификацию каждой точки данных из потока. Это позволит возвращать в общий поток точки данных, получившие метки классов только на этапе разметки, без потери данных.

Заключение

Инновационная технология, представленная в статье, устраняет основные недостатки современных методов классификации за счет адаптации к особенностям потока данных и введения нескольких петель обратной связи. Представленная технология, предполагающая получение и уточнение информации об особенностях распределения данных во время обработки, позволяет снизить зависимость эффективности методов машинного обучения от предварительного анализа данных и автоматически повышать качество классификации с течением времени, что можно рассматривать как конкурентное преимущество перед аналогами.

Описанный подход имеет следующие преимущества перед другими распространенными на данный момент методами классификации из области машинного обучения:

- обеспечивает работу с потоковыми данными, то есть позволяет производить обработку информационных объектов, которые не были отнесены ни к одному из существующих на тот момент классов, и не терять при этом полезную информацию;
- позволяет в полуавтоматическом режиме обновлять обучающую выборку, производя самостоятельно все этапы накопления и подготовки данных для дообучения и отдавая оператору только финальный этап разметки;

- осуществляет автоматический контроль качества обучающей выборки по заранее заданным параметрам;

- производит автоматическое обновление классификатора при появлении признаков устаревания в процессе поступления новых входных данных;

- реализует механизм борьбы с проблемой переобучения классификатора;

- поддерживает как полное, так и частичное обновление классификатора, приводящее к ускорению процесса обновления в целом и сохраняющее преемственность по обучающей выборке и непротиворечивость классификации до и после обновления.

Внедрение подобных технологий серьезно упростит обработку потоковых данных и станет важной ступенью к появлению адаптивных систем обработки данных, которые обучаются по мере поступления новой информации.

Список литературы

1. Umesh Kokate, Arvind Deshpande, Parikshit Mahalle, Pramod Patil, Data Stream Clustering Techniques, Applications, and Models: Comparative Analysis and Discussion // Big Data

and Cognitive Computing. 2018. Vol. 2. P. 32-62. DOI: 10.3390/bdcc2040032.

2. Частиков А.П., Урвачев П.М., Шевченко Д.В. Нейросетевой алгоритм распознавания паттернов в котировках фондовых бирж // Научный журнал КубГАУ. 2017. № 127(03). URL: <http://ej.kubagro.ru/2017/03/pdf/20.pdf> (дата обращения: 21.12.2023). DOI: 10.21515/1990-4665-127-020.

3. Ананченко И.В., Зудилова Т.В., Полин Я.А. О применимости алгоритмов кластеризации для борьбы со спамом в социальных сетях // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 4-2. С. 190-194. DOI: 10.17513/snt.37995.

4. Демидова Л.А., Митин Г.В. Сравнительный анализ современных методов машинного обучения в контексте специфики их требований к обучающей выборке // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции (г. Воронеж, 13-15 декабря 2021 г.). Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2022. С. 1547-1556.

5. Панов А.В., Митин Г.В. Сравнительный анализ современных методов машинного обучения в контексте специфики типов их выходных значений // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов Международной научной конференции, (г. Воронеж, 12-14 декабря 2022 г.). Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2023. С. 1426-1435.

6. Турканов Г.И., Щепин Е.В. Классификатор Байеса для переменного количества признаков // Труды МФТИ. 2016. Т. 8, № 4(32). С. 8-12.

7. Парасич А.В., Парасич В.А., Парасич И.В. Формирование обучающей выборки в задачах машинного обучения // Информационно-управляющие системы. 2021. № 4(113). С. 61-70.

УДК 004.93'12

DOI 10.17513/snt.39909

КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБНАРУЖЕНИЮ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В ВИДЕОПОТОКЕ С ИНТРОСКОПА

Михалев А.С., Меньшенин А.Н., Кузнецов А.С., Кулаков Е.Д.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: asmikhalev@yandex.ru, menshenin-2001@mail.ru, askuznetsov@sfu-kras.ru, eg.2015j@yandex.ru

Статья посвящена созданию концепции интеллектуальной системы поддержки принятия решений по обнаружению потенциально опасных объектов в потоке рентгеновских изображений с интроскопа. Последние играют одну из ключевых ролей при обеспечении транспортной безопасности. Интеллектуальную систему решено строить в виде аппаратно-программного комплекса. В статье приведена классификация опасных предметов (оружие, боеприпасы, патроны к оружию, взрывчатые вещества, взрывные устройства и элементы взрывных устройств). Определены основные функции, которые должна выполнять интеллектуальная система. Ее ключевыми элементами являются модуль детектирования на основе нейросетевых моделей, а также модуль принятия решений. Формализуется мультиверсионная нейросетевая модель как простой набор одноверсионных моделей, функционирующих в конкурентной среде времени выполнения. Поток информации обрабатывается модулем принятия решений. Когда степень уверенности обнаруженного опасного объекта выше указанного порогового значения, система информирует оператора о наличии опасного предмета визуально и с помощью звукового сигнала. В статье описан вычислительный эксперимент для задачи детектирования опасных предметов с применением модели YOLOv8 как одной из самых эффективных архитектур нейронных сетей для решения задачи детектирования объектов. Исследование было выполнено на одном открытом наборе данных и одном авторском. Исходя из полученных результатов сделан вывод о том, что на тестовой части класс «Оружие» показывает снижение значений показателей recall, AP50, AP50-95. Для остальных классов получены достаточно высокие значения показателей.

Ключевые слова: интроскоп, опасные предметы, обнаружение опасных предметов, интеллектуальная система поддержки принятия решений, искусственный интеллект, YOLOv8

Данное исследование выполнено за счет гранта Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности в рамках конкурса научно-технических и инновационных проектов, направленных на развитие сферы железнодорожного транспорта на территории Красноярского края, № 2023032509756.

CONCEPTUAL DESIGN OF AN INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEM FOR DETECTION OF POTENTIALLY DANGEROUS OBJECTS IN VIDEO STREAM FROM AN INTROSCOPE

Mikhalev A.S., Menshenin A.N., Kuznetsov A.S., Kulakov E.D.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: asmikhalev@yandex.ru, menshenin-2001@mail.ru, askuznetsov@sfu-kras.ru, eg.2015j@yandex.ru

The article is devoted to the development of the concept of an intelligent decision support system for detecting potentially dangerous objects in the flow of X-ray images from an introscope. The latter play a key role in ensuring transport security. It was decided to build an intelligent system in the form of a hardware and software complex. The article provides a classification of dangerous items (weapons, ammunition, ammunition cartridges, explosives, explosive devices and elements of explosive devices). The main functions that an intelligent system should perform are defined. Its key elements are a detection module based on neural network models, as well as a decision-making module. An N-version neural network model is formalized as a simple set of single-version models operating in a competitive runtime environment. The information flow is processed by the decision-making module. When the degree of confidence of the detected dangerous object is higher than the specified threshold value, the system informs the operator about the presence of a dangerous object visually and by means of an audible signal. The article describes a computational experiment for the dangerous object detection problem using the YOLOv8 model as one of the most efficient neural network architectures for solving the problem of detecting objects. The study was performed on one open data set and one author's. Based on the results obtained, it is concluded that on the test part, the "Weapon" class shows a decrease in the values of the recall, AP50, AP50-95 indicators. For the remaining classes, sufficiently high values of indicators were obtained.

Keywords: introscope, dangerous objects, detection of dangerous objects, intelligent decision support system, artificial intelligence, YOLOv8

This research was carried out at the expense of a grant from the Krasnoyarsk Regional Fund for the Support of Scientific and Scientific-Technical Activities within the framework of a competition of scientific, technical and innovative projects aimed at developing the sphere of railway transport in the Krasnoyarsk Territory, No. 2023032509756.

Системы распознавания потенциально опасных объектов с интроскопов играют важную роль в обеспечении транспортной безопасности. На текущий момент досмотр багажей происходит с помощью рентгенотелевизионных установок. Рентгенотелевизионные установки (далее – РТУ), или интроскопы, это наиболее удобные и востребованные технические средства для досмотра посылок, грузов, багажа с помощью рентгеновского излучения. Принцип работы интроскопа основан на рентгеноструктурном анализе. При прохождении контроля безопасности пассажиры должны пропустить через интроскоп свой багаж на предмет содержания в нем потенциально опасных объектов. За счет дифракционного рассеивания излучения, получаемого при использовании источников ионизирующего излучения, создается проекция внутренней структуры объекта.

В цветном режиме предметы в багаже маркируются четырьмя цветами: органические вещества – оранжевым, неорганические материалы – синим, смешанные материалы – зеленым, предметы или материалы с неопределенными свойствами – черным (или красным). К последним, как правило, относятся предметы, непроницаемые для рентгеновского излучения. Таким образом, опасные предметы на рентгеновском изображении будут иметь характерные контуры и плотность. При обнаружении любого подозрительного предмета сотрудники службы безопасности предпринимают необходимые действия, такие как досмотр багажа и задержание пассажира.

На данный момент обнаружение опасных предметов в видеопотоке с интроскопа сопряжено с рядом проблем. Первая связана с тем, что, если в багаже много предметов, они могут перекрывать друг друга на рентгеновском изображении, что затрудняет их идентификацию. Кроме этого, пассажиры могут специально маскировать опасные предметы. Другая проблема связана с тем, что однородные по плотности материалы могут выглядеть одинаково на рентгеновском изображении, даже если они совершенно разные по своему назначению. Обычные досмотровые РТУ не могут отделить взрывчатые вещества от безопасных веществ, так как они могут иметь схожую плотность и структуру. Кроме этого, по-прежнему важную роль играет человеческий фактор. Сотрудник службы безопасности может устать за свою рабочую смену, отвлекаться или просто не обладать достаточным опытом и в связи с этим допустить ошибку при досмотре багажа.

Проблемы существующего подхода к досмотру багажа привели к общему заключению специалистов по обеспечению безопасности во всем мире о том, что успех в обнаружении опасных веществ возможен только на основе использования комбинации разных технологий. Стратегической целью развития Федеральной таможенной службы является формирование к 2030 г. качественно новой, насыщенной «искусственным интеллектом», быстро перенастраиваемой, информационно связанной с внутренними и внешними партнерами, «умной» таможенной службы, незаметной для законопослушного бизнеса и результативной для государства [1]. Как следствие, ближайшие перспективы в усовершенствовании технических средств обеспечения безопасности будут связаны с внедрением в практику комплексных систем, использующих технологии искусственного интеллекта.

Таким образом, возникает научно-техническая задача, которая заключается в разработке интеллектуальной системы поддержки принятия решений (далее – ИСППР) по обнаружению потенциально опасных объектов в видеопотоке с интроскопа. В рамках данной статьи авторы определяют концепцию будущей разрабатываемой интеллектуальной системы.

Классификация опасных предметов

На данный момент принято выделять следующие классы опасных предметов: оружие, боеприпасы, патроны к оружию, взрывчатые вещества, взрывные устройства и элементы взрывных устройств.

Класс «оружие» включает в себя как огнестрельные изделия, так и холодное оружие. Как правило, точнее всего на изображении определяется огнестрельное оружие из-за его специфической формы и материала, который подсвечивается синим цветом. Пример изображения пистолета на рентгеновском снимке приведен на рис. 1.

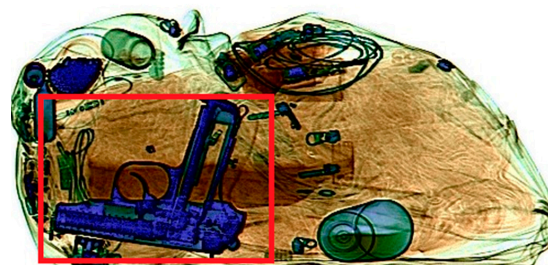


Рис. 1. Рентгеновское изображение пистолета

Холодное оружие тоже обычно не вызывает проблем при обнаружении в связи

с часто специфичной, узнаваемой формой. Кроме этого, из-за высокого содержания металла они хорошо видимы на рентгеновских снимках.

Сложнее дело обстоит с распознаванием взрывных устройств и взрывчатых веществ. К последним обычно относятся тротил [2, с. 20], пластит [2, с. 24], гексоген [2, с. 22], тэн [2, с. 22], порох [2, с. 34], эластит [2, с. 24], а также аммиачная селитра [2, с. 26]. Пример изображения тротила на рентгеновском снимке приведен на рис. 2. Взрывчатые вещества отличаются по плотности от других органических веществ, и, соответственно, на рентгене они будут иметь более темный оттенок.

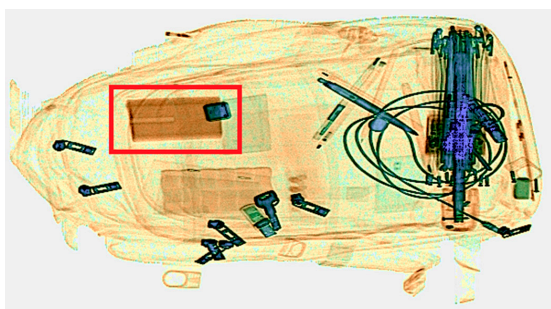


Рис. 2. Рентгеновское изображение тротила

Можно выделить два класса взрывных устройств – это военные (промышленные) и самодельные. К военным обычно относят гранаты и мины. Их легко определить в связи с часто специфичной, узнаваемой формой. Пример изображения гранат на рентгеновском снимке приведен на рис. 3.

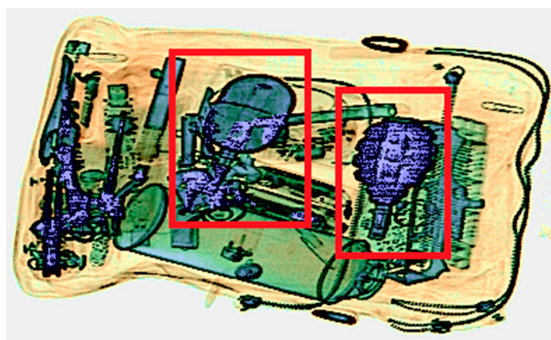


Рис. 3. Рентгеновское изображение гранат

Самодельные взрывные устройства считаются более сложными в обнаружении, поскольку могут варьироваться по форме, размеру и материалам, используемым для их сборки. При этом обычно террористы проносят взрывные устройства в разборном виде по компонентам, спрятанным

или интегрированным в повседневные объекты и в разных емкостях (например, сумках), что значительно усложняет их обнаружение.

Таким образом, поиск и идентификация взрывных устройств и оружия остается одним из наиболее сложных и ответственных этапов в системах обеспечения безопасности. Совмещение высокотехнологичных методов сканирования, продвинутых алгоритмов искусственного интеллекта и высококвалифицированного персонала может существенно повысить эффективность обнаружения взрывных устройств и таким образом снизить уровень потенциальной угрозы в общественных пространствах и на транспортных узлах.

Описание функционала разрабатываемой интеллектуальной системы

На рис. 4 приведена структурная модель в виде схемы спроектированной ИСППР по обнаружению потенциально опасных объектов в видеопотоке с интроскопа.

Приведенная схема отражает модули создаваемой системы. Далее представлено более подробное описание их назначения и функциональных возможностей.

Управление работой интроскопа осуществляется через специальное программное обеспечение, установленное на системном блоке. Разрабатываемая система будет функционировать на отдельном ноутбуке. Видеопоток на ноутбук передается через HDMI-интерфейс с помощью устройства видеозахвата. Во-первых, предварительная обработка включает в себя отслеживание появления багажа на ленте интроскопа. Это позволит обрабатывать лишь только ту часть видеопотока, на котором есть багаж. Во-вторых, может потребоваться улучшение качества видеопотока за счет устранения шума и коррекции яркости и контраста для обеспечения четкости получаемых изображений объектов.

Обработанный видеопоток поступает на вход модуля детектирования опасных предметов, который представляет собой мультиверсионную нейросетевую модель. Для задачи детектирования исследуются популярные на сегодняшний день классы моделей детектирования объектов: YOLO [3], EfficientDet [4], M2Det [5], FreeAnchor [6]. Модели, которые покажут наилучшие результаты, лягут в основу функционирования спроектированной интеллектуальной системы. Результатом работы каждой модели в случае наличия опасных предметов является перечень классов объектов с их координатами на кадрах.

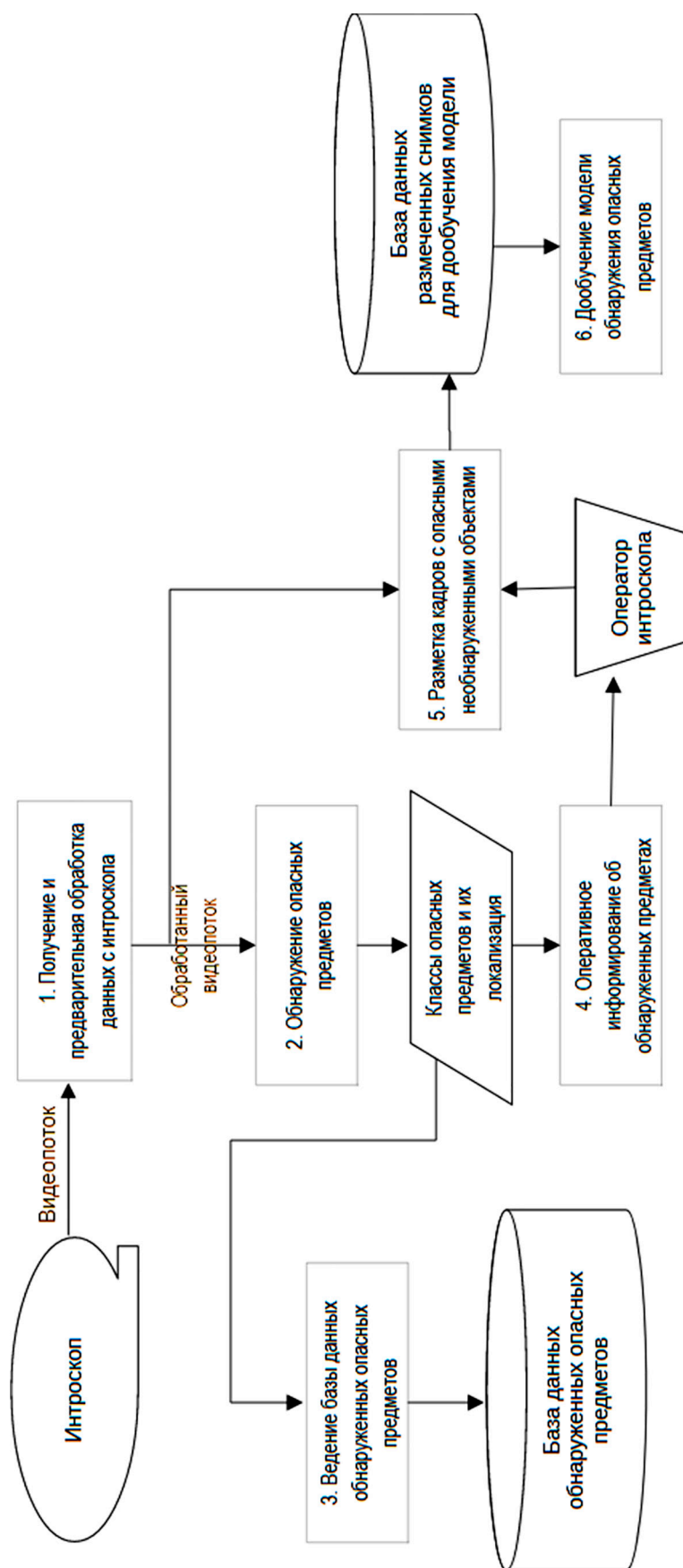


Рис. 4. Схема интеллектуальной системы

Формально мультиверсионную нейросетевую модель можно описать следующим образом с использованием списка моделей, где N – количество моделей.

$$M = (M_1, \dots, M_N), N \geq 1.$$

При создании модуля детектирования авторы придерживались основных положений методологии мультиверсионного программирования [7, р. 18]; единственное исключение составляет поддержка одноверсионной модели, исходя из практических соображений. Функционирование нейросетевых моделей распараллеливается, условием останова считается завершение всех версий с получением результатов. Для этого необходимо, чтобы каждая нейросетевая модель функционировала в конкурентной среде времени выполнения, которая поддерживает механизм барьерной синхронизации. Используемый алгоритм мультиверсионного голосования является частью модуля принятия решений. Авторы при прототипировании системы использовали алгоритм голосования абсолютным большинством. Однако в дальнейшем будут исследоваться голосование согласованным большинством, голосование нечетким согласованным большинством, а также медианное голосование.

Таким образом, полученная информация обрабатывается модулем принятия решений. Если степень уверенности обнаруженного опасного объекта выше указанного порогового значения, система информирует оператора о наличии в багаже опасного предмета с помощью звукового сигнала. Также оператор через интерфейс пользователя будет видеть результаты работы модуля обнаружения опасных предметов (рис. 5).

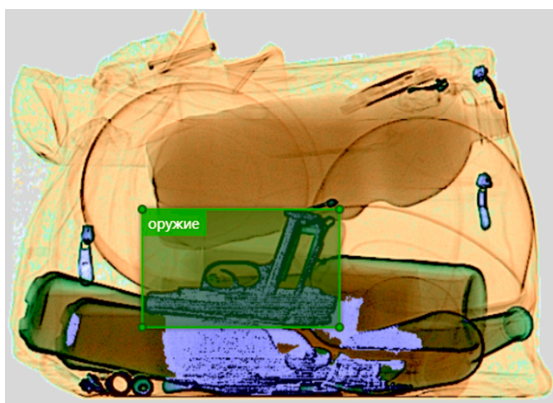


Рис. 5. Пример визуализации обнаруженного опасного объекта

Информация по обнаруженным опасным объектам далее сохраняется в базу данных и будет включать в себя изображение

багажа с обнаруженными опасными предметами, дату и время проноса опасного предмета, его класс и координаты на кадре.

Одна из особенностей задачи детектирования опасных предметов заключается в широком спектре объектов, которые нужно идентифицировать как потенциально опасные. Разнообразие форм и материалов добавляет дополнительные сложности при автоматизации процесса обнаружения, поскольку собрать исчерпывающий набор данных для качественного обучения модели невозможно. В связи с этим в системе предусмотрена функция дообучения модели на новых данных с изображениями опасных предметов, которые система не смогла выявить. Для этого оператор должен разметить изображения таких объектов. Данный функционал также реализуется через интерфейс пользователя. Размеченные данные далее также сохраняются в базе. На основе этих данных выполняется дообучение системы.

Отличительной особенностью разрабатываемой системы от существующих на рынке решений будет возможность отслеживания случаев проноса неопасных предметов, из которых можно собрать самодельное взрывное устройство (источники питания, изолянта, клей, провода, сверла и т.д.). Отслеживать данные случаи будет модуль принятия решений, который сохраняется в памяти информации о содержимом багажа, уже пронесенного через интроскоп. Получая данные о проверке нового багажа от модуля обнаружения, модуль принятия решений должен сопоставлять содержимое багажей и выдавать соответствующее предупреждение.

Вычислительный эксперимент

В рамках данной статьи проведено исследование модели YOLO для задачи детектирования опасных предметов. YOLO является одной из самых эффективных архитектур для решения задачи детектирования объектов. На данный момент последней версией алгоритма данного семейства является YOLOv8. Первый эксперимент проводился на открытом наборе данных, который был скомбинирован из набора данных X-ray FSOD [8] и SIXray [9].

X-ray FSOD содержит порядка 12000 рентгеновских снимка, куда входят 20 категорий из более чем 40000 общих запрещенных предметов: складной нож, прямой нож, ножницы, канцелярский нож, швейцарский нож, ноутбук, зарядка 1, зарядка 2, телефон, пластиковая бутылка, стеклянная бутылка, баллон, зонт, батарея, обувь с металлическими вставками, металлическая банка, металлическая кружка, кусачки для ногтей, алкоголь.

Таблица 1

Значение метрик на тестовой части модели YOLOv8

	Precision	Recall	AP50	AP50-95
Пистолет	0,974	0,834	0,895	0,691
Нож	0,939	0,949	0,987	0,791
Среднее	0,957	0,719	0,804	0,591

Таблица 2

Значение метрик на тестовой части модели YOLOv8

	Precision	Recall	AP50	AP50-95
Оружие	0,967	0,774	0,883	0,627
Взрывное устройство	0,944	0,912	0,953	0,821
Взрывчатое вещество	1,000	1,000	0,995	0,927
Компоненты взрывных устройств	0,982	0,897	0,969	0,865
Среднее	0,973	0,896	0,950	0,810

Набор данных SIXray используется частично. Полностью он содержит более 1000000 рентгеновских изображений, полученных с нескольких станций метро. Авторы воспользовались фрагментом из порядка 8000 изображений.

В данном наборе данных шесть общих категорий запрещенных предметов. Список категорий SIXray: пистолет, нож, гаечный ключ, плоскогубцы, ножницы, молоток.

В итоге из объединенного набора данных были выбраны изображения с пистолетами и ножами. Полученный набор данных содержит 18585 изображений. Из них 14868 (80%) изображений были отобраны для обучения модели, оставшиеся 3717 (20%) использовались для тестирования модели. Модель обучалась в течение 100 эпох. Для обучения модели был выбран мини-пакетный режим обучения. Размер мини-пакета был выбран равным 32. Результаты обучения модели YOLOv8 на тестовой части приведены в табл. 1.

Исходя из полученных результатов можно сделать следующие выводы. Для класса «нож» получены достаточно высокие значения по отслеживаемым метрикам. Для класса «пистолет» значение Precision сохраняется на довольно высоком уровне (0,974), при этом значение Recall получилось ниже (0,834). Это указывает на то, что модель пропускает некоторые изображения пистолетов, но при этом само обнаружение объектов класса «пистолет» производится с высокой точностью. Значения метрик AP50 и AP50-95 для класса «пистолет» также получились ниже.

Второй эксперимент проводился на собственных данных. Для этой цели был организован пронос муляжей опасных предметов через интроскоп на железнодорожном вокзале. Опасные предметы включали в себя: оружие (пистолет, автомат, ружье, карабин), взрывные устройства (граната, мина), компоненты взрывных устройств (взрыватель) и взрывчатое вещество (тротил). Данные были получены с двух проекций. В итоге было получено 160 изображений. Из них 120 изображений были отобраны для обучения моделей, оставшиеся 40 использовались для тестирования моделей. Так как данных для обучения было мало, применялась техника аугментации для увеличения объема выборки. В качестве преобразований были выбраны операции: вращение, отражение, изменение размера, обрезка, изменение контраста и яркости, а также гамма-преобразование. В результате применения аугментации объем выборки был увеличен до 1250 изображений. Модель обучалась в течение 300 эпох. Для обучения модели был выбран мини-пакетный режим обучения. Размер мини-пакета был выбран равным 32.

Результаты обучения модели YOLOv8 на тестовой части приведены в табл. 2.

Отсюда можно сделать следующие выводы. На тестовой части класс «оружие» показывает снижение значений показателей recall, AP50, AP50-95 (так же, как и для первого набора данных). Это можно связать с рядом причин. Во-первых, на тестовых изображениях могут быть сценарии, в которых пистолеты находятся на сложном фоне,

схожем по цвету с другими объектами. Во-вторых, пистолеты могут быть изображены под разными углами, в разных позах или в частично перекрытых сценариях на тестовой выборке. В-третьих, разные виды оружия в тестовой и обучающей частях. Для остальных классов получены достаточно высокие значения показателей.

Заключение

Комплексная задача обнаружения потенциально опасных предметов в видеопотоке интроскопа, особенно с учетом определения предметов, которые в совокупности могут стать ингредиентами для создания взрывчатых устройств или других опасных объектов, требует тщательно продуманного и технологически обоснованного подхода. Разработка интеллектуальной системы поддержки принятия решений, которая обеспечивает не только высокоточное обнаружение угроз, но и способность анализировать и сохранять данные для дальнейшего сравнения и анализа содержимого багажа, является ключевым элементом в обеспечении безопасности транспортных узлов и других публичных пространств.

В данной статье описана возможная структурная модель ИСППР, выбранная для прототипирования программно-аппаратного комплекса. Основными, то есть ключевыми для решаемой задачи элементами такой системы должны стать модуль детектирования опасных предметов, модуль принятия решений и база данных для хранения результатов детектирования опасных предметов.

В работе также выполнено исследование модели YOLOv8 для решения поставленной задачи обнаружения опасных предметов в видеопотоке с интроскопа. Обучение модели выполнялось на двух наборах данных. Первый набор является открытым и включает себя два класса – «пистолет» и «нож». Второй набор данных был собран

авторами статьи и включал в себя «оружие», «взрывное устройство», «взрывчатые вещества» и «компоненты взрывных устройств». Для рассматриваемых наборов данных модель YOLOv8 показывает в целом достаточно высокие показатели. Таким образом, в рамках дальнейшего исследования стоит задача сбора единого набора данных, который будет включать в себя все рассматриваемые классы опасных объектов и исследование на данном наборе различных моделей детектирования объектов для формирования мультиверсионной нейросетевой модели.

Список литературы

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23.05.2020 № 1388-п. 52 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://customs.gov.ru/activity/programmy-razvitiya/strategiya-razvitiya-fts-rossii-do-2030-goda> (дата обращения: 29.12.2023).
2. Дик В.Н. Взрывчатые вещества, пороха и боеприпасы отечественного производства. Справочник в 2-х ч. Ч. 1. Минск: Охотконтракт, 2009. 280 с.
3. Juan T., Cordova-Esparza D.A. Comprehensive Review of YOLO: From YOLOv1 to YOLOv8 and Beyond. [Электронный ресурс]. URL: arxiv.org/abs/2304.00501 (дата обращения: 29.12.2023).
4. Tan M., Pang R., Le Q.V. Efficientdet: Scalable and efficient object detection // Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2020. P. 10781–10790.
5. Zhao Q. et al. M2det: A single-shot object detector based on multi-level feature pyramid network // Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence. 2019. Т. 33, № 01. P. 9259–9266.
6. Zhang X. et al. Freeanchor: Learning to match anchors for visual object detection // Advances in neural information processing systems. 2019. Т. 32. P. 147–155.
7. Kovalev I.V. System of Multi-Version Development of Spacecrafts Control Software. Berlin: Pro Universitate Verlag Sinzheim, 2001. 80 p.
8. Object Detection Under X-ray Security Inspection Scenario: Dataset & Papers [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/DIG-Beihang/XrayDetection#x-ray-fsod> (дата обращения: 29.12.2023).
9. Miao C., Xie L., Wan F., Su C., Liu H., Jiao J., Ye Q. 2019. Sixray: A large-scale security inspection x-ray benchmark for prohibited item discovery in overlapping images // In Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2019. P. 2119–2128. DOI: 10.48550/arXiv.1901.00303.

УДК 519.83
DOI 10.17513/snt.39910

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕКТОРА ШЕПЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ СИСТЕМЫ

Сальникова А.Ю., Степанов Л.В.

ФКОУ ВО «Воронежский институт ФСИН России», Воронеж,
e-mail: salnikova.nastya1999@yandex.ru

Обеспечение безопасности является приоритетной задачей в современных условиях. Для обеспечения безопасности необходимо применять эффективные мероприятия, которые позволят нейтрализовать негативные воздействия на систему. Одним из видов таких влияний является деструктивная деятельность, как злоумышленников, так и персонала. В публикации предлагается применить вектор Шепли для определения оптимального сочетания мероприятий и оценить их эффективность по отношению к деструктивной деятельности. Для этой цели рассмотрены базовые вопросы обеспечения безопасности в различных условиях. Обосновывается понятие деструктивной деятельности как различных видов негативного влияния на режим безопасности системы. Установлено, что нейтрализация деструктивной деятельности может быть осуществлена на основе сочетания различных мероприятий по обеспечению безопасности. Это обосновывает применение теории кооперативных игр и вектора Шепли для определения оптимальной коалиции мероприятий. Рассматриваются подходы к формированию коалиций и предлагаются различные критерии для выбора оптимальной коалиции мероприятий по обеспечению безопасности. Рассмотрен числовой пример применения вектора Шепли к задаче оценки безопасности. Исследование возможности применения кооперативных игр позволяет реализовать предложенный подход в практической деятельности специалистов по обеспечению безопасности на предприятиях.

Ключевые слова: система, безопасность, угроза, деструктивная деятельность, мероприятия по обеспечению безопасности, злоумышленник, теории кооперативных игр, вектор Шепли

APPLICATION OF THE SHAPLEY VECTOR TO ASSESS SYSTEM SAFETY

Salnikova A.Yu., Stepanov L.V.

Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Voronezh,
e-mail: salnikova.nastya1999@yandex.ru

Ensuring safety is a priority in modern conditions. To ensure safety, it is necessary to apply effective measures that will neutralize negative impacts on the system. One type of such influence is destructive activity, both from intruders and from staff. The publication proposes to use the Shapley vector to determine the optimal combination of measures and evaluate their effectiveness in relation to destructive activities. For this purpose, basic safety issues in various conditions are considered. The concept of destructive activity is substantiated as a generalization of various types of negative impact on the security regime of the system. It has been established that neutralization of destructive activities can be carried out based on a combination of various security measures. This justifies the use of cooperative game theory and the Shapley vector to determine the optimal coalition of activities. Various approaches to coalition formation are considered. Various criteria are proposed for selecting the optimal coalition of security measures. A numerical example of applying the Shapley vector to a safety assessment problem is considered. Studying the possibility of using cooperative games makes it possible to implement the proposed approach in the practical activities of security specialists at enterprises.

Keywords: system, security, threat, destructive activity, security measures, attacker, theories of cooperative games, Shapley vector

Под безопасностью понимают состояние защищенности человека или инженерно-технической и программной инфраструктуры в различных условиях от возможных опасностей и их сочетания путем установления в отношении системы заданных параметров функционирования, а также минимизации опасностей, исходящих от человека и самой системы.

Составляющие безопасности включают в себя различные виды мероприятий и действий, направленных на обеспечение безопасности. Они могут быть предотвращающими, реактивными или непосредственными дей-

ствиями, а также могут включать использование различных технологий и методов.

Одной из главных составляющих безопасности является физическая безопасность, которая относится к мерам, направленным на предотвращение угроз физическим повреждениям людей и ущерба материальным ценностям. Это может включать использование видеонаблюдения, охранной сигнализации, контроля доступа и даже физической охраны.

Еще одной составляющей безопасности является информационная безопасность, которая связана с защитой конфиденциальной, ценной информации от несанкциони-

рованного доступа, использования или распространения [1, с. 48]. Для обеспечения информационной безопасности могут применяться меры, такие как шифрование данных, использование паролей и биометрических идентификаторов, межсетевые экраны и антивирусное программное обеспечение [1, с. 61]. Злоумышленники в своей деструктивной деятельности руководствуются собственными целями, как правило, ориентированными на дестабилизацию информационного поля и нанесение репутационных потерь.

Кроме того, безопасность может быть связана с обеспечением безопасности рабочего места или даже с противопожарной безопасностью, которая включает в себя соблюдение требований пожарной безопасности и наличие необходимых систем пожаротушения.

В целом в исследованиях значительное внимание уделяется вопросам информационной безопасности. Так в [2] уделено внимание разработке математического подхода для обеспечения безопасности коалиций микросетей в условиях кибератак. В [3] кооперативное взаимодействие рассматривается как механизм определения дележа денежных сумм. То есть присутствует экономический контекст. В [4] дается анализ и формализация взаимодействия, но без практического применения именно теории кооперативных игр. Также существуют исследования, например [5, 6], в которых рассматриваются направления развития вектора Шепли, но не принципиально меняющие его функционал.

Данное исследование отличается от существующих анализом практических аспектов применения вектора Шепли к оценке безопасности «не информационных систем». Результаты исследования могут быть применены к системам технического и организационного характера. Кроме того, в публикации анализируются различные варианты приложения вектора Шепли.

Целью данной работы является исследование возможности применения теории кооперативных игр и вектора Шепли для нахождения коалиции (сочетания) мероприятия по обеспечению безопасности для максимизации эффективности противодействия деструктивной деятельности, а также исследование применения вектора для оценки степени влияния этой деятельности на безопасность системы.

Материалы и методы исследования

Введем понятие «деструктивная деятельность» (ДД) – планируемое и (или) практически реализуемое воздействие на

уровень безопасности системы (охраняемого объекта) с целью понижения этого уровня и (или) создания условий для такого понижения.

Для обеспечения безопасности на охраняемых объектах и в системах применяется ряд мероприятий, которые направлены на предотвращение, пресечение или недопущение ДД от любых источников.

Мероприятие по обеспечению безопасности (МпОБ) – мероприятие, направленное на выявление и предотвращение действий и их последствий, направленных на понижение режима безопасности и связанных в том числе с причинением вреда жизни и здоровью людей, а также нанесением различных видов ущерба на охраняемом объекте (территории).

Сочетание различных мероприятий по обеспечению безопасности позволяет создать комплексную систему защиты, которая обеспечит надежную защиту объекта и его сотрудников от возможных угроз и рисков. Однако важно отметить, что эффективность такой системы будет зависеть от правильного выбора и применения мер, а также от оценки и учета специфики конкретного объекта и его потенциальных уязвимостей.

Степень негативного влияния ДД зависит от МпОБ. Чем меньше эффективность мероприятия, тем выше вероятность того, что любое (даже самое простое) действие будет деструктивным и, наоборот, чем мероприятие эффективнее, тем меньше вероятность, что самая сложная ДД понизит режим безопасности. Обеспечение безопасности является важной задачей, требующей комплексного подхода. ДД злоумышленников представляет серьезную угрозу, однако с помощью соответствующих мероприятий эта угроза может быть полностью нейтрализована или сведена к минимуму.

В данной работе предлагается для определения сочетания МпОБ для нейтрализации ДД и оценки эффективности МпОБ применить вектор Шепли [7, с. 157].

Вектор Шепли – это концепция, разработанная математиком Шепли, которая находит свое применение в игровой теории. В этом поле исследования вектор Шепли играет важную роль в определении справедливого распределения выигрышей в коалиционных играх, где группы игроков объединяются в коалиции для достижения общей цели.

Основная идея метода Шепли заключается в определении вклада каждого игрока в формирование выигрышной коалиции. Для этого учитывается, как бы изменилась ситуация, если бы данный игрок присоеди-

нился или покинул текущую коалицию. Таким образом, метод Шепли оценивает значимость каждого игрока и определяет, сколько ему следует получить от общей выгоды.

Вектор Шепли удовлетворяет следующим свойствам [8]. Свойство эффективности показывает, что весь выигрыш большой коалиции должен быть распределен между игроками. Сумма выигрышей игроков равна выигрышу большой коалиции. Свойство симметричности – игроки, которые вносят одинаковый вклад, должны получить одинаковые выигрыши. Болваном в теории кооперативных игр называется бесполезный игрок, не вносящий вклада ни в какую коалицию. Линейность – выигрыш игрока в сумме игр должен равняться сумме его выигрышей в каждой из игр.

В связи с тем, что понятие безопасности является комплексным (ДД и МпОБ формируют систему), для оценки уровня безопасности нужно выполнить формализацию ДД и МпОБ.

При условии, что для нейтрализации ДД могут применяться различные МпОБ, введем обозначение

$$M = \{m_1; m_2; m_3; \dots; m_i; \dots; m_n\}, \quad (1)$$

где m_i – i -е МпОБ; $i = \overline{1, n}$; n – количество МпОБ.

$$X(V)_i = \sum_{i \in S} \frac{(|S|-1)!(n-|S|)!}{n!} (V(S) - V(S \setminus \{i\})), \quad (4)$$

где $i = \overline{1, 2, \dots, n}$; X – дележ; S – количество игроков; n – количество участников дележа, V – оценка эффективности МпОБ.

Оценку V предлагается осуществлять на основе анализа эффективности действий, составляющих МпОБ. Экспертный вариант оценивания обосновывается тем, что МпОБ носят комплексный характер, и их формализация и аналитическое вычисление V могут быть затруднены.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим возможность достижения поставленной задачи на примере. Предположим, что есть некоторая ДД, которая может негативно отразиться на уровне безопасности системы и есть три МпОБ, способные частично или полностью нейтрализовать ДД

$$M = \{m_1; m_2; m_3\}. \quad (5)$$

Причем каждое из МпОБ состоит из определенных практических действий, эф-

С учетом того, что каждое мероприятие представляет собой комплекс практических действий по обеспечению безопасности, каждое мероприятие можно представить как

$$m_i = \{p_{i1}; p_{i2}; p_{i3}; \dots; p_{if}; \dots; p_{it_i}\}, \quad (2)$$

где $f = \overline{1, t_i}$; t_i – количество практических действий для i -го МпОБ.

С учетом того, что для понижения уровня безопасности системы может быть реализовано множество ДД, введем обозначение

$$DD = \{d_1; d_2; d_3; \dots; d_j; \dots; d_k\}, \quad (3)$$

где d_j – j -е ДД; $j = \overline{1, k}$; k – количество деструктивных воздействий.

Таким образом, необходимо найти такое сочетание МпОБ из M , при котором для каждого ДД из DD обеспечивалась бы максимальная эффективность нейтрализации ДД. В связи с тем, что вектор Шепли является важным инструментом в теории кооперативных игр и может быть использован для анализа и оценки различных сценариев кооперации, предлагается рассмотреть возможность его применения для решения задачи оценки соответствия и степени нейтрализации ДД с учетом имеющегося множества МпОБ:

эффективность которых по отношению к некоторой ДД может быть экспертно оценена, например, в диапазоне от 0 до 100. При этом шкала может быть любой, но одинаковой для всех действий. Применительно к МпОБ предлагается трактовать оценку как степень эффективности мероприятия для обеспечения безопасности системы (табл. 1).

Таблица 1

Экспертная оценка эффективности практических действий по отношению к ДД

Практическое действие	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
Экспертная оценка	10	15	15	25	10

Следует отметить, что ни одно отдельное практическое действие не обладает высокой эффективностью против ДД, а также суммарная эффективность всех действий

менее 100. Следовательно, необходимо определить сочетание МпОБ.

Тогда для множества МпОБ (5) получим оценки эффективности, представленные в табл. 2. В данном случае эффективность определена простым арифметическим суммированием. Однако могут быть применены и другие способы ее вычисления. Требование единообразия для всех МпОБ обязательно.

Как видно из таблицы, МпОБ формируются на основе одинаковых практических действий. Например, m_1 и m_2 включают действия p_1 и p_5 . В реальных условиях может возникнуть вопрос целесообразности реализации повторяющихся действий. Кроме того, может быть рассмотрен случай, когда реализация некоторых действий может

приводить к синергетическому эффекту из-за чего суммарная эффективность может быть выше.

Таблица 2

Оценка эффективности МпОБ по отношению к ДД

	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5	Оценка эффективности МпОБ, V
m_1	10	0	0	25	10	45
m_2	10	0	15	0	10	35
m_3	10	15	0	25	10	60

В соответствии с базовыми положениями теории кооперативных игр на основе МпОБ могут быть сформированы коалиции

$$\{m_1\} \{m_2\} \{m_3\} \{m_1; m_3\} \{m_2; m_3\} \{m_1; m_2\} \{m_1; m_2; m_3\}. \quad (6)$$

Для каждой коалиции МпОБ значение характеристической функции V вектора Шепли также определим простым арифметическим суммированием. Результаты представлены в табл. 3. Однако, как и для оценки эффективности МпОБ могут быть применены и другие способы вычисления V . Требование единообразия вычислений также обязательно. Кроме того, может быть рассмотрен случай синергетического эффекта для определенных сочетаний МпОБ, тогда совместная реализация определенных МпОБ может давать дополнительную эффективность.

Таблица 3

Характеристическая функция вектора Шепли для коалиций

	$V(\{m_1\})$	$V(\{m_2\})$	$V(\{m_3\})$	$V(\{m_1; m_2\})$	$V(\{m_2; m_3\})$	$V(\{m_1; m_3\})$	$V(\{m_1; m_2; m_3\})$
Повторяемость действий	45	35	60	80	95	105	140
Неповторяемость действий	45	35	35	60	50	60	75
Синергетический эффект действий	45	45	70	80	90	70	105

Тогда, на основе (4) для всех возможных коалиций и случая повторяемости действий могут быть определены значения компонентов вектора Шепли:

1) для коалиции: $\{m_1; m_2; m_3\}$

$$X_1 = \frac{(1-1)!(3-1)!}{3!}(45-0) + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!}(105-60) + \quad 80 \quad 35$$

$$+ \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!}(80-35) + \frac{(3-1)!(3-3)!}{3!}(140-95) = 45;$$

$$X_2 = \frac{(1-1)!(3-1)!}{3!}(35-0) + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!}(95-60) + \quad 80 \quad 45$$

$$+ \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!}(80-45) + \frac{(3-1)!(3-3)!}{3!}(140-105) = 34,98;$$

$$X_3 = \frac{(1-1)!(3-1)!}{3!}(60-0) + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!}(105-45) + \frac{(2-1)!(3-2)!}{3!}(95-35) + \frac{(3-1)!(3-3)!}{3!}(140-80) = 60;$$

95 35

2) для коалиции: $\{m_1; m_2\}$

$$X_1 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!}(45-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!}(80-35) = 45;$$

$$X_2 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!}(35-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!}(80-45) = 35;$$

3) для коалиции: $\{m_2; m_3\}$

$$X_2 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!}(35-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!}(95-60) = 35;$$

$$X_3 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!}(60-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!}(95-35) = 60;$$

4) для коалиции: $\{m_1; m_3\}$

$$X_1 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!}(45-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!}(105-60) = 45;$$

$$X_3 = \frac{(1-1)!(2-1)!}{2!}(60-0) + \frac{(2-1)!(2-2)!}{2!}(105-45) = 60.$$

Таблица 4

Суммарное значение эффективности для коалиций

	$m_1; m_2$	$m_2; m_3$	$m_1; m_3$	$m_1; m_2; m_3$
Значение эффективности для коалиций, E	80	95	105	139,98

В соответствии с тем, что экспертная оценка отражает эффективность МпОБ по отношению к ДД, для анализа результатов и выбора коалиции предлагается использовать условие

$$X_{S(i)} > X(V)_i. \tag{7}$$

Это связано с тем, что V – это эффективность мероприятия, по постановке задачи требуется выбрать коалицию, максимизирующую эту эффективность. Эффективность коалиции определим как

$$E_s = \sum_{i=1}^{|S|} X_i. \tag{8}$$

Теория кооперативных игр допускает введение дополнительных условий и ограничений на выбор оптимальной коалиции. Например, с учетом того, что МпОБ состо-

ит из практических действий, можно учесть невозможность (трудозатратность) реализации всех действий из табл. 1. Значит, при указанных исходных данных требуется выбрать коалицию: $\{m_1; m_3\}$. Это связано с тем, что она имеет максимальное значение E_s и не предполагает выполнения всех практических действий из-за чего коалиция $\{m_1; m_2; m_3\}$ не может быть выбрана.

Аналогичным образом можно воспользоваться теорией кооперативных игр и вектором Шепли для случаев неповторяемости действий и синергетического эффекта действий, а также определить оптимальное сочетание МпОБ и практических действий для всех ДД из (3).

Заключение

Таким образом, теория кооперативных игр и вектор Шепли могут быть использованы

ны для выбора сочетания МпОБ при оценке защищенности системы по отношению к выявленной ДД. Такое применение имеет следующие достоинства:

1) вектор Шепли можно использовать не только для определения справедливого дележа, но и для выбора оптимальной коалиции;

2) возможность учета специфических условий формирования мероприятий (повторяемость и неповторяемость действий);

3) возможность использования различных способов вычисления значений характеристической функции;

4) возможность учета специфических условий оценки эффективности МпОБ (синергетический эффект действий в МпОБ);

5) возможность учета специфических условий формирования коалиций МпОБ (синергетический эффект коалиций);

6) возможность учета различных критериев выбора оптимальной коалиции (максимизация суммарной эффективности коалиции МпОБ, трудозатратность реализации всех действий, выбор коалиции с учетом минимизации избыточности МпОБ по отношению к ДД).

Список литературы

1. Баранова Е.К., Бабаш А.В. Информационная безопасность и защита информации: учебное пособие. 4-е изд., перераб. и доп. М.: РИОР: ИНФРА-М, 2022. 336 с.

2. Гурина Л.А., Айзенберг Н.И. Поиск эффективного решения по обеспечению защиты от киберугроз сообщества микросетей со взаимосвязанными информационными системами // Вопросы кибербезопасности. 2023. № 3 (55). С. 37–49.

3. Гатауллин Т.М., Гатауллин С.Т., Иванова К.В. Синергетические эффекты в теории игр // Управление развитием крупномасштабных систем mlscd'2020: труды Тринадцатой международной конференции (Москва, 28–30 сентября 2020 г.). Под общ. ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2020. С. 655–662.

4. Степанов Л.В., Кольцов А.С., Паринов А.В., Паринов Д.В., Соловьев Б.А. Практические аспекты применения теории игр к оценке безопасности системы // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2019. № 4 (27). С. 46–47.

5. Васильев В.А. Вектор Шепли однородных кооперативных игр // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2023. Т. 63, № 3. С. 474–490.

6. Камионко В.А., Маракулин В.М. Аксиоматизация вектора Шепли в играх с априорными вероятностями образования коалиций // Журнал Новой экономической ассоциации. 2020. № 2 (46). С. 12–29.

7. Сигал А.В. Теория игр и ее экономические приложения: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2024. 418 с.

8. Припотень В.Ю., Рябенко Л.И., Шиков Н.Н. Значимость системы управления конкурентоспособностью товара // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета. 2015. № 2 (45). С. 191–196.

УДК 004
DOI 10.17513/snt.39911

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ ЗАСЛОНКИ НА ВОЗДУХООБМЕН ВЕНТИЛИРУЕМЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Серeda С.Н.

Муromский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Муrom, e-mail: sereda-2010@mail.ru

Целью работы является поиск функции аппроксимации коэффициента местного сопротивления воздушной заслонки в системе вентиляции и оценка его влияния на воздухообмен вентилируемого помещения посредством компьютерного моделирования. В работе проводится определение коэффициентов полиномиальной регрессии различного порядка как функции аппроксимации местного сопротивления воздушной заслонки методом наименьших квадратов, отмечаются проблемы применения данного подхода при решении задачи расчета динамики расхода воздуха. Рассматривается нелинейная функция аппроксимации местного сопротивления и его обратной зависимости, а оценка параметров функции проводится методом линеаризации. Предложена параметрическая модель функции аппроксимации на основе логистической функции, оптимальные значения параметров которой находятся алгоритмически по критерию минимума среднеквадратического отклонения. Рассмотренные варианты функций аппроксимации можно использовать при расчете воздухообмена в системе с автоматическим регулированием угла раскрытия воздушной заслонки. Построена математическая модель динамики воздушного режима в виде системы дифференциальных уравнений. Приводится пример моделирования воздушного режима вентилируемого помещения при линейном изменении угла раскрытия воздушной заслонки в программе MathCAD итерационным методом Рунге – Кутты с учетом предложенной модели функции аппроксимации. Результаты моделирования могут быть использованы при проектировании и настройке регулируемых параметров систем вентиляции.

Ключевые слова: вентиляция, воздухообмен, математическое моделирование, микроклимат, регрессия, функция аппроксимации

MODELING THE EFFECT OF THE AIR FLAP RESISTANCE ON THE AIR EXCHANGE OF VENTILATED ROOMS

Sereda S.N.

Murom Institute (branch) of Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Murom, e-mail: sereda-2010@mail.ru

The aim of the work is to find a function for approximating the coefficient of local resistance of the air flap in the ventilation system and to estimate its effect on the air exchange of a ventilated room through computer modeling. The paper defines the coefficients of the polynomial regression of different orders of the approximation function of the local resistance of the air flap by the least squares method, and the problems of using this approach in solving the problem of calculating the dynamics of changes of air flow are noted. The nonlinear approximation function of the local resistance and its inverse dependence are considered, meanwhile the evaluation of the function parameters is carried out by the linearization method. A parametric model of the approximation function based on the logistic function is proposed, the optimal values of the parameters of which are found algorithmically according to the minimum standard deviation criterion. The considered variants of the approximation functions can be used in the calculation of air exchange in a system with automatic adjustment of the opening angle of the air flap. A mathematical model of the dynamics of the air regime in the form of a system of differential equations is constructed. An example of modeling the air regime of a ventilated room with a linear change in the opening angle of the air flap in the MathCAD program using the Runge-Kutta iterative method, taking into account the proposed approximation function model. The simulation results can be used in the design and configuration of adjustable parameters of ventilation systems.

Keywords: ventilation, air exchange, mathematical modeling, microclimate, regression, approximation function

Системы вентиляции и кондиционирования воздуха жилых помещений, равно как и производственных помещений, предназначены для формирования микроклимата с целью обеспечения безопасных и комфортных условий жизнедеятельности человека, которые должны соответствовать требованиям ГОСТ и санитарно-эпидемиологических норм [1, 2]. При проектировании систем внутреннего тепло- и холодоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха в общественных и жилых зданиях нужно соблюдать требования энергоэффективности, а также применять передовые технологии, в том числе интеллектуаль-

ные системы автоматического управления климатическими системами здания [3]. При расчете требуемого воздухообмена зданий учитываются конструктивные характеристики вентиляторов, воздуховодов, воздушных дефлекторов, задвижек и других элементов системы вентиляции [4].

Для эффективного управления режимом работы систем вентиляции в алгоритме блока автоматического регулирования необходимо обеспечить плавное изменение регулируемого параметра по заданному закону. В качестве регулируемого параметра может выступать угол раскрытия воздушной заслонки в системе вентиляции. При исполь-

зовании табличных данных, а также при обработке результатов эксперимента возникает задача аппроксимации зависимостей некоторой аналитической функцией, для решения которой могут применяться различные методы [5–7], как то: кусочно-линейная аппроксимация, аппроксимация тригонометрическими функциями, полиномами Чебышева, сплайны и др., в некоторых случаях не удается с помощью таких подходов получить приемлемо хорошее приближение, либо аналитическая функция не позволяет получить общую математическую модель исследуемого процесса, как, например, при использовании сплайнов. Целью данной работы является поиск функции наилучшего приближения зависимости коэффициента местного сопротивления воздушной заслонки от угла раскрытия для расчета аэродинамического режима помещения.

$$G_g = F_g \cdot \omega \cdot \rho_g = F_g \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p \cdot \rho_g}{\xi(\varphi)}} = F_g \cdot \sqrt{2\Delta p \cdot \rho_g \cdot \varepsilon}, \quad (1)$$

где F_g – площадь сечения воздуховода, м²; Δp – потери давления через заслонку (проем), Па; ω – скорость движения воздуха, м/с; ρ_g – плотность воздуха, кг/м³; ξ – коэффициент местного сопротивления проема, зависящий от угла раствора φ .

В случае автоматического регулирования угла раскрытия заслонки с непрерывным шагом необходимо вычислять значения коэффициента местного сопротивления по некоторой формуле. Также эта проблема возникает при решении задачи расчета динамики изменения параметров микроклимата вентилируемых помещений в нестационарном режиме итерационными методами. Следовательно, научно-практический интерес представляет задача аппроксимации таблично заданной зависимости некоторой

В качестве исходных данных для исследования выступают значения коэффициента местного сопротивления воздушной заслонки ξ при изменении угла открытия φ (табл. 1), представленные в справочнике проектировщика систем вентиляции [4, с. 133]. При этом зависимость $\xi(\varphi)$ носит нелинейный характер.

Таблица 1

Исходные данные

φ	15	30	45	60	90
ξ	30,8	9,2	6,2	3,5	2,6

С учетом этого можно рассчитать расход воздуха G_g (кг/с) через воздуховод с регулируемой воздушной заслонкой или через ветровой проем помещения по формуле

аналитической функцией, удобной для последующего применения.

Материалы и методы исследования

Рассмотрим задачу поиска функции аппроксимации с помощью полиномиальной регрессии. Уравнение регрессии n -го порядка имеет вид

$$y(x) = a_n x^n + \dots + a_3 x^3 + a_2 x^2 + a_1 x + a_0, \quad (2)$$

где a_0, a_1, \dots, a_n – коэффициенты полинома регрессии.

Для нахождения значений коэффициентов регрессии n -го порядка воспользуемся методом наименьших квадратов [8]. Для этого необходимо решить систему нормальных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} n \cdot a_0 + a_1 \sum_{i=1}^n x_i + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^2 + \dots + a_n \sum_{i=1}^n x_i^n = \sum_{i=1}^n y_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^3 + \dots + a_n \sum_{i=1}^n x_i^{n+1} = \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^3 + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^4 + \dots + a_n \sum_{i=1}^n x_i^{n+2} = \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \\ \dots \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_i^n + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^{n+1} + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^{n+2} + \dots + a_n \sum_{i=1}^n x_i^{2n} = \sum_{i=1}^n x_i^n y_i \end{array} \right. \quad (3)$$

или в матричной форме записи

$$X \cdot A = Y, \tag{4}$$

где A – вектор искомых коэффициентов полинома регрессии; X – матрица, составленная по данным аргумента функции x_i ; Y – вектор, составленный по правым частям уравнений (3).

Тогда значения вектора коэффициентов полинома регрессии можно найти по формуле

$$A = X^{-1} \cdot Y, \tag{5}$$

где X^{-1} – обратная матрица.

Как критерий качества аппроксимации, показывающего меру близости результатов, полученных расчетным путем, и табличных данных, используем минимум среднеквадратического отклонения (СКО) и коэффициент корреляции Пирсона r [9].

В табл. 2 приведены результаты расчета функции регрессии местного сопротивления, а на рис. 1 – графики функций регрессии, полученные в программе MathCAD.

По результатам расчета можно сделать вывод, что ни одна из функций регрессии

не обеспечивает качество аппроксимации, а именно, при малых порядках регрессии получаем значительные ошибки аппроксимации, а при порядке регрессии $n = 4$, несмотря на точное совпадение расчетных и табличных данных, функция аппроксимации принимает отрицательные значения в интервале $69^\circ < \varphi < 88^\circ$, которые нельзя компенсировать как в случае регрессии второго порядка, также имеющей провал при $63^\circ < \varphi < 76^\circ$, без существенной потери точности. Функция регрессии третьего порядка имеет подъем на интервале $50^\circ \leq \varphi \leq 80^\circ$, что противоречит характеру изменения местного сопротивления. Отрицательные или нулевые значения функции при расчете воздухообмена по формуле (1) приводят к вычислительным ошибкам деления на ноль или комплексным величинам. Возможно избежать подобных коллизий, если искать функцию аппроксимации для со-зависимой величины $\varepsilon = 1/\zeta$ или $\varepsilon = 1/\sqrt{\xi}$, входящей в уравнение (1), используя метод линеаризации. В этом случае в уравнении (3) параметр y_i соответствует обратным величинам $1/\zeta_i$ или $1/\sqrt{\xi_i}$.

Таблица 2

Функции полиномиальной регрессии коэффициента местного сопротивления

	Уравнение регрессии порядка n	Оценка качества
$\zeta = y_2$	$y_2 = 0,00945 \cdot \varphi^2 - 1,318792 \cdot \varphi + 46,014^*$	СКО = 1,379 $r = 0,956$
$\zeta = y_3$	$y_3 = -2,954 \cdot 10^{-4} \cdot \varphi^3 + 0,0555 \cdot \varphi^2 - 3,341231 \cdot \varphi + 69,0132$	СКО = 0,564 $r = 0,993$
$\zeta = y_4$	$y_4 = 1,264 \cdot 10^{-5} \cdot \varphi^4 - 2,8 \cdot 10^{-3} \cdot \varphi^3 + 0,2222 \cdot \varphi^2 - 7,67 \cdot \varphi + 104,66$	СКО = 0 $r = 1$

Примечание. *Коэффициент $a_0 = 46,014$ в уравнении регрессии второго порядка приводится с учетом поправки +0,316 для исключения отрицательных значений функции (при $63^\circ < \varphi < 76^\circ$).

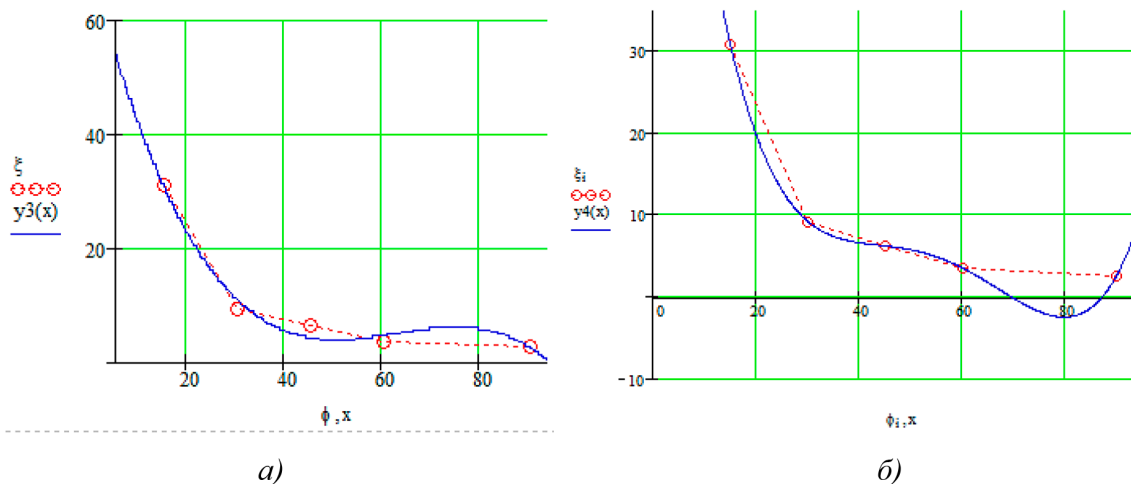
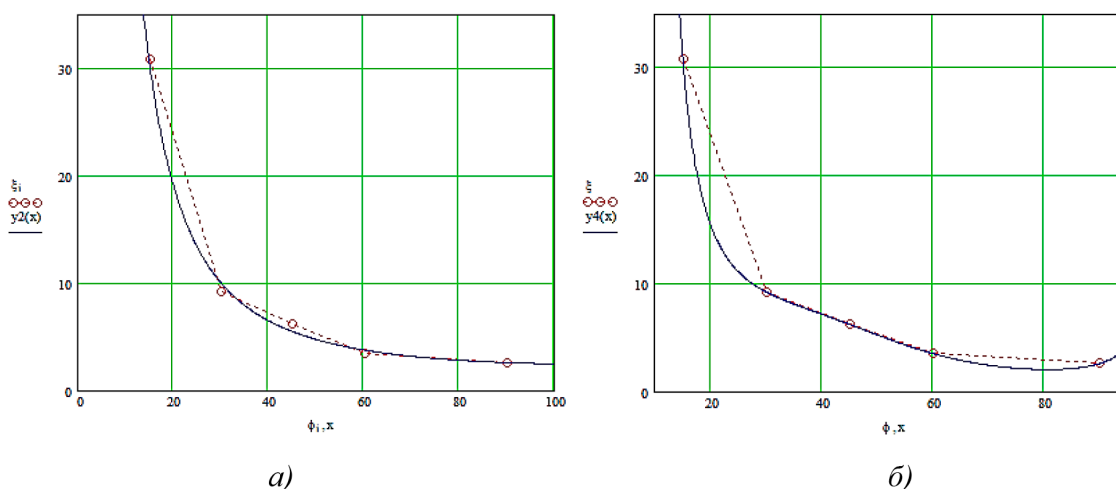
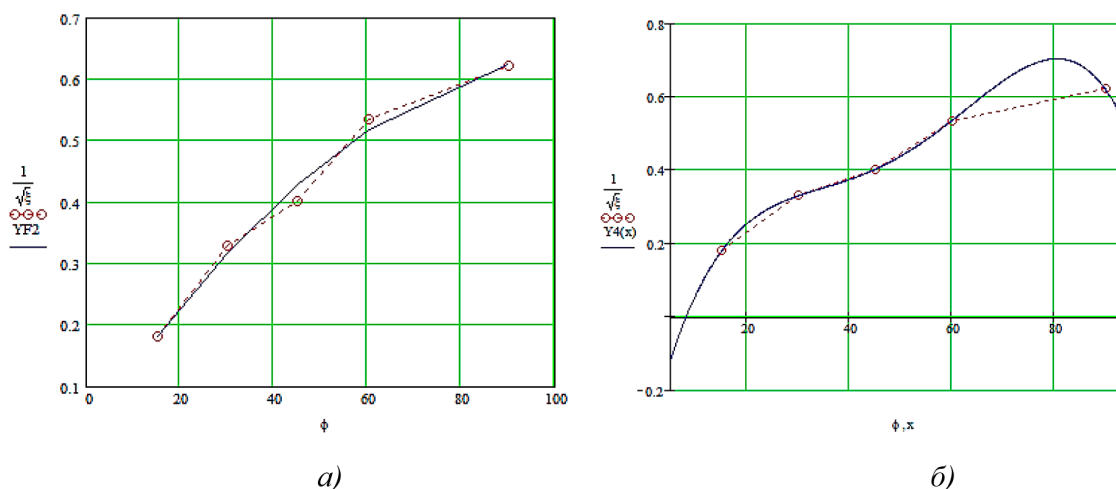


Рис. 1. Графики функций регрессии местного сопротивления а) $n = 3$; б) $n = 4$

Таблица 3

Функции регрессии обратных зависимостей местного сопротивления

	Уравнение регрессии порядка n	Оценка качества
$\zeta = 1/\varepsilon$	$\varepsilon = 0,004826 \cdot \varphi - 0,037$	СКО = 0,5195 $r = 0,999$
$\zeta = 1/\varepsilon^2$	$\varepsilon = -5,189 \cdot 10^{-5} \cdot \varphi^2 + 0,01133 \cdot \varphi + 0,023503$	СКО = 0,245 $r = 0,99877$
$\zeta = 1/\varepsilon^2$	$\varepsilon = -4,289 \cdot 10^{-7} \cdot \varphi^3 + 1,403 \cdot 10^{-5} \cdot \varphi^2 + 8,435 \cdot 10^{-3} \cdot \varphi + 0,056873$	СКО = 0,421 $r = 0,99765$
$\zeta = 1/\varepsilon^2$	$\varepsilon = -1,51 \cdot 10^{-7} \cdot \varphi^4 + 2,95 \cdot 10^{-5} \cdot \varphi^3 - 1,9776 \cdot \varphi^2 + 0,060147 \cdot \varphi - 0,368968$	СКО = 0 $r = 1$

Рис. 2. Графики функций регрессии местного сопротивления а) $n = 2$; б) $n = 4$ Рис. 3. График функций регрессии коэффициента местного сопротивления, а) $n = 2$; б) $n = 4$

В табл. 3 приведены результаты расчета функции регрессии местного сопротивления, вычисленного как обратная величина от функции регрессии, а на рис. 2 – графики функций регрессии, полученные в программе MathCAD.

Как видно из рис. 2, найденные функции регрессии 2-го и 3-го порядка являются монотонными убывающими. При этом функция регрессии 2-го порядка дает даже меньшую ошибку аппроксимации местного сопротивления, а в сравнении с функцией ε

ошибка СКО равна $7 \cdot 10^{-3}$, что говорит о хорошем качестве аппроксимации (рис. 3, а).

Функция регрессии 4-го порядка при точном совпадении с табличными данными имеет два существенных недостатка: функция равна 0 при $\varphi = 8$ (что приводит к $\xi = \infty$), а при $\varphi > 80$ величина, обратная коэффициенту местного сопротивления ξ , убывает (рис. 3, б).

Если в качестве функции аппроксимации выбрать зависимость обратной величины коэффициента местного сопротивления, то с учетом найденных значений коэффициентов регрессии (табл. 3), при расчете воздухообмена по формуле (1), будем определять величину $\varepsilon = 1/\sqrt{\xi}$ по формуле

$$\varepsilon = 1/\sqrt{\xi} = \sqrt{(4,826 \cdot 10^{-3} \varphi^{1,05})} = 0,06947 \cdot \varphi^{0,525} - 0,096. \quad (6)$$

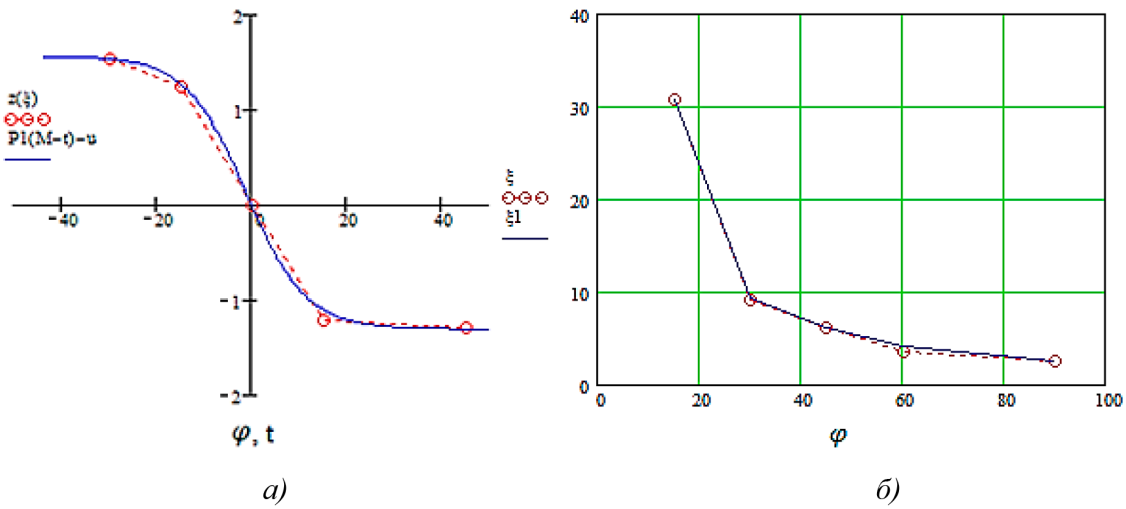


Рис. 4. Графики функций аппроксимации коэффициента местного сопротивления

Таблица 4

Логистическая функция аппроксимации местного сопротивления

φ	15	30	45	60	90	Оценка качества
ξ_1	30,8	9,4	6,2	4,2	2,5	СКО = 0,144 $r = 0,99963$
$1/\sqrt{\xi_1}$	0,18	0,326	0,402	0,489	0,637	СКО = 0,0097 $r = 0,9908$

При этом график зависимости аналогичен показанному на рис. 3, а (СКО равно 0,754), однако начальное значение $-0,096$ приводит к ошибке деления на ноль при значении угла $\varphi \approx 1,85^\circ$.

Рассмотрим центрированную функцию от коэффициента местного сопротивления вида

$$z(\xi) = \arctg(\xi - 6,2). \quad (7)$$

Тогда в качестве функции аппроксимации зависимости (7) можно использовать модифицированное логистическое уравнение Ферхюльста:

$$P1(t, u) = \frac{k_1 \cdot P_0 \cdot e^{rt}}{k_1 + P_0 \cdot (e^{rt} - 1)} - u, \quad (8)$$

где $k_1, k_2, r, P_0, u, t, M$ – параметры модели, причем $t = k_2 \cdot (\varphi - 45^\circ) + M$; φ – угол раскрытия, град.

Модель (8) является параметрической, и поиск значений параметров модели рассматривается как алгоритмическая задача оптимизации по критерию наилучшего приближения СКО. Тогда значения коэффициента местного сопротивления можно вычислить по формуле

$$\xi_1 = \operatorname{tg}(\operatorname{P1}(t, u)) + 6,2. \quad (9)$$

На рис. 4 приведены зависимости $z(\xi)$ и функции аппроксимации (8) (рис. 4, а), а также расчетные значения коэффициента местного сопротивления по формуле (9) (рис. 4, б) при следующих значениях параметров: $k_1 = 2,871$, $k_2 = -0,2$, $r = 0,794$, $P_0 = 1,575$, $u = 1,311$, $M = -0,508$ найденных алгоритмом поиска на языке программирования Python.

В табл. 4 приведены результаты расчета функции аппроксимации местного сопротивления по формуле (9), а также обратные величины $1/\sqrt{\xi_1}$ для дальнейшего расчета по формуле (1). Полученные результаты показывают высокую точность приближения к исходным данным.

Результаты исследования и их обсуждение

Динамику изменения расхода воздуха в системе вентиляции при линейном изменении угла раскрыва воздушной заслонки, в случае аппроксимации коэффициента местного сопротивления функцией регрес-

сии второго порядка (2) (табл. 3), можно описать системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{d\varphi}{dt} = k \\ \frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{d\varphi}{dt} \cdot (-10,38 \cdot 10^{-5} \cdot t + 0,01133) \\ \frac{d\xi}{dt} = \frac{1}{\varepsilon(t)^2} \\ \frac{dG_v}{dt} = \frac{d\varphi}{dt} \cdot F_v \cdot \sqrt{2 \cdot P \cdot \rho_v} \cdot \frac{d\varepsilon}{dt} \end{cases}, (10)$$

где k – угловой коэффициент, определяющий линейную скорость изменения угла раскрыва воздушной заслонки (в модели $k = 9$ при полном раскрытии заслонки за время $t = 10$ с).

Для решения системы уравнений была использована встроенная функция *rkfixed* в программе Mathcad, реализующая итерационный метод Рунге – Кутты. Результаты компьютерного моделирования динамики воздухообмена приведены на рис. 5.

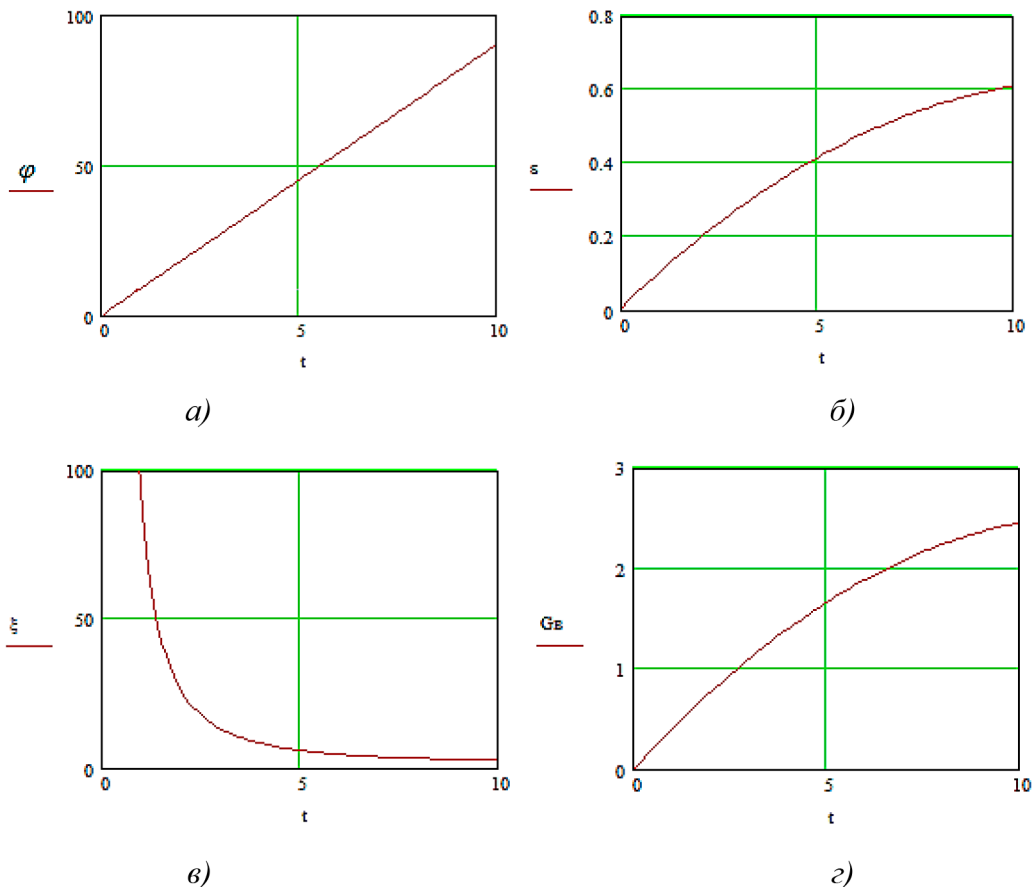


Рис. 5. Модель динамики воздухообмена: а) угол раскрыва заслонки; б) коэффициент $\varepsilon = 1/\sqrt{\xi}$; в) коэффициент местного сопротивления ξ ; д) расход воздуха, кг/с

Как видно из модельных результатов, коэффициент местного сопротивления уменьшается обратно пропорционально линейному увеличению угла раскрыва заслонки, а воздухообмен через воздушную заслонку аperiodически увеличивается прямо пропорционально величине ε . Управление воздухообменом вентилируемого помещения в автоматическом режиме возможно, например, путем изменения угла раскрыва воздушной заслонки в зависимости от температуры внутреннего воздуха.

Заключение

В работе проведен анализ применения полиномиальной регрессии для аппроксимации местного сопротивления воздушной заслонки, выявлены проблемы применения данного подхода при решении задачи расчета динамики изменения воздухообмена. Рассматриваются модели нелинейных функций аппроксимации и оценка параметров методом линеаризации. Предложена параметрическая модель функции аппроксимации на основе логистической кривой, оптимальные значения параметров которой находятся алгоритмически по критерию минимума среднеквадратического отклонения. Построена математическая модель динамики воздушного режима в виде системы дифференциальных уравнений. Показан пример моделирования воздушного

режима вентилируемого помещения с учетом предложенной модели функции аппроксимации. Результаты моделирования могут быть использованы при проектировании и настройке регулируемых параметров систем вентиляции.

Список литературы

1. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 2013. 12 с.
2. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Дата введения 2021-03-01, 2021. 469 с.
3. СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. Дата введения 2021-07-01. М.: Стандартинформ, 2021. 149 с.
4. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3. Вентиляция и кондиционирование воздуха / В.Н. Богословский, А.И. Пирумов, В.Н. Посохин и др.; Под ред. Н.Н. Павлова и Ю.И. Шиллера. М.: Стройиздат, 1992. 319 с.
5. Большаков А.А., Каримов Р.Н. Методы обработки многомерных данных и временных рядов: учеб. пособие для вузов. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 522 с.
6. Серда С.Н. К вопросу аппроксимации эмпирических зависимостей // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. Т. 5, № 12 (66). С. 133–136.
7. Karl-Georg Steffens. The History of Approximation Theory. From Euler to Bernstein. Boston: Birkhauser, 2006. 235 p.
8. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы. СПб.: Лань, 2023. 672 с.
9. Горлач Б.А. Теория вероятностей и математическая статистика: учебно-методическое пособие. СПб.: Лань, 2022. 320 с.

УДК 004.891.3

DOI 10.17513/snt.39912

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И КОМПЛЕКС ПРОГРАММ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИЙ ЧЕЛОВЕКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

Тетеревенков Д.Л., Корчагин С.А.

*ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»,
Москва, e-mail: 229205@fa.ru*

В данной работе представлено решение задачи распознавания эмоций по изображению лица в режиме реального времени с использованием математического моделирования и специализированного программного комплекса. Примененный подход основан на использовании глубоких нейронных сетей, сопряженных с математическими методами обработки данных. Разработан и использован набор данных для обучения нейронной сети, а также проведено распределение данных по классам эмоций с учетом численных характеристик каждого класса. Исследованы и применены численные методы машинного обучения с целью определения наиболее эффективного алгоритма для точного распознавания эмоций. Проведен анализ математического аппарата, необходимого для успешной реализации методов распознавания эмоций, что привело к разработке программного комплекса на языке программирования Python. Созданная архитектура веб-приложения предоставляет возможность использования разработанного приложения на локальном компьютере пользователя с использованием видеопотока веб-камеры. Для визуализации результатов исследования применены численные методы, а веб-приложение, созданное с использованием фреймворка streamlit.io, в реальном времени определяет эмоции на лице человека и визуализирует их с помощью линейных и круговых диаграмм, построенных на основе разработанных методов математического моделирования.

Ключевые слова: математическое моделирование, численные методы, глубокое обучение, нейронные сети, распознавание эмоций, программные комплексы

MATHEMATICAL MODELS AND A SET OF PROGRAMS FOR DETERMINING HUMAN EMOTIONS USING COMPUTER VISION TECHNOLOGIES

Teterevenkov D.L., Korchagin S.A.

*Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow,
e-mail: 229205@fa.ru*

This paper presents a solution to the problem of emotion recognition from facial images in real time using mathematical modeling and a specialized software package. The applied approach is based on the use of deep neural networks interfaced with mathematical methods of data processing. A dataset for training the neural network was developed and used, and the distribution of data into classes of emotions was carried out, considering the numerical characteristics of each class. Numerical machine learning methods were investigated and applied to determine the most effective algorithm for accurate emotion recognition. Analyzed the mathematical apparatus required for successful implementation of emotion recognition methods, which led to the development of a software package in the Python programming language. The created web application architecture provides the possibility of using the developed application on the user's local computer using the video stream of the webcam. Numerical methods have been applied to visualize the results of the study, and the web application created using the streamlit.io framework detects emotions on a person's face in real time and visualizes them using linear and pie charts based on the developed methods of mathematical modeling.

Keywords: mathematical modeling, numerical methods, deep learning, neural networks, emotion recognition, software packages

Определение психоэмоционального состояния человека в настоящее время становится предметом значительного интереса в контексте широкого применения, от медицинских исследований до маркетинговых стратегий [1]. Эмоции играют ключевую роль в общении, отражая взаимодействие человека с окружающим миром и самим собой. В современном обществе расширяются области применения распознавания эмоций, увеличивая потребность в точных методах определения человеческих эмоций.

Особый интерес представляет задача распознавания эмоций по изображению лица, и это обусловлено несколькими факторами. Прежде всего, изображения лиц легко доступны и широко распространены в повседневной жизни. Лица обладают высокой информативностью для распознавания эмоций, так как мимика, выражение глаз и другие физические признаки могут явно выражать или намекать на определенные эмоции [2, 3]. Более того, сбор больших наборов данных с изображениями лиц про-

ще по сравнению с другими типами данных, такими как речь или почерк [4, 5].

Несмотря на активные исследования в области распознавания эмоций по мимике, в настоящее время недостаточно разработаны приложения, которые могли бы эффективно определять человеческие эмоции и использовать эту информацию для научных и медицинских целей. Машинное обучение представляется перспективным методом решения этой проблемы на практике [6].

Цель работы заключается в развитии методов распознавания эмоций по лицам людей в видеопотоке в реальном времени и создании приложения, способного решать указанные проблемы. Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в возможности использования наилучших моделей распознавания эмоций для дальнейших исследований в психологии, медицине, маркетинге и других областях.

Разрабатываемый программный комплекс позволит в реальном времени определять эмоции на лице человека по видеопотоку с веб-камеры. Для достижения этой цели приложение должно соответствовать следующим функциональным требованиям:

1. Программный комплекс должен проводить распознавание эмоций на лице человека в режиме реального времени.
2. Точность распознавания эмоций должна составлять не менее 85 %.
3. Программный комплекс должен формировать линейчатый график и круговую диаграмму на основе данных о распознанных эмоциях в реальном времени.
4. Пользователь должен иметь возможность использовать программный комплекс на своем локальном компьютере.

Математические модели и методы распознавания эмоций

В настоящее время в научных исследованиях и при создании программных комплексов активно используется техника решения задач с использованием методов глубокого обучения. Из-за изменений в изображениях, вызванных освещением, старением и другими факторами, достижение точности при распознавании эмоций в реальном времени является важной проблемой [7].

Для решения задачи распознавания эмоций в реальном времени был проведен сравнительный анализ следующих методов машинного обучения с акцентом на математические алгоритмы – SVM (Support Vector Machines), ANN (Artificial Neural Networks), и CNN (Convolutional Neural Networks).

Метод опорных векторов (SVM) использует математическую модель для разде-

ления данных на классы. В случае распознавания эмоций SVM стремится построить гиперплоскость, максимально разделяющую изображения лиц по их эмоциональному состоянию. Основная математика SVM включает оптимизацию и поиск опорных векторов, минимизируя функцию потерь.

$$\min_{w,b} \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^m \xi_i,$$

где w – веса, b – смещение, C – параметр регуляризации, ξ_i – штраф за нарушение гиперплоскости.

Искусственные нейронные сети (ANN) состоят из взаимосвязанных узлов, имитируя работу человеческого мозга. В случае распознавания эмоций ANN обучается весам между узлами, оптимизируя функцию потерь. Основные математические аспекты включают в себя обратное распространение ошибки и применение градиентного спуска.

$$Loss = -\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k Y_{ij} \log(O_{ij}),$$

где $-\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k Y_{ij} \log(O_{ij})$ – перекрестная энтропия, измеряющая разницу между предсказанными (O_{ij}) и истинными Y_{ij} метками.

Основным инструментом из технологий нейронных сетей для решения задач распознавания эмоций является сверточная нейронная сеть (CNN) [8, 9].

В основе данного решения находятся сверточные слои. Операция свертки для i -го фильтра и j -го канала описывается следующим образом:

$$O_{x,y} = \sum_{i,j} W_{i,j} \sum_{t,k} I_{t,k}, \quad k, |t-i| < l, |k-j| < l,$$

где W – ядро свертки, I – входные данные, l – коэффициент расширения.

В работе используется нейронная сеть, архитектура которой представлена на рис. 1. На первом этапе происходит определение входного слоя и количества фильтров в первом сверточном слое. Далее проводится эксперимент для определения количества сверточных слоев, размеров фильтров и полностью связанных слоев, что позволяет оптимизировать производительность модели. Для того чтобы предотвратить переобучение и улучшить обобщающую способность модели, были использованы такие методы, как dropout и batch normalization [10].

Модель обучалась на наборе данных, где каждое изображение лица относится к одной из следующих категорий эмоций: злость, отвращение, страх, счастье, грусть, удивление и нейтральное состояние.

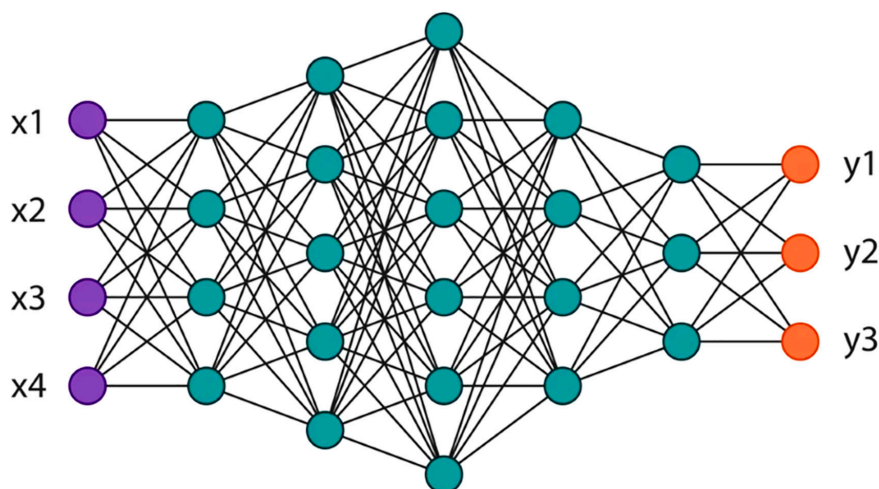


Рис. 1. Пример архитектуры нейронной сети

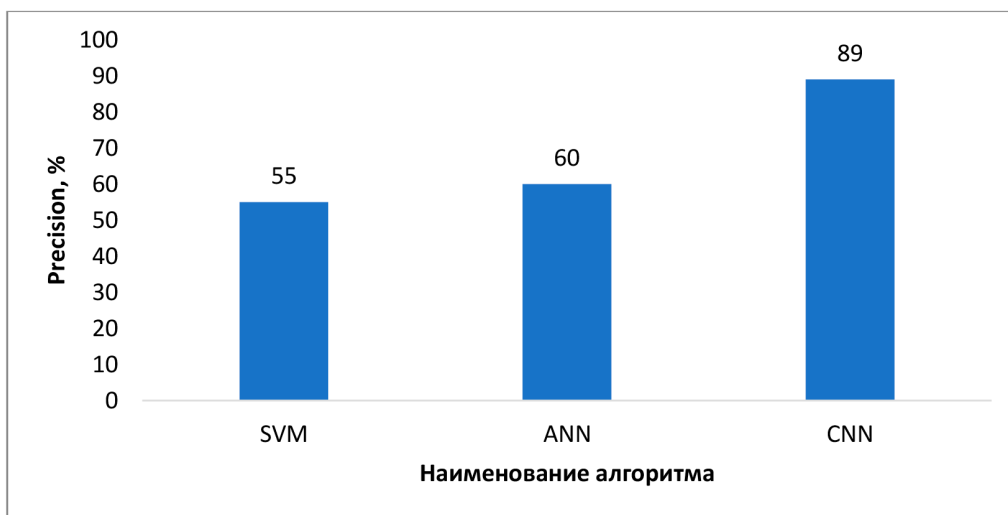


Рис. 2. Результаты вычислительного эксперимента

Для обучения модели используются изображения лиц размером 48x48 пикселей. Важно, чтобы лица находились в центральной части изображения и занимали примерно одинаковое пространство. Таким образом, будут получены более точные результаты. Обучающий набор данных содержал 28709 примеров, а тестовый – 3589 [11].

Полученный набор данных был разбит на обучающую и тестовую выборку. Данный подход позволяет обеспечить валидацию точности модели по метрикам Precision, Recall и F-Score, благодаря тому, что не весь набор данных используется при обучении модели. Использование полного набора данных при моделировании и подборе параметров может привести к переобучению модели – модель с высокой точностью будет справляться с примерами из обучающей вы-

борки, но будет показывать хуже результаты в данных на реальных примерах [12].

Проведено сравнение CNN с другими методами машинного обучения, используемыми в задачах распознавания эмоций – SVM, ANN [13]. В качестве метрики качества работы модели была использована Precision.

$$precision = \frac{TP}{TP + FP},$$

где TP – количество экспериментов, когда классификатор верно соотнес объект к выбранному классу, FP – количество экспериментов, когда классификатор неверно соотнес объект к выбранному классу.

Результаты вычислительного эксперимента показаны на рис. 2.

Создание программного комплекса на основе streamlit.io

Принцип работы разработанного программного комплекса описан ниже. Система распознает лицо, по которому возможно определить эмоцию. Выражения лица обычно формируются движениями лицевых мышц. Затем различным эмоциям, которые они изображают, присваиваются определенные названия. После этого происходит процесс загрузки модели. Изображение bgr в градации серого преобразуется в изображение RGB, как только включается камера. После этого изображение масштабируется. Сразу после преобразования в градацию серого кадр пропускается через классификатор эмоций, который был предварительно обучен и настроен. Он предназначен для сопоставления настроения с ранее записанными эмоциями и классификации эмоций на основе вероятности. Затем классифицированное изображение маркируется. Возможно, что эмоция не будет распознана, если не будет ярко выражена. Если заданные эмоции присутствуют в базе данных, вычисляется вероятность присутствия конкретной эмоции.

После того, как получены результаты распознавания эмоций на тестовой вы-

борке, необходимо проверить эффективность модели на видео в реальном времени. Программный комплекс включает в себя веб-приложения на основе streamlit.io. Как показывает практика [14], streamlit.io является довольно популярным решением для подобных задач. Разработанное приложение позволяет наглядно продемонстрировать результаты исследований, вывести дополнительные графики вероятности возникновения определенных эмоций для визуализации.

Код на Python преобразуется в веб-приложение при помощи библиотеки Streamlit. Данная библиотека позволяет добавлять виджеты, ввод текста, списки, выбор значений, визуализацию, графики, интерактивные панели, карты, различные элементы управления и запускать их во встроенном сервере.

При запуске было указано имя на Python с описанием веб-страницы, в нашем случае app.py. Streamlit запустил встроенный веб-сервер, а в нем – страницу на основе скрипта app.py. Сервер Streamlit запущен по адресу http://localhost:8501. Он запускается только на локальном компьютере, другие пользователи не смогут подключиться к этому приложению по сети.

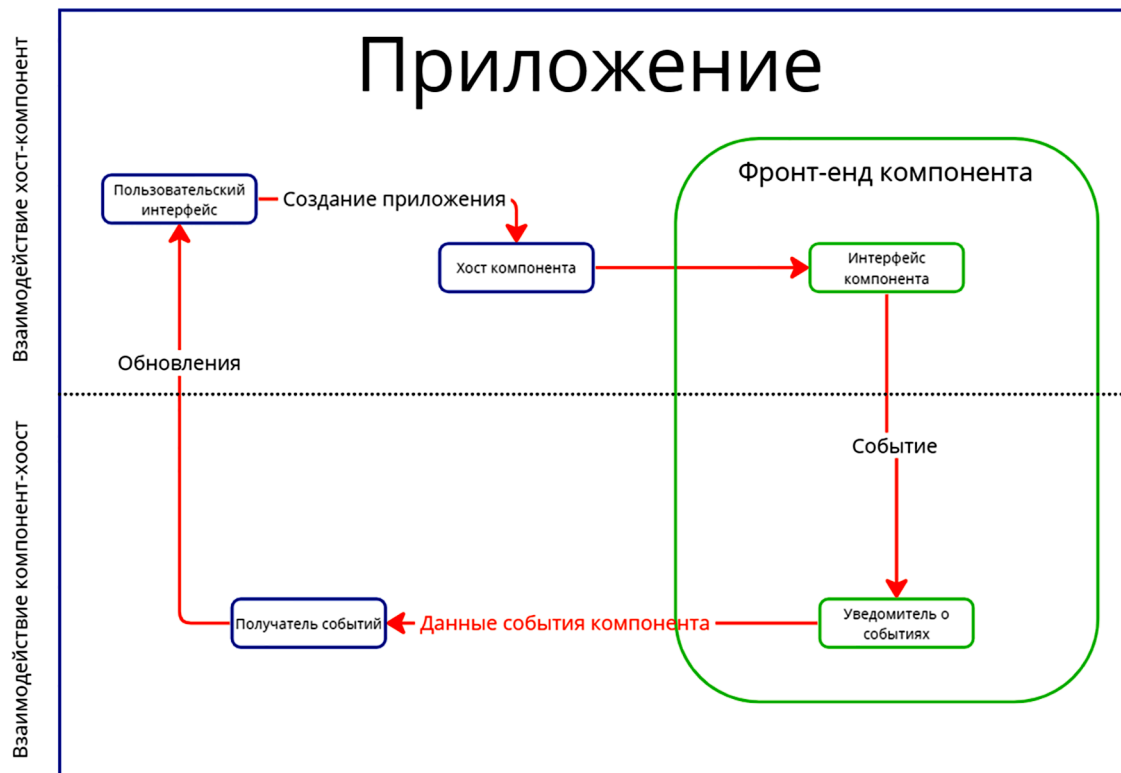


Рис. 3. Архитектура разработанного приложения Streamlit

В веб-приложении реализована визуализация видеопотока с веб-камеры. На основе данного видеопотока с помощью ранее обученной нейронной сети определяется эмоция человека. Результат работы нейронной сети выводится в левом верхнем углу видеопотока зелеными буквами.

Помимо видеопотока с прогнозом эмоций реализованы два графика:

– Круговая диаграмма – определенные нейросетью эмоции отображаются в виде круговой диаграммы, которая отображается в реальном времени.

– Линейный график – отображает определенные нейросетью эмоции во времени. По оси x – время, по оси y – эмоции. График обновляется в режиме реального времени.

Заключение

В исследовании был приведен анализ существующих методов распознавания эмоций на основе машинного обучения. Сверточная архитектура нейронной сети позволила распознать эмоции с точностью 89%, что является лучшим результатом, по сравнению с другими исследуемыми моделями машинного обучения. Был разработан комплекс программ для распознавания эмоций человека по видео с использованием языка программирования Python. Программный комплекс включает в себя веб-приложение на основе streamlit.io, которое позволяет визуализировать исследуемые и обработанные данные. Полученные результаты могут быть полезны при решении практических задач в психологии, медицине и маркетинге.

Список литературы

1. Куанг Н.Д., Южаков М.М. Обзор методов оценки психоэмоционального состояния человека // Информационно-измерительная техника и технологии: материалы VI научно-практической конференции (Томск, 27–30 мая 2015 г.). Томск: Издательство Национального исследовательского Томского политехнического университета, 2015. С. 109–112.
2. Мельник О.В., Саблина В.А., Черненко А.Д. Распознавание микровыражений лица с использованием классифи-

каторов на основе методов машинного обучения // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2023. № 1 (45). С. 125–135.

3. Русанова Е.Г. Обзор методов классификации эмоций человека для задач распознавания эмоций // Политехнический молодежный журнал. 2022. № 8. С. 8–10.

4. Мирошниченко М.А. Биометрические технологии как драйвер развития цифровой экономики // Общество и экономика знаний, управление капиталами: цифровая экономика знаний. 2022. № 6. С. 531–541.

5. Ямполь Е.С., Светличная Н.П. Использование искусственного интеллекта в образовании / Открытые эволюционирующие системы: цифровая трансформация: Материалы шестой международной научно-практической конференции. Посвящается 85-летию образования ДВГУПС. Хабаровск, 2022. С. 221–232.

6. Евсеев В.И. Искусственный интеллект в современном мире: надежды и опасности создания и использования // Аэрокосмическая техника и технологии. 2023. № 1. С. 16–34.

7. Бредихин А.И. Алгоритмы обучения сверточных нейронных сетей // Вестник Югорского государственного университета. 2019. № 1 (52). С. 41–54.

8. Романов А.А. Сверточные нейронные сети // Научные исследования: ключевые проблемы III тысячелетия: 21-я Международная научно-практическая конференция (Тверь, 10 января 2018 г.). Тверь: Издательство Тверского государственного университета, 2018. С. 5–9.

9. Гришанов К.М., Белов Ю.С. Модель сверточной нейронной сети в задачах машинного зрения // Наука, техника и образование. 2017. № СВ1(11). С. 100–106. URL: <https://nto-journal.ru/catalog/informacionnye-tehnologii/273/> (дата обращения: 13.07.2023).

10. Тимофеева О.П., Неимуцев С.А., Неимуцева Л.И., Тихонов И.А. Распознавание эмоций по изображению лица на основе глубоких нейронных сетей // Труды НГТУ им. П.Е. Алексеева. 2020. № 1 (128). С. 16–24. URL: <https://nto-journal.ru/catalog/informacionnye-tehnologii/273/> (дата обращения: 09.07.2023).

11. Астахов Д.А., Катаев А.В. Использование современных алгоритмов машинного обучения для задачи распознавания эмоций // Cloud of science. 2018. Т. 5, № 4. С. 664–679.

12. Куликова Я.В., Качалов Д.Л. Метод определения эмоционального состояния человека при помощи чат-бота // Инженерный вестник Дона. 2022. № 9 (93). С. 42–52.

13. Гусева О.А. Применение методов машинного обучения для анализа психотипов личности // Инженерный вестник Дона. 2023. № 5 (101). С. 103–111.

14. Pramoda R., Arun S., Athul B., Bharath B., Reddy B. Emotion Recognition and Drowsiness Detection using Digital Image Processing and Python // International Journal of Scientific Research in Science and Technology. 2021. P. 1037–1043. DOI:10.32628/IJSRST183209.

УДК 004.056:004.043
DOI 10.17513/snt.39913

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ В ИМПОРТИРУЕМЫХ БИБЛИОТЕКАХ ЯЗЫКА PYTHON С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Швыров В.В., Капустин Д.А., Сентяй Р.Н.

ФГБОУ ВО «Луганский государственный педагогический университет», Луганск,
e-mail: slsh@i.ua

Использование дополнительных модулей и библиотек значительно повышает эффективность разработки программ на Python. Однако большинство из библиотек являются проектами с открытым исходным кодом, которые зачастую разрабатываются энтузиастами и могут содержать потенциальные уязвимости или вредоносный код. В связи с этим возникает необходимость разработки эффективных программных средств для проверки импортируемых библиотек на предмет наличия в них известных дефектов и уязвимостей, которые описаны в различных открытых каталогах. Методы статического анализа программного кода могут быть эффективно использованы для детектирования различных уязвимостей и повышения качества программ на языке Python. Анализ количества публикаций по данной тематике показывает существенный интерес авторов к проблемам разработки безопасного программного обеспечения. В статье рассматривается проблема обнаружения уязвимостей в сторонних библиотеках Python, используемых в проектах с открытым исходным кодом. Представлено описание общей схемы разработки, а также реализация детектора уязвимостей, который обеспечивает обнаружение потенциальных проблем на основании данных открытых каталогов уязвимостей и повышает безопасность приложений на Python. Кроме того, в работе представлен анализ уязвимостей наиболее популярных библиотек с открытым исходным кодом на Python.

Ключевые слова: статический анализ, уязвимость, CVE, Python, импорт библиотеки в Python

DETECTING VULNERABILITIES IN IMPORTED PYTHON LIBRARIES USING STATIC ANALYSIS METHODS

Shvyrov V.V., Kapustin D.A., Sentyay R.N.

Luhansk State Pedagogical University, Luhansk, e-mail: slsh@i.ua

The use of additional modules and libraries significantly increases the efficiency of developing programs in Python. However, most of the libraries are open source projects that are often developed by enthusiasts and may contain potential vulnerabilities or malicious code. In this regard, there is a need to develop effective software tools for checking imported libraries for the presence of known defects and vulnerabilities, which are described in various open catalogs. Static code analysis methods can be effectively used for detecting various vulnerabilities and improving the quality of Python programs. An analysis of the number of publications on this topic shows the authors' significant interest in the problems of developing secure software. This article addresses the problem of vulnerability detection in third-party Python libraries used in open-source projects. It provides an overview of the general development scheme and the implementation of a vulnerability detector that identifies potential issues based on data from open vulnerability repositories, thus enhancing the security of Python applications. Additionally, the paper presents an analysis of vulnerabilities in the most popular open-source Python libraries.

Keywords: static analysis, vulnerability, CVE, Python, importing libraries in Python

Язык программирования Python устойчиво занимает лидирующие позиции в различных рейтингах [1]. Например, согласно данным рейтинга TIOBE (рис. 1) по состоянию на октябрь 2023 г., Python сохраняет первую позицию, опережая языки C, C++ и Java.

Современной тенденцией в области разработки программного обеспечения является формирование развитых экосистем для различных языков программирования, включающих, помимо форумов и сообществ программистов, различные репозитории дополнительных пакетов, которые существенно расширяют возможности конкретного языка, экономят время и в целом делают работу разработчиков значительно

эффективнее. В частности, наиболее известным репозиторием пакетов для языка JavaScript считается npm, для Java – Maven, NuGet для языка C#, PyPI – репозиторий библиотек для Python. Следует отметить, что анализ безопасности для экосистемы npm проводился в работе [2], для PyPI – в работе [3].

По данным рейтинга OWASP Top 10 (Open Web Application Security Project [4]), использование уязвимых и устаревших компонент занимает шестую позицию. Данные рейтинга свидетельствуют об актуальности разработок, связанных с анализом используемых библиотек и с повышением безопасности разрабатываемого программного обеспечения в целом.

Oct 2023	Oct 2022	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	1		 Python	14.82%	-2.25%
2	2		 C	12.08%	-3.13%
3	4	▲	 C++	10.67%	+0.74%
4	3	▼	 Java	8.92%	-3.92%
5	5		 C#	7.71%	+3.29%

Рис. 1. Рейтинг ТЮВЕ

При выполнении анализа безопасности программного кода важную роль играют методы статического анализа [5-8], а также различные каталоги уязвимостей: каталог видов уязвимостей – CWE (Common Weakness Enumeration [9]), каталоги найденных уязвимостей (Банк данных угроз ФСТЭК России [10], CVE Common Vulnerabilities and Exposures [11]). Кроме того, одним из известных ресурсов является Snyk, который предоставляет информацию об уязвимостях в различных открытых библиотеках и проектах, а также классифицирует их по экосистемам для разных языков программирования.

Целью данной работы является разработка детектора уязвимостей в импортируемых библиотеках для языка Python с использованием методов статического анализа программного кода и открытых каталогов уязвимостей программного обеспечения, а также исследование его эффективности путем сканирования наиболее загружаемых библиотек Python, представленных в репозитории PyPI.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд теоретических и практических задач:

- изучить основные тенденции и направления развития в области анализа программного кода, а также исследовать публикационную активность в области данной тематики;
- выполнить анализ различных вариантов получения блока импортируемых библиотек для кода Python;
- разработать методы анализа используемых библиотек с использованием различных открытых каталогов уязвимостей;
- оценить эффективность работы алгоритма детектирования путем исследования наиболее популярных библиотек Python.

Актуальность исследования обусловлена рядом факторов. Во-первых, в связи с различными санкционными ограничениями ряд зарубежных сервисов становится недоступен либо блокируется, в связи с этим возникает необходимость поиска новых доступных средств проверки программного

кода. Во-вторых, в рамках общей тенденции импортозамещения зарубежного программного обеспечения возникает острая необходимость отечественных разработок в области безопасности и анализа программного кода.

Материалы и методы исследования

Для анализа программного кода используются различные методы, наиболее распространенными являются методы статического и динамического анализа, различные варианты тестирования программного кода, а также синтетические методы. Обзор ряда методов представлен в работе [12].

В связи с обширным числом публикаций возрастает важность обзорных работ, которые могут помочь ориентироваться в том или ином конкретном подходе к анализу программного кода. В частности, следует выделить работу, посвященную общему анализу использования методов статического анализа и машинного обучения для детектирования вредоносных программ [13].

Для анализа подключаемых библиотек и поиска уязвимостей в зависимостях в проектах на языке Python существует большое количество различных проектов, которые в большинстве случаев используют базы CVE, CWE, а также базу PyPa, которая интегрирована в проект Open Source Vulnerabilities. Среди таких проектов можно выделить проекты Bandit, pip-audit, Safety (использует собственную базу SafetyDB). Кроме того, существует множество универсальных коммерческих проектов для анализа безопасности программного кода, например Infowatch Appercut, АК-BC 2. Существует также ряд инструментальных средств, которые используют нейросетевые методы для поиска уязвимостей Embold, DeepCode AI (используется в проекте Snyk).

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование активности авторов в области методов статического анализа программного кода, путем поиска научных

публикаций по ключевому запросу «static analysis» на платформе ArXiv, показало, что в корпусе найденных публикаций содержится около 900 работ.

Среди русскоязычных ресурсов следует выделить портал библиотеки «КиберЛенинка», которая построена на парадигме открытой науки (Open Science). Поиск по ключевому запросу «статический анализ» показывает более 400 найденных публикаций за последние 10 лет.

Детальный анализ страницы с результатами поиска на ArXiv позволил установить, что гиперссылки на статьи в формате PDF имеют вид <https://arxiv.org/pdf/YYYY.NNNNN>, где первые четыре символа со-

ответствуют году и месяцу публикации, таким образом, с использованием современных средств парсинга было определено количество публикаций по годам. Аналогичный анализ результатов поиска на «КиберЛенинке» дал возможность получить общие данные о публикационной активности как в англоязычном, так и в русскоязычном сегменте (рис. 2).

Суммируя показатели русскоязычных и англоязычных публикаций, можно увидеть общую тенденцию роста интереса авторов к тематике статического анализа программного кода и методам повышения качества и безопасности программного обеспечения (рис. 3).

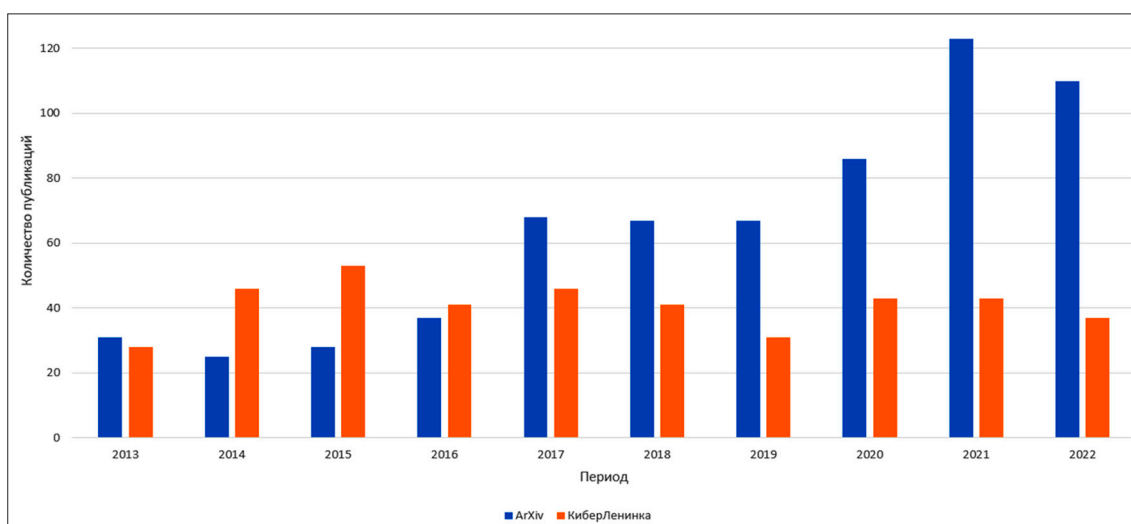


Рис. 2. Данные о количестве публикаций по тематике статического анализа

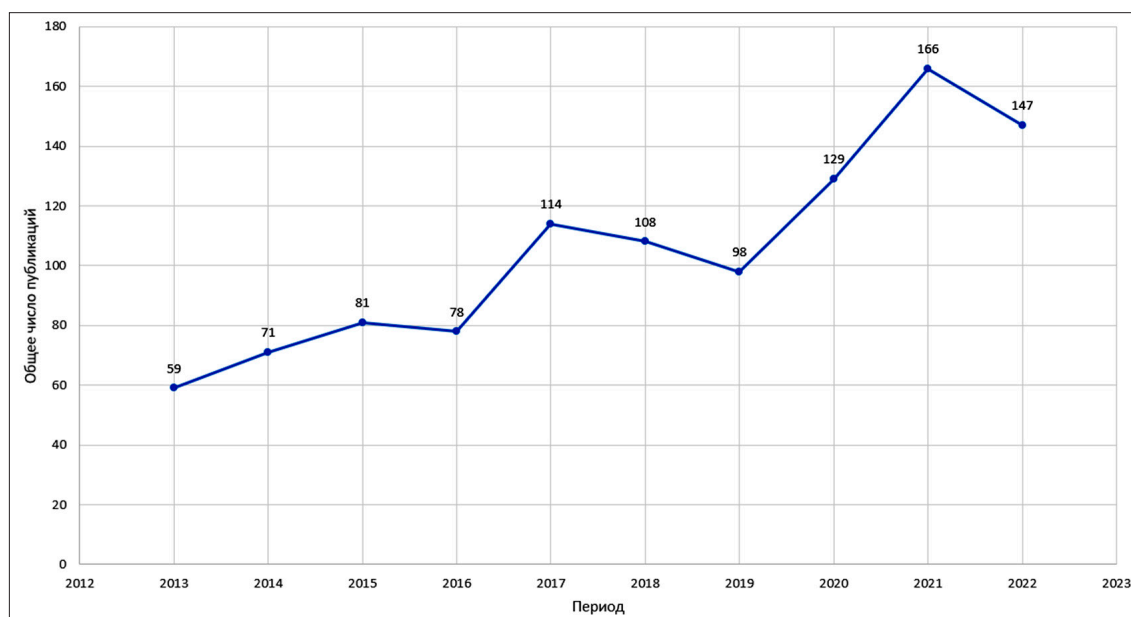


Рис. 3. Динамика изменения количества публикаций

Рассмотрим возможности использования методов статического анализа для разработки детектора уязвимостей в программном коде на Python. Для подключения библиотеки или модуля в коде Python могут использоваться несколько вариантов. Использование инструкции `import` является одним из наиболее распространенных. Например, строка импорта может принимать такие формальные формы записи:

- 1) `import X`
- 2) `from X import Y`
- 3) `import X1, X2, ..., Xn`
- 4) `import X as Name`

Кроме того, функции, такие как `importlib.import_module()` и `__import__()`, также могут быть использованы для вызова механизма импорта.

Для получения списка импортируемых библиотек существует достаточно много инструментов и подходов. В частности, можно использовать библиотеки `ModuleFinder`, `list_imports`, `snakefood`.

Процесс интерпретации программного кода на Python включает в себя несколько этапов, включая анализ исходного кода, его преобразование в абстрактное синтаксическое дерево, создание графа управления выполнением, проведение различных проверок структуры дерева и генерацию байт-кода. Полученное абстрактное синтаксическое дерево может быть эффективно использовано для извлечения списка импортируемых библиотек и проведения статического анализа программного кода. Например, в работах [14; 15] анализ импортируемых библиотек проводится в контексте обнаружения устаревших программных интерфейсов в библиотеках Python.

Таким образом, в рамках решаемых в данной работе задач была использована библиотека `ast` (класс `ast.NodeVisitor`) для прохода по произвольному списку файлов `*.py` в заданной директории.

Общая схема работы детектора включает следующие этапы:

1. Получение списка файлов для проверки.
2. Получение списка импортируемых библиотек для каждого файла из списка.
3. Проверка отсутствия библиотеки в белом списке, который может быть задан пользователем.
4. Поиск по каждому значению из полученного списка библиотек в каталоге уязвимостей CVE.
5. Первичная фильтрация полученных результатов по заданным ключевым словам «Python», «library», «package» «framework», «module».

6. Дополнительная проверка результатов в базе CVE с помощью средств поиска по ID CVE посредством API-запросов. В частности, проверка совпадения полей `vendor` либо `product` с названием проверяемой библиотеки, получение данных о версиях, для которых актуальна описанная уязвимость, описание уязвимости и ее типа согласно классификации типов дефектов CWE.

7. Получение данных о текущей версии проверяемой библиотеки из репозитория PyPI.

8. Экспорт всех отфильтрованных результатов в файл отчета.

Указанная выше схема была реализована на языке Python, которая работает в виде консольного приложения.

В работе также был проведен анализ наличия потенциальных уязвимостей в наиболее загружаемых библиотеках Python (по состоянию на октябрь 2023 г.). Для получения данных о популярности библиотек использовались данные открытого рейтинга наиболее загружаемых библиотек `Top PyPI Packages`. В качестве данных для анализа был сформирован список из первых 1000 строк рейтинга `Top PyPI`, который позволил сформировать файл для последующей обработки с помощью детектора.

Проведенный с помощью детектора анализ, на основании данных открытой базы уязвимостей CVE, позволил определить ряд потенциальных уязвимостей, которые связаны использованием различных модулей и библиотек, подключаемых в инструкциях импорта.

Для исследуемых библиотек в каталоге CVE за последние три года было обнаружено около 80 записей о найденных уязвимостях. В таблице представлены уязвимости за 2023 год для соответствующих библиотек Python с указанием версий, для которых актуальна уязвимость. Также в таблице указана текущая версия библиотеки, данные о которой взяты из репозитория библиотеки в PyPI. Кроме того, в таблице представлено краткое описание уязвимости и ее тип согласно каталогу типов уязвимостей CWE.

Детальный анализ полученных данных за последние три года показал, что найденные уязвимости в наиболее загружаемых библиотеках соответствуют 28 различным типам CWE. В частности, можно выделить такие типы уязвимостей, как CWE-400 (неуправляемое потребление ресурсов), CWE-200 (конфиденциальная информация может быть доступна несанкционированным пользователям), CWE-20 (недостаточная проверка ввода).

Найденные уязвимости с указанием версий библиотек,
для которых уязвимость актуальна

Название библиотеки	Текущая версия	Версии, для которых найдены уязвимости в базе CVE	CVE ID BDU ID	Краткое описание уязвимости (тип уязвимости по базе CWE)
cryptography	41.0.5	>=1.8, <39.0.1	CVE-2023-23931 BDU:2023-02656	Уязвимость связана с методом Cipher.update_into, ее эксплуатация позволяла изменять неизменяемые объекты и приводила к повреждению выходных данных (CWE-754)
ipython	8.16.1	< 8.10	CVE-2023-24816	Уязвимость связана с инъекцией команд в случае выполнения ряда специфических условий (CWE-20)
werkzeug	3.0.1	< 2.2.3	CVE-2023-25577 BDU:2023-02343	Атакующий может вызвать отказ в обслуживании, отправляя сформированные данные на точку доступа, которая их разбирает (CWE-770)
gradio	3.50.2	< 3.13.1	CVE-2023-25823	При использовании функции share в Gradio приватный SSH-ключ отправляется каждому пользователю, который подключается к серверу Gradio (CWE-798)
configobj	5.0.8	Все версии	CVE-2023-26112	Уязвимость связана с атакой на регулярное выражение, которая может быть осуществлена через функцию validate, если разработчик включит вредоносное значение в конфигурационный файл на стороне сервера (CWE-1333)
pydash	7.0.6	6.0.0	CVE-2023-26145	Ряд методов в pydash принимает пути в виде строк, которые указывают на вложенные объекты Python. Эти пути могут использоваться для доступа к внутренним атрибутам класса и элементам словаря, чтобы извлекать, изменять или вызывать вложенные объекты Python (CWE-78)
langchain	0.0.325	<0.0.131	CVE-2023-29374	Уязвимость позволяет проводить атаки с внедрением команд, позволяющие выполнить произвольный код с использованием метода exec в Python (CWE не найден)
sqlparse	0.4.4	>= 0.1.15, < 0.4.4	CVE-2023-30608 BDU:2023-03345	Наличие регулярного выражения в SQL-парсере, которое подвержено атаке ReDoS (Denial of Service на основе регулярных выражений) (CWE-1333)
starlette	0.31.1	<0.25.0	CVE-2023-30798	Уязвимость позволяет неавторизованному удаленному атакующему указать любое количество полей формы или файлов, что может вызвать отказ в обслуживании HTTP-сервиса (CWE-400)
gradio	3.50.2	< 3.34.0	CVE-2023-34239	Уязвимость связана с отсутствием фильтрации путей, что позволяет пользователям получать неограниченный доступ к файлам (CWE-20)
aiohhttp	3.8.6	< 3.8.5	CVE-2023-37276 BDU:2023-05462	Уязвимость связана с библиотекой llhttp (v6.0.6), используемой для асинхронного парсинга HTTP-запросов (CWE-444)
cryptography	41.0.5	<41.0.2	CVE-2023-38325 BDU:2023-05436	Уязвимость связана с некорректной обработкой SSH-сертификатов, содержащих критические опции

Окончание табл.

Название библиотеки	Текущая версия	Версии, для которых найдены уязвимости в базе CVE	CVE ID BDU ID	Краткое описание уязвимости (тип уязвимости по базе CWE)
gitpython	3.1.40	<= 3.1.32	CVE-2023-40590 BDU:2023-05185	Если пользователь запускает GitPython из директории с репозиторием, где есть исполняемый файл git.exe или git, этот исполняемый файл будет запущен вместо того, что находится в переменной окружения PATH пользователя. Злоумышленник может создать вредоносный git исполняемый файл в репозитории и убедить пользователя скачать этот репозиторий
gitpython	3.1.40	<= 3.1.34	CVE-2023-41040 BDU:2023-05476	В некоторых случаях имя файла, который должен быть прочитан, предоставляется пользователем, и GitPython не проверяет, находится ли этот файл за пределами директории .git. Это позволяет злоумышленнику заставить GitPython читать любой файл на системе
urllib3	2.0.7	>= 2.0.0, < 2.0.7	CVE-2023-43804	Заголовок HTTP Cookie не удаляется при перенаправлении между разными источниками (CWE-200)
urllib3	2.0.7	>= 2.0.0, < 2.0.6	CVE-2023-45803	Тело запроса не удаляется после перенаправления в urllib3 (CWE-200)
twisted	23.8.0	<23.10.0rc1	CVE-2023-46137	Уязвимость связана с асинхронной обработкой нескольких HTTP-запросов в одном TCP-пакете без гарантии порядка ответов (CWE-444)
pip	23.3.1	<23.3	CVE-2023-5752	Уязвимость в pip связана с установкой пакетов из репозитория Mercurial VCS (CWE-77)

Заключение

В работе было проведено исследование публикационной активности отечественных и зарубежных авторов в области различных методов статического анализа программного кода. Полученные данные свидетельствуют о значительном интересе авторов к данной тематике.

Кроме того, в работе представлена разработка детектора уязвимостей в импортируемых библиотеках и модулях в программном коде на языке Python. С помощью разработанного приложения был проведен анализ списка из 1000 наиболее загружаемых Python-библиотек различных проектов с открытым исходным кодом. В частности, выполнялась проверка наличия библиотеки в открытом каталоге уязвимостей CVE, а также извлечение дополнительных данных о найденных уязвимостях в случае нахождения совпадений.

Следует отметить, что, несмотря на растущую популярность проектов на Python,

разработчиками зачастую не уделяется должного внимания вопросам безопасности, в связи с этим многие из малоизвестных библиотек могут быть потенциально опасны.

Огромное количество уязвимостей, которые представлены в различных открытых каталогах, делает затруднительным ручную проверку всех используемых модулей или библиотек в проектах на Python. Кроме того, в базе CVE фильтрация уязвимостей по языкам программирования отсутствует, а поиск по вендору или продукту не всегда дает корректные результаты. Разработанный детектор может быть использован для автоматизации ряда рутинных проверок, а также как дополнение к существующим способам тестирования и контроля качества программного кода.

Результаты исследования показали, что для наиболее популярных библиотек существует значительное количество найденных уязвимостей. В то же время данные уязвимости в большинстве случаев оперативно

устраняются разработчиками. Однако проекты, которые используют устаревшие версии, могут быть уязвимы.

Список литературы

1. TIOBE Index for March 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/> (дата обращения: 08.11.2023).
2. Decan A., Mens T., Constantinou E. On the Impact of Security Vulnerabilities in the npm Package Dependency Network // Proceedings of the 15th International Conference on Mining Software Repositories (MSR 2018). Gothenburg: ACM. 2018. P. 181–191.
3. Ruohonen, J., Hjerpe, K., Rindell, K. A Large-Scale Security-Oriented Static Analysis of Python Packages in PyPI // Proceedings of the 18th Annual International Conference on Privacy, Security and Trust (PST 2021), Auckland, IEEE, 2021. P. 1–10.
4. OWASP Web Security Testing Guide. [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/OWASP/wstg> (дата обращения: 08.11.2023).
5. Cousot P. Abstract interpretation: a unified lattice model for static analysis of programs by construction or approximation of fixpoints // Proceedings of the 4th ACM SIGACT-SIGPLAN symposium on Principles of programming languages. 1977. P. 238–252.
6. Allen F.E. Control flow analysis // ACM SIGPLAN Notices. 1970. Vol. 5, Is. 7. P. 1–19.
7. Аветисян А.И., Белеванцев А.А., Бородин А.Е., Невсов В. Использование статического анализа для поиска уязвимостей и критических ошибок в исходном коде программ // Труды ИСП РАН. 2011. Т. 21. С. 23–38.
8. Smith J., Johnson B., Murphy-Hill E.R., Chu B., Lipford H.R. How Developers Diagnose Potential Security Vulnerabilities with a Static Analysis Tool // IEEE Transactions on Software Engineering. 2019. Vol. 45(9). P. 877–897.
9. Common Weakness Enumeration. [Электронный ресурс]. URL: <https://cwe.mitre.org/about/index.html> (дата обращения: 08.11.2023).
10. Банк данных угроз безопасности информации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bdu.fstec.ru/> (дата обращения: 08.11.2023).
11. CVE. [Электронный ресурс]. URL: <https://cve.mitre.org/> (дата обращения: 08.11.2023).
12. Мерзлякова Е.Ю., Янченко Е.В. Обзор методов верификации и оценки качества программного обеспечения // Вестник СибГУТИ. 2023. Т. 17, № 1. С. 92–106.
13. Shalaginov A., Banin S., Dehghantaha A., Franke K. Machine Learning Aided Static Malware Analysis: A Survey and Tutorial. ArXiv, abs/1808.01201. 2018.
14. Vadlamani A., Kalicheti R., Chimalakonda S. APIScanner – Towards Automated Detection of Deprecated APIs in Python Libraries // 2021 IEEE/ACM 43rd International Conference on Software Engineering: Companion Proceedings (ICSE-Companion). 2021. P. 5–8.
15. Wang J., Li L., Liu K., Cai H. Exploring how deprecated python library apis are (not) handled // Proceedings of the 28th ACM Joint Meeting on European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering. 2020. P. 233–244.

СТАТЬИ

УДК 378.1:331.108.45
DOI 10.17513/snt.39914

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБУЧЕНИЮ И РАЗВИТИЮ В БИЗНЕСЕ

^{1,2}Аболмасов А.В., ³Долженко Р.А.

¹*T&D Technologies, Санкт-Петербург;*

²*АНО ДПО «Институт технологий обучения и развития», Санкт-Петербург;*

³*ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,
Екатеринбург, e-mail: rad@usue.ru*

Цель работы – провести анализ текущих подходов к обучению и развитию персонала в организации, а также трендов на рынке корпоративного обучения и новых целей, стоящих перед бизнесом, чтобы представить перспективные направления развития функции обучения и развития работников. Методами исследования выступили анализ практики корпоративного обучения, интервью с экспертами, анализ документов. В статье проведен анализ соотношений подходов к трактовке понятий «обучение и развитие» в современных организациях, показана эволюция представлений о назначении функции обучения и развития в бизнесе. Выделены ключевые тренды в развитии корпоративного обучения в современных условиях. Показаны особенности различных подходов к построению системы обучения и развития, в том числе в разных управленческих подходах (западном и восточном), представлен базовый функционал специалиста по обучению и развитию, а также выделены ключевые роли, которые должны реализоваться в корпоративной образовательной структуре бизнеса, в том числе через их миссию, предмет, деятельность, продукты и результат. Приведены примеры возможности использования сторонних экспертов в области обучения для реализации задач, стоящих перед организацией в части обучения работников. Проведено сопоставление преимуществ и недостатков использования внутренних и внешних специалистов по обучению и развитию для решения бизнес-задач. Аргументировано использование методических коробок решения типовых задач в области корпоративного обучения и развития. Для повышения эффективности обучения бизнесу необходимо развивать процессы, ставить цели, использовать метрики, внедрять инструменты максимально быстрого обучения и др.

Ключевые слова: обучение персонала, развитие персонала, тренинги, проекты развития, эффективность обучения, стратегия развития

MODERN APPROACHES TO LEARNING AND DEVELOPMENT IN BUSINESS

^{1,2}Abolmasov A.V., ³Dolzhenko R.A.

¹*T&D Technologies, Saint Petersburg;*

²*Institute of Training and Development Technologies, Saint Petersburg;*

³*Ural State University of Economics, Yekaterinburg, e-mail: rad@usue.ru*

The goal of the study is to formulate promising areas of development the function of employee training and development through an analysis of current approaches to training and development of personnel in an organization, as well as trends in the corporate training market and new goals facing big business. The research methods were analysis of corporate training practices, interviews with experts, and document review. The study analyzes the relationships between approaches to the interpretation of the concepts of “training and development” in modern organizations and shows the evolution of ideas about the purpose of the training and development function in business. Key trends in the development of corporate training in modern conditions are highlighted. The features of various approaches to building a training and development system are shown, including in different management approaches (Western and Eastern), the basic functionality of a training and development specialist is presented, and the key roles that should be implemented in the corporate educational structure of business are highlighted, including them through mission, subject, activity, products, and result. Examples are given of the possibility of using third-party experts in the field of training to implement the tasks facing the organization in terms of employee training. A comparison has been made of the advantages and disadvantages of using internal and external training and development specialists to solve business problems. The use of methodological boxes for solving typical problems in the field of corporate training and development is justified. To increase the effectiveness of business training, it is necessary to: develop processes, set goals, use metrics, implement tools for the fastest possible learning, etc.

Keywords: personnel training, personnel development, trainings, development projects, training effectiveness, development strategy

Текущая ситуация в мире и экономике, а также цели, которые стоят перед страной, требуют быстрого роста эффективности производства, выстраивания новых логистических цепочек, освоения новых видов профессиональной деятельности. В усло-

виях мобилизационной экономики бизнесу необходима перестройка действующих подходов и процессов, чтобы они могли обеспечить скорость и эффективность работы. Меняются не только бизнес-процессы, но и те, которые обеспечивают деятель-

ность, а также связанные с управлением людьми. Одним из ключевых направлений является обучение и развитие специалистов. Сформированные за последние десятилетия подходы к корпоративному обучению, актуальные для «медленного» существования бизнеса, недостаточны для форсированного ускорения всех процессов по достижению поставленных целей. В этой связи бизнес находится в поиске новых и актуальных подходов к обучению и развитию персонала, пытается встроить это направление деятельности в производственные процессы, ищет инструменты повышения эффективности обучения работников.

Цель работы – проанализировать существующие подходы к обучению и развитию персонала в организации, современные тренды на рынке корпоративного обучения и сформировать базовые представления о функции обучения и развития работников.

Для этого последовательно предлагается реализовать 3 задачи: а) провести обзор понятий в сфере обучения и развития, б) выделить варианты и перспективы развития функции в бизнесе с учетом роста ее значимости, в) конкретизировать функциональное содержание деятельности профильного подразделения предприятия и его сотрудников.

*Теоретический обзор понятий
в области обучения и развития*

Обучение и развитие (от англ. Training and Development), где training можно перевести как «обучение» в значении процесс. В названии фигурирует один из самых распространенных методов обучения – тренинг. Так исторически сложилось, что именно этой аббревиатурой в организациях стали называть функцию, которая отвечает за развитие персонала. Для упрощения коммуникации в практике используется сокращение T&D, так же как и управление персоналом сводят к англоязычному акрониму HR. Сама эта аббревиатура стала нарицательной и означает «обучение в организации» [1].

В свою очередь Learning and Development (сокращено L&D), где learning также переводится как «обучение», но как вид деятельности. Этот вариант названия более точен, потому что уходит от привязки к методу и дает правильную и широкую трактовку предназначения функции, развивающей персонал в организации. В работе авторы будут использовать вариант «обучение и развитие».

Как показывает анализ действующих подходов, изложенных в работе [2], в настоящий момент в России просматриваются

следующие проблемы в сфере корпоративного обучения:

– Понятие «обучение и развитие» не получило официального признания в бизнесе, поэтому встречаются разночтения и используются другие понятия в единой практике корпоративного обучения.

– Сведение «обучения и развития» до уровня организации тренингов ошибочно, эксперты в этой предметной области занимаются целым комплексом функций в области построения и организации обучения, обеспечения его эффективности под задачи бизнеса.

– В связи с последствиями пандемии и общим трендом на цифровизацию процессов, в том числе в сфере корпоративного обучения, активное развитие получило онлайн-обучение, которое также включается в предметное поле сферы обучения и развития.

Все обозначенные выше проблемы в условиях российской практики искажают представления о рассматриваемой функции, мешают ее развитию в практике компаний и научной теории. Понятие «обучение и развитие» относительно новое и еще не нашло свое отражение в сфере корпоративного обучения. Во многом это определяется тем, что данный сегмент обучения не зафиксирован нормативно в Федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ (в ст. 10 «Структура системы образования») [3]. Формально деятельность специалистов по обучению и развитию входит в сегмент «дополнительное образование» в структуре корпоративного обучения. Конкретное название и место в общей системе образования еще не сформировано, но с учетом роста актуальности темы развития бизнеса и обучения работников под новые вызовы это нужно будет сделать. Необходимость существования этой функции в системе профессиональных квалификаций определяется тем, насколько она будет полезна и способна помочь бизнесу решить его стратегические задачи [4]. В работе авторы будут рассматривать «обучение и развитие» как часть системы корпоративного обучения в организации, которая в свою очередь входит в структуру «дополнительного образования».

В настоящий момент в бизнесе наблюдаются все признаки системного кризиса, который возникает, когда у системы появляются новые задачи, а инструменты их решения все еще старые. Так, перед бизнесом всегда стоит задача осуществления операционной деятельности. Некоторые отечественные предприятия не просто занимаются операционной деятельностью, но еще и ищут способы ее усовершенствовать. И малая

часть из них занимается вопросами стратегического развития, когда операционная деятельность трансформируется под изменения трендов, новые вызовы, в соответствии с амбициями компании и ее руководства.

В текущих условиях эти две стратегические задачи – операционная эффективность и проактивное развитие – в паре решаются самыми продвинутыми компаниями и, как правило, последовательно. В норму бизнес на рынке создается, совершает стратегический рывок за счет инноваций, конкурентного преимущества, слаженной работы команды и других факторов, а потом проходит длительный период спокойной операционной деятельности. То есть в начале года делалась сессия стратегического планирования, а потом весь год осуществлялась реализация намеченных стратегических планов.

К 2023 г. сформировался и остро поделился главный вызов бизнесу – непрерывное развитие без остановки операционной деятельности. Есть много компаний, которые умеют хорошо работать и достигли в этом высот эффективности. Некоторые компании еще и умеют заниматься стратегией. И лишь единицы могут и первое, и второе делать одновременно. Поэтому и кризис в бизнесе системный – организациям, управленческим командам, персоналу нужно перейти в другой режим функционирования, и для этого нужны новые инструменты.

Если перед бизнесом стоит глобальный вызов – непрерывное развитие без остановки операционной деятельности, то у любой функции внутри организации будет своя декомпозиция этого вызова. Так, для функции обучения и развития критичными становятся следующие задачи, под которые им предстоит найти и придумать новые инструменты:

- Продление жизненного цикла сотрудника за счет управления горизонтальной, вертикальной и диагональной карьерой.

- Обеспечение непрерывности обучения и развития за счет построения трех подсистем: учебного центра (подготовка к профессии) [5], корпоративного университета (подготовка к должности) [6–8], профессионального сообщества (извлечение уроков и оформление нового, «живого» знания) [9].

- Разработка заточенных под специфику конкретной организации методологии и методик обучения и развития.

- Одновременная работа с большой массой сотрудников, группами от 100 до 500 чел. офлайн.

- Развитие реальных команд в деятельности.

- Создание библиотеки актуальных (нужных прямо сейчас) и перспективных (нуж-

ны будут через условно год) компетенций, чтобы строить на их основе опережающие программы обучения и т.д.

Если до недавнего времени предназначение системы обучения и развития в организации можно было сформулировать как *обучение и развитие персонала организации под актуальные задачи бизнеса* [10], то сейчас, с учетом системного кризиса и вызова, добавляются новые смыслы и предназначение. Обновленное предназначение функции обучения и развития можно определить следующим образом – *работа на стратегию компании за счет непрерывного сопровождения профессиональной деятельности персонала организации, обучения и развития реальных команд в деятельности для решения актуальных и перспективных проблем и задач бизнеса. Этот аспект подробно описан в работе* [11].

В ходе работы над текстом были проинтервьюированы 6 экспертов рынка обучения и развития для оценки их представлений о текущих трендах *корпоративного обучения, роли функции и перспективах развития функции* [12]. Приведем список ответов экспертов на вопрос «Какие ключевые тренды в развитии корпоративного обучения в 2023 году вы можете выделить?» (авторская лексика сохранена):

- *Хард-компетенции важнее развития мягких навыков.*

- *Тотальное увлечение созданием платформ и электронных курсов, хотя многие уже понимают, что с ними не все так просто* [13].

- *Запрос на развитие методологических центров внутри организации.*

- *Сокращение времени на обучение, особенно очное.*

- *Очищение индустрии от «инфоцыганских» технологий и продуктов.*

- *Рост строгости в обучении, формирование ответственного отношения к корпоративному обучению* [14, 15].

- *Использование нейросетей для создания образовательных продуктов и их продвижения.*

Тренды, которые отметили эксперты, с нашей точки зрения отражают симптомы системного кризиса, о котором было сказано выше. Идет созревание индустрии и переход от любительского уровня к профессиональному.

Предназначение системы обучения и развития определяется задачами бизнеса. В бизнесе и, как следствие, в развивающих организацию и людей функциях проявляется системный кризис, из-за чего сдерживается их дальнейшая эволюция.

Исследование классических вариантов развития системы обучения и развития в организации и ее атрибуты

Для изучения и описания перспектив развития функции обучения и развития в современной организации авторами были: проведены качественный и контент-анализ научных статей в области корпоративного обучения, реализован цикл интервью с экспертами в области корпоративного обучения, к которым были отнесены руководители подразделений по работе с персоналом и образовательных центров ряда крупных отечественных компаний с опытом работы не менее 3 лет. Всего было проведено 9 интервью в течение апреля – августа 2023 г., кроме того, проанализирован опыт ряда крупных отечественных предприятий, успешно развивших в своей практике систему обучения и развития персонала.

Как показывают наши оценки, большинство систем обучения и развития в российских компаниях (даже крупных) были спроектированы и построены под запросы собственника или генерального директора и зачастую оригинальны. При этом они обладают одинаковым набором атрибутов, поэтому были построены правильно.

Что же это за системные атрибуты? Рассмотрим их подробнее. Атрибуты результативной обучающей системы, на наш взгляд, выглядят следующим образом:

– Обучающая система согласована со стратегией компании. В компании учат не тому, чего хотят сотрудники (например, развитию эмоционального интеллекта), а тому, что нужно бизнесу (нужно 600 сварщиков, и чтобы через 3 месяца они приступили к работе).

– Обучающая система обеспечивает управление карьерой за счет сопровождения профессиональной деятельности, как горизонтально – новичок – специалист – профессионал – мастер, так и вертикально – под иерархию должностей.

– Обучающая система в идеале состоит из подсистем: учебного центра, корпоративного университета, профессионального сообщества. И сотрудник последовательно проходит через каждую из них.

– В основе учебных активностей лежат компетенции, потому что только их развитие позволяет напрямую влиять на профессиональную деятельность и, как следствие, на профессиональные показатели.

– Обучающая система – это действительно функция внутри организации, поэтому у нее есть «вход» и «выход», бизнес-процесс, ожидаемые продукты и результаты. И самое главное – ей можно управлять.

Контент-анализ научных работ, в которых рассматриваются системы обучения и развития (по ключевым словам «обучение персонала», «развитие персонала», «корпоративное обучение»), показал, что можно выделить следующие, отличные от классического подхода, ее атрибуты как системы:

- самостоятельное обучение сотрудников;
- перенос ответственности за обучение и развитие на самих сотрудников;
- сопровождение обучения сотрудника;
- выстраивание индивидуальных траекторий обучения и развития.

И эти аспекты действительно новы и на уровне риторики полезны и важны, так как могут быть положены в основу системы обучения и развития успешного бизнеса.

Таблица 1

Западный и отечественный подходы к обучению и развитию

Аспекты	Западный подход	Отечественный подход
Идеология	Каждый человек сам знает, чему ему нужно учиться, и в состоянии управлять своим учебным поведением	Люди не могут учиться целенаправленно, системно и самостоятельно вне системы
Парадигма	Трансгуманизм	Гуманизм
Цель	Развитие сотрудников	Развитие бизнеса
Объект	Сотрудник	Реальный трудовой коллектив
Предмет	Профессиональные и личностные компетенции	Профессиональные и коллективные компетенции
Главный механизм обучения	Построение индивидуальных треков обучения и развития сотрудников	Учим реальные трудовые коллективы в деятельности
Результат	Дорогой специалист на рынке труда	Решение проблем и задач бизнеса
Последствия	Атомизация специалиста (цель – продать свой труд дорого)	Бизнес – коллективный вид спорта (цель – непрерывное развитие без остановки операционной деятельности)

Обучение и развитие как подход фокусируется на сопровождении развития сотрудников за счет выстраивания индивидуальных траекторий обучения. Это ключевой и отличительный механизм именно обучения и развития и это то важное, что оно привносит в богатый инструментарий современных методов и технологий в этой предметной области.

Чем отличаются отечественный и зарубежный подходы к обучению и развитию? В основе каждого подхода (парадигмы) к обучению лежат культурные и научные традиции. Представим их сравнительный анализ в виде табл. 1.

Выбор подхода определяется тем, насколько он конгруэнтен культуре и бизнесу.

Анализ функционала специалиста по обучению и развитию и возможности найма функции на рынке

Для понимания места функции обучения и развития в организации, а также обоснования ее перспективного места и роли воспользуемся системным анализом, под которым авторы будут понимать логический образ мышления, в основе которого лежит рассмотрение объекта в виде взаимосвязанного множества элементов подчиненных достижению общей цели [16]. Чтобы системно описать функционал, нужно последовательно определить целое (систему), зафиксировать ее границы, объяснить свойства и функции каждого элемента, показать взаимосвязи. Определим границы нашего анализа, так как в зависимости от размера бизнеса наполнение функций в этой системе может отличаться. С нашей точки зрения функция обучения и развития может формироваться начиная с уровня среднего бизнеса и должна быть представлена в полном функциональном наполнении в крупном бизнесе. Анализ опыта построения систем обучения и развития в отечественных компаниях показал, что они максимально распространены в крупных компаниях практически всех отраслей либо холдингов и точно представлены в ряде компаний среднего бизнеса. Малый бизнес может реализовывать отдельные активности в сфере обучения и развития с использованием внешней экспертизы и контрагентов.

Для начала и для того, чтобы обучение и развитие работали именно как система, нужно:

– чтобы функция обучения и развития была самостоятельной и стратегической, а именно, независимой от функции управления персоналом, но работающей с ней рука об руку;

– чтобы была единая методология и методика обучения и развития;

– чтобы функция реализовывалась командой обучения и развития с четким разделением ролей.

О последнем пункте подробнее. Чтобы команда экспертов в этой области могла реализовывать бизнес-процесс функции, необходимо шесть базовых профессиональных позиций (табл. 2).

Тренер-ведущий-фасилитатор-наставник команд – это обобщенная, расширенная роль, потому что уже недостаточно быть просто тренером, нужно решать много других задач бизнеса и другими средствами (помним о системном кризисе, когда задачи новые, а инструментарий старый). Специалист по обучению и развитию попадает в эту профессиональную позицию, отвечая за сопровождение обучения и развития и, возможно, в некоторых случаях выстраивая индивидуальные траектории. Таким образом, этот специалист работает в команде в качестве исполнителя и отвечает за сопровождение обучения и развития.

Внешний рынок услуг в сфере обучения и развития и внутренний корпоративный мир устроены по-разному, они живут по разным законам и обладают своими особенностями. В каких случаях будет уместно прибегать к услугам сторонних провайдеров в сфере обучения и развития?

Любой внутренний специалист по обучению и развитию обладает уникальной компетенцией – он знает внутренние особенности людей, специфику бизнеса. Такого уровня погружения и понимания никакой внешний специалист достичь не в состоянии. Напротив, внешние специалисты по обучению и развитию обладают разнообразным опытом, в силу чего у них формируется системный, более методологический взгляд на проблемы и задачи.

Таким образом, внутренние специалисты – лучшие исполнители всех учебных активностей и мероприятий, за исключением работы с руководителями, там есть своя особенность, так как они предпочитают послушать независимого человека, который не находится у них в подчинении. Кроме того, внутренние специалисты как главные исполнители – это экономнее для компании.

По необходимости у внешних специалистов лучше всего заказывать именно методологию, которая нужна, когда проектируется система и подсистемы (учебный центр, корпоративный университет, профессиональное сообщество) и комплексные проекты, например формирование в масштабах всех организаций нужной модели организационного поведения [17].

Таблица 2

Основные функциональные позиции работников в сфере обучения и развития

Объект	Предмет	Продукты и Результат	Миссия
Руководитель функции обучения и развития			
Организация как социально-психологическая система	Организационное поведение: деятельность как практики, корпоративная культура	Стратегия системы обучения и развития. Бесперебойная и планомерная работа функции в рамках стратегии обучения и развития	Развитие функции обучения и развития
Методолог обучения и развития			
Тренды и вызовы бизнеса и компании для управления персоналом и системы обучения и развития	Несоответствие текущего состояния людей и практик требованиям компании, организации, бизнеса	Решение в принципе. Методологический паспорт комплексного образовательного проекта. Методички об эффективных технологиях изменения людей в данной организации. Корпоративная методология решения задач в сфере обучения и развития	Эффективное решение методологических проблем
Руководитель программ и комплексных проектов в сфере обучения и развития			
Программы и комплексные проекты в сфере обучения и развития	Условия и ресурсы, необходимые для проведения комплексной программы, проекта в сфере обучения и развития	«План-график» комплексной программы, проекта: кто, что, как, когда делает. Решение текущих проблем, связанных с реализацией комплексного проекта обучения и развития	Довести программу, проект до результата
Разработчик-методист обучения и развития			
Задача в сфере обучения и развития, под которую нет готового учебного продукта	Методики решения конкретных задач в сфере обучения и развития (механики, методы, приемы, техники)	Готовый учебный продукт в виде методической коробки. Тренерам всегда есть чем работать, своевременно и качественно	Простые решения методически сложных задач
Тренер-ведущий-фасилитатор-наставник команд (исполнитель)			
Человек, группа, функция, большая команда	Знания, навыки, умения. Компетенции. Мотивация. Поведение	Проведенная активность в сфере обучения и развития. Изменения в когнитивно-поведенческих аспектах участников	Развитие людей в организации
Тренинг-менеджер (организатор)			
Одно мероприятие в сфере обучения и развития	Условия и ресурсы, необходимые для проведения учебно-развивающей активности	Организованное и проведенное мероприятие в сфере обучения и развития «под ключ». Обучение в радость, яркое событие для участников	Мотивация на обучение и развитие у сотрудников

Вторая причина обращения к внешним специалистам – это покупка так называемых методических коробок – набора методических материалов, позволяющих любому специалисту в сфере обучения и развития качественно провести мероприятие или проект по обучению и развитию сотрудников.

Разработка таких коробок – процесс трудоемкий и требует специальных умений. Легче использовать «чужие компетенции» в компании, если это позволяют ресурсы. Внутренние специалисты выполняют всю работу по обучению и развитию, потому что так экономнее и качественнее. Готовые

методические решения в виде «коробок» лучше заказывать у специализирующихся на этом провайдеров.

Заключение

Таким образом, цель нашего исследования достигнута, задачи реализованы. Обзор понятий в изучаемой предметной области, выделение вариантов и перспектив развития функции в бизнесе с учетом роста ее значимости, конкретизация содержания деятельности профильного подразделения предприятия и его сотрудников показали, что требуется дальнейшее развитие представлений о системе обучения и развития в организациях. В сложных условиях современной экономики, санкционного давления и необходимости импортозамещения, выстраивания новых логистических цепочек, освоения новых технологий, а также разворачивания трендов в разы возрастает значение функции обучения и развития. Как показало наше исследование, она сама находится в развитии, ищет свое предназначение для бизнеса, до конца не сформировала понятийный аппарат, который зачастую транслируется из западных компаний. Чтобы получить от нее максимальный эффект и скорость, отечественному бизнесу необходимо переподчинить систему обучения и развития ключевому куратору бизнес-процессов; ставить перед подразделениями обучения и развития бизнес-цели, использовать метрики, которые напрямую связаны с результатами бизнес-подразделений; разрабатывать и внедрять актуальные методики быстрого и эффективного обучения; еще сильнее расширять зону ответственности функции обучения и развития до уровня вузов, ссузов и даже школ; аккумулировать актуальный опыт успешных отечественных компаний, которым удалось внедрить современные подходы в построение систем обучения и развития. Это необходимо было сделать «вчера», но это не означает, что их не нужно делать этого сегодня.

Список литературы

1. Tannenbaum S., Yukl G. Training and development in work organizations // Annual review of psychology. 1992. № 43. P. 399–441.
2. Шахова М.С. Трансформация франчайзинговой бизнес-модели детского дополнительного образования // Управленец. 2021. Т. 12, № 5. С. 107–122.
3. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2024). [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 19.01.2024).
4. Долженко Р.А. Система корпоративного обучения: содержание, место в системе образования и основные подходы к реализации в компании // Педагогическое образование в России. 2017. № 3. С. 6–14.
5. Долженко Р.А. Корпоративное обучение персонала в коммерческом банке // Кадровик. 2012. № 1. С. 99–106.
6. Гиниева С.Б., Долженко Р.А. Трансформация системы корпоративного обучения персонала российской компании на базе корпоративного университета // Известия Иркутской государственной экономической академии. 2015. Т. 25, № 5. С. 842–851.
7. Катькало В.С., Шумкова Н.В. Корпоративные университеты России-2022 / Под общ. ред. В.С. Катькало, Н.В. Шумковой. М.: Издательский дом НИУ ВШЭ, 2022.
8. Кочеткова Н.В. Новые тренды бизнес-образования: корпоративный университет // Известия Института систем управления СГЭУ. 2015. № 1 (11). С. 45–49.
9. Завьялова Е.К., Ардишвили А. Современные проблемы российского корпоративного образования: возможно ли обучение без развития? // Российский журнал менеджмента. 2020. Т. 17, № 4. С. 499–516.
10. Гилев А.А. Современные тенденции развития корпоративного образования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, № 3–3. С. 600–602.
11. Кочеткова Н.В. Новые тренды бизнес-образования: корпоративный университет // Известия Института систем управления СГЭУ. 2015. № 1 (11). С. 45–49.
12. Синякова М.Г. Современные теории корпоративного обучения персонала в организации // Образование и наука. Известия УрО РАО. 2008. № 1 (49). С. 58–63.
13. Ширинкина Е.В. Обучение персонала как драйвер изменения поведения: предпосылки и практические подходы // Вестник НГИЭИ. 2021. № 2 (117). С. 88–100.
14. Илюшников К.К., Долженко Р.А. Оценка эффективности корпоративного обучения: эволюция подходов и перспективы // Вестник НГУЭУ. 2018. № 3. С. 26–43.
15. Иноземцев М.И., Марушина М.К., Мирзоева А.М. Модели оценки эффективности программ корпоративного обучения руководителей на основе принципа кросс-функциональности // Высшее образование в России. 2020. Т. 29, № 3. С. 97–107.
16. Долженко Р.А. Трудовая мотивация и управление персоналом. Системный подход к управлению трудовой мотивацией персонала // Российское предпринимательство. 2010. № 8–2. С. 70–75.
17. Чернова О.А., Али Б. Кооперативные бизнес-стратегии предприятий пищевой промышленности в условиях пандемии COVID-19 // Управленец. 2021. Т. 12, № 5. С. 70–83.

УДК 372.8
DOI 10.17513/snt.39915

ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ НА ПРИМЕРЕ ТЕМЫ «ИСПОЛНИТЕЛИ И АЛГОРИТМЫ» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ SCRATCH

^{1,2}Акимова И.В., ¹Губанова О.М., ³Титова Н.В.

¹ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Пенза,
e-mail: ulrih@list.ru, olga.penza@mail.ru;

²ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления
имени К.Г. Разумовского» (Первый казачий университет) (филиал), Пенза;

³ФКВБОУ ВО «Военная академия материально-технического обеспечения
имени генерала А.В. Хрулёва», Пенза, e-mail: nvtitova77@mail.ru

В своей работе авторы рассматривают возможность организации проблемного обучения информатике на примере темы «Исполнители и алгоритмы». Проблемное обучение представляется одной из инновационных технологий обучения, которая позволяет активно использовать наблюдение, выдвигать собственные гипотезы, активно включаться в работу всем обучающимся. В первой части статьи авторы исследуют теоретические основы реализации проблемного обучения в школе, рассматривая работы таких авторов, как М.И. Махмутов, Г.К. Селевко, И.Я. Лернер. При выборе темы школьного курса информатики, на которой будут реализовываться элементы проблемного обучения, предлагается тема «Исполнители и алгоритмы». Выбор обусловлен сложностью изучения данного материала и его широким использованием в последующих темах. Авторы проводят анализ нескольких популярных сред, таких как Кумир, Чертежник. В итоге в качестве среды исполнителя предлагается использовать среду Scratch. Методическая составляющая исследования посвящена реализации элементов проблемного обучения при изучении циклических алгоритмов. Выбор данного вида алгоритма определяется тем, что циклическая конструкция является одной из самых распространенных при решении задач. Авторы приводят примеры создания проблемной ситуации и деятельности обучающихся по ее разрешению. Авторы сообщают об эффективности предложенных методических решений.

Ключевые слова: проблемное обучение, проблемная ситуация, алгоритм, Scratch

ABOUT THE ORGANIZATION OF PROBLEM-BASED TRAINING IN INFORMATICS USING THE EXAMPLE OF THE TOPIC “PERFORMERS AND ALGORITHMS” USING THE SCRATCH ENVIRONMENT

^{1,2}Akimova I.V., ¹Gubanova O.M., ³Titova N.V.

¹Penza State University, Penza, e-mail: ulrih@list.ru, olga.penza@mail.ru;

²K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management
(the First Cossack University), Penza;

³Military Academy of Logistics named after General A.V. Khrulev, Penza,
e-mail: nvtitova77@mail.ru

In their work, the authors consider the possibility of organizing problem-based computer science education on the example of the topic “Performers and algorithms”. Problem-based learning seems to be one of the innovative learning technologies that allows you to actively use observation, put forward your own hypotheses, and actively involve all students in the work. In the first part of the article, the author explores the theoretical foundations of the implementation of problem-based learning at school, considering the works of such authors as M.I. Makhmutov, G. K. Selevko, I.Ya. Lerner. When choosing the topic of the school computer science course, on which the elements of problem-based learning will be implemented, the topic “Performers and algorithms” is proposed. The choice is due to the complexity of studying this material and its wide use in subsequent topics. The authors analyze several popular environments, such as Idol, Draftsman, As a result, it is proposed to use the Scratch environment as the performer’s environment. The methodological component of the study is devoted to the implementation of the elements of problem-based learning in the study of cyclic algorithms. The choice of this type of algorithm is determined by the fact that the cyclic construction is one of the most common in solving problems. The authors gives examples of creating a problem situation and the activities of students to resolve it. The authors report on the effectiveness of the proposed methodological solutions.

Keywords: problem-based learning, problem situation, algorithm, Scratch

В настоящее время идет внедрение инновационных образовательных технологий в школьное образование. Главной целью является получение качественных изменений

личности обучающегося, которые не может обеспечить традиционная система. Такие изменения могут быть достигнуты с помощью привития навыков мотивационной

деятельности, самостоятельности в получении новой информации, формирования нестандартности в мышлении.

Решение обозначенной задачи видится в использовании технологии проблемного обучения. Проведение уроков информатики с использованием элементов проблемного обучения позволяет активно использовать наблюдение, выдвигать собственные гипотезы, активно включаться в работу всем обучающимся.

Одной из целей изучения в соответствии с Федеральной рабочей программой основного общего образования по информатике (базовый уровень) является «обеспечение условий, способствующих развитию алгоритмического мышления как необходимого условия профессиональной деятельности в современном информационном обществе, предполагающего способность обучающегося разбивать сложные задачи на более простые подзадачи, сравнивать новые задачи с задачами, решенными ранее, определять шаги для достижения результата и так далее» [1].

Исходя из всего сказанного, можно определить актуальность выбранной темы исследования.

Цель исследования может быть сформулирована как рассмотрение возможности реализации элементов проблемного обучения на уроках информатики на примере темы «Исполнители и алгоритмы».

Материалы и методы исследования

В отечественной методической науке концепция проблемного обучения получает свое развитие в 1970-е гг. В работах таких авторов, как М.Н. Скаткин, И.Я. Лернер, В. Оконь, Н.А. Менчинская, М.А. Данилов, Ю.К. Бабанский, М.И. Махмутов, А.М. Матюшкин, А.В. Хуторской и др. [2–5], встречаются разработки тех или иных аспектов проблемного обучения, происходит становление проблемного обучения как концепции в целом.

Свое начало данное направление берет в теоретических работах педагога и философа Дж. Дьюи, который в своей работе «Как мы мыслим» заявил о высокой эффективности обучения, которое предполагает организацию активной деятельности, в ходе которой ребенок самостоятельно может решить учебную проблему. Впоследствии Дж. Дьюи ввел и психологическое обоснование данного механизма самостоятельного решения ребенком проблем.

Если говорить об отечественной науке, то идеи проблемного обучения стали развиваться со второй половины 1950-х гг.

Согласно М.И. Махмутову, можно определить проблемную ситуацию как интеллектуальное затруднение человека, возникающее в случае, когда он не знает, как объяснить возникшее явление, факт, процесс действительности, не может достичь цели известным ему способом, что побуждает человека искать новый способ объяснения или способ действия [6].

По степени проблемы существуют три основных уровня проблемных ситуаций. Первый уровень – творческое обучение, которое подразумевает активное участие обучающихся в постановке проблемы и поиске путей ее решения. Второй уровень – проблемная ситуация создается учителем и решается совместно с обучающимися. Третий уровень – учитель создает проблему и сам находит ее решение [7].

Под организацией проблемного обучения на уроках информатики будем понимать проектирование проблемных ситуаций, которые требуют от обучающихся проявления инициативы, ведения творческого поиска решения задачи, а также при парной и групповой работе взаимодействия и совместной деятельности.

В настоящее время существует достаточно много сред исполнителей алгоритмов, которые могут быть использованы как в школьном курсе информатики, так и в рамках внеурочной деятельности и дополнительного образования [8, 9].

Представим описание и сравнение нескольких популярных сред.

1. Формальный исполнитель Чертежник: предназначен для построения рисунков, чертежей и т.д. на координатной плоскости.

2. Графический исполнитель Стрелочка: программа-тренажер для развития алгоритмического мышления и формирования умений составления управляющих алгоритмов.

Достоинством первых двух исполнителей является доступность среды. Из недостатков можно выделить малую наглядность, отсутствие мотивационной и креативной составляющих.

3. Среда программирования Scratch: визуальная программно-ориентированная среда для отработки навыков алгоритмизации. Обучающиеся могут выбрать или создать сами действующего персонажа, которым они будут управлять (спрайт). Среда обладает возможностями создания анимации, живых открыток, рисования и других видов творческой деятельности. Достоинствами использования данной среды является доступность работы в онлайн-режиме, интуитивность интерфейса, красочность, возможность реализации креативного под-

хода, возможность использования переменных, массивов.

Предлагается выбрать среду Scratch. Scratch был создан на языке Squeak, который представляет собой одну из разновидностей Smalltalk. Главным идеологом Scratch является ученик Пейперта Мич Резник из MIT MediaLab (Массачусетский технологический институт), именно в нем в 1968 г. С. Пейперт разработал Logo.

Scratch имеет собственный редактор текста программы, построенный на интересной идее конструкторов Lego: все операторы языка и другие его элементы представлены блоками, которые могут соединяться один с другим, образуя скрипт. Программа собирается из разноцветных блоков, таких как движение, внешний вид, звук, операторы и др. [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим методику реализации элементов проблемного обучения на примере темы «Конструкция “повторения”»: циклы с заданным числом повторений, с условием выполнения, с переменной цикла».

В школьном курсе рассматриваются традиционно несколько классических видов алгоритмов, среди которых циклы, или циклические алгоритмы, занимают центральные позиции. Составление циклических алгоритмов различной степени сложности – важная задача пропедевтики курса программирования. Объяснение видится в том, что повторения, те или иные итерации окружают нас постоянно, поэтому существует широкий круг циклических задач.

Рассмотрим методические аспекты реализации проблемного обучения при рассмотрении данной темы.

Постановка проблемы

Учитель ставит перед обучаемыми следующую задачу.

Задача 1. Изобразить квадрат с произвольной стороной.

Обучающиеся могут предложить следующее решение, сторона квадрата – 100 шагов (рис. 1).

Осознание противоречий

Учитель обозначает противоречие в предлагаемом решении. Все ли шаги устривают в алгоритме? Нет ли лишних команд?

В результате анализа учащиеся делают вывод, что некоторые одинаковые команды алгоритма выполняются несколько раз.

Далее учитель ставит проблему, возможно ли предложить другое решение, которое

не будет содержать многократного повтора одинаковых действий.

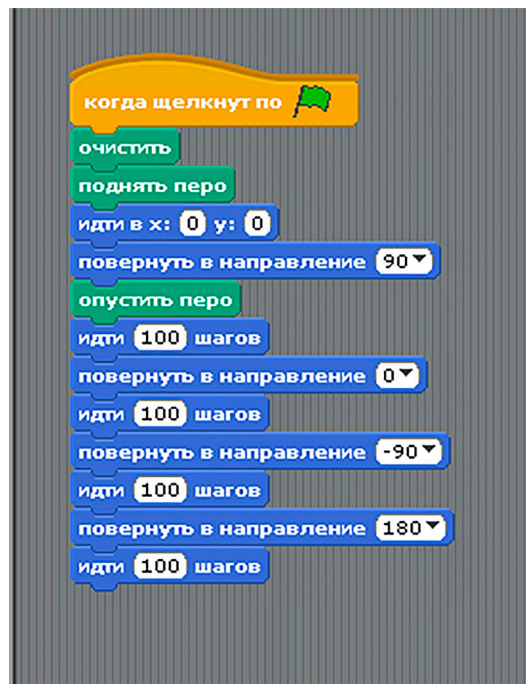


Рис. 1. Алгоритм решения задачи 1 без цикла

Обучающиеся выделяют следующую группу действий, которая была выполнена несколько раз: пройти 100 шагов, повернуть в определенном направлении.

Далее учитель на основе полученных выводов дает следующее определение: такая алгоритмическая конструкция, когда многократно выполняется одно и то же действие, называется цикл.

Поиск решения проблемы

После вывода определения учитель выдвигает идею записи решения данной задачи с использованием циклической конструкции. Предлагается выделить группу действий, которая многократно повторилась: пройти 100 шагов, повернуть направо на 90°. Сколько раз было выполнено повторение? Учащиеся отмечают, что повторы были выполнены 4 раза. Предлагается составить новый итоговый алгоритм.

Доказательство гипотезы

Используя соответствующую конструкцию среды Scratch, учащиеся получают новый алгоритм (рис. 2) и результат его работы.

Далее для закрепления учитель предлагает решить следующую задачу.

Задача 2. Изобразить цифру 5.

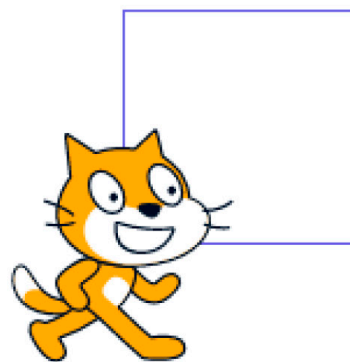
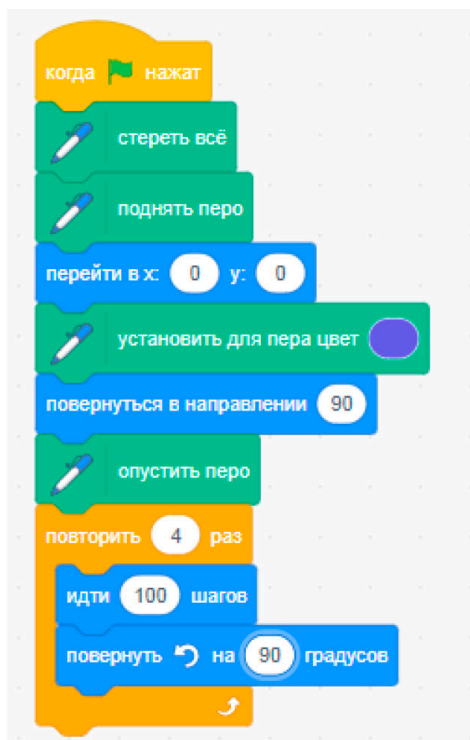


Рис. 2. Алгоритм решения задачи 1 с циклом

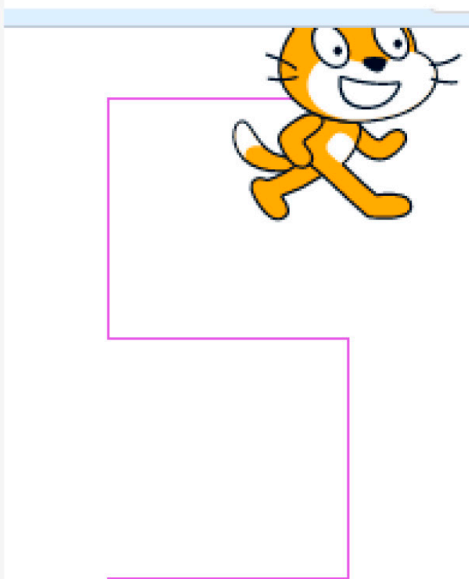


Рис. 3. Алгоритм решения задачи 2 и результат работы

Обучающиеся самостоятельно пробуют решить эту задачу, предлагают свои решения, среди которых могут быть и варианты с циклом: не полный цикл из задачи 1, а только его часть – повторений должно быть только три. Остальную же часть изображения можно построить и без использования цикла.

Далее учитель также может предложить учащимся задачи, в которых могут быть использованы аналогичные циклы.

Задача 3. Изобразить цифру 6.

Обучающиеся также делают предположение, что для изображения цифры 6 также может быть использован цикл, построенный ранее для изображения квадрата. Поэтому выдвигается предположение, что можно использовать часть алгоритма из первой задачи, а затем выполнить еще одно дополнительное построение.

Но возникает проблема, так как исполнитель завершает движение не в той точке, где должно быть выполнено дополнительное построение.

Могут быть выдвинуты несколько предположений:

- 1) пройти к нужной точке с поднятым пером;
- 2) изменить порядок изображения квадрата.

Для реализации первого предположения учащиеся строят алгоритм, в результате ко-

торого исполнитель оказался в нужной точке и осталось выполнить дополнительное построение (рис. 4).

В результате обучающиеся делают вывод, что предположение подтвердилось, и алгоритм строит заданное изображение.

Для реализации второго предположения обучающиеся изменяют алгоритм из первой задачи, и делается вывод, что исполнитель оказывается в нужной точке и также можно продолжить построение. В результате обучающиеся также делают вывод, что второе предположение подтвердилось, и алгоритм строит заданное изображение (рис. 5).

Накопленный опыт реализации элементов проблемного обучения при изучении циклических алгоритмов можно применить и в рамках дополнительного образования. Учебно-тематический план представлен в таблице.

Применение элементов проблемного обучения в рамках дополнительной общеобразовательной программы обеспечивает умение самостоятельно формулировать проблему и ставить задачи для ее решения; находить и отбирать актуальную информацию; представлять результаты работы перед аудиторией и др.

Таким образом, представлены примеры заданий для реализации элементов проблемного обучения при изучении циклических алгоритмов.

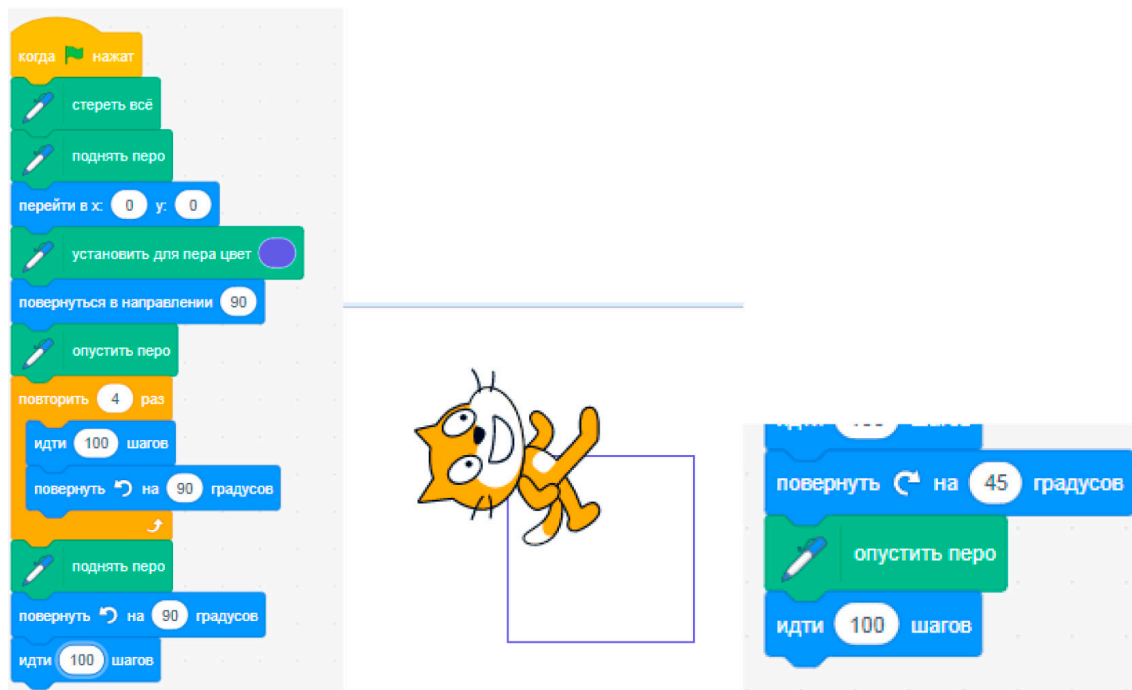


Рис. 4. Фрагмент алгоритма и результат работы, задача 3

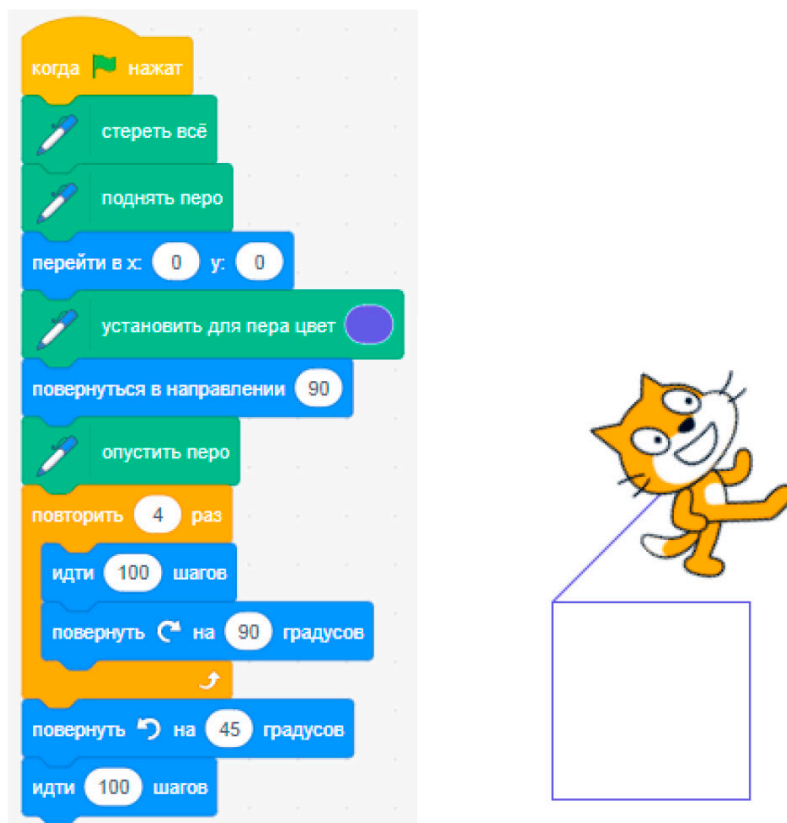


Рис. 5. Алгоритм решения и результат работы задачи 3

Учебно-тематический план

№ п/п	Название темы занятия	Количество часов			Формы контроля
		всего	теория	практика	
	Среда программирования Scratch	42	8	34	
1.	Особенности среды программирования	4	1	3	Фронтальный опрос. Оценка выполнения индивидуальных практических заданий
2.	Создание программ. Линейные алгоритмы	4	1	3	
3.	Создание программ. Разветвляющиеся алгоритмы	4	1	3	
4.	Создание программ. Циклические алгоритмы	6	1	5	
5.	Создание подпрограмм	6	2	4	
6.	Создание игр, мультфильмов и динамичных комиксов	8	2	6	
7.	Подготовка индивидуального проекта	10		10	Оценка проекта

Заключение

Данное методическое решение было опробовано в МБОУ СОШ с углубленным изучением информатики № 68 г. Пензы.

Тема «Алгоритмы» в соответствии с Федеральной рабочей программой основного общего образования по информатике (базовый уровень) изучается в 8 классе. Результаты диагностических проверочных работ,

проведенных в восьмых классах, показали эффективность предложенных методических решений.

Перспективой данного исследования является распространение методики реализации элементов проблемного обучения на последующие темы школьного курса информатики, в частности программирование.

Список литературы

1. Приказ Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920/> (дата обращения: 01.10.2023).
2. Лернер И.Я. Проблемное обучение. М., 1974. 64 с.
3. Оконь В. Введение в общую дидактику. М., 2014. 22 с.
4. Оконь В. Основы проблемного обучения. М.: Просвещение, 2013. 65 с.
5. Быстрова Н.В., Зиновьева С.А., Филагова Е.В. Проблемное обучение в современном образовании // Проблемы современного педагогического образования. 2020. № 67–1. С. 43–46.
6. Тузинец А. Две концепции проблемного обучения: В. Оконь и М.И. Махмутов // Вестник Московского государственного лингвистического университета. Секция: Образование и педагогические науки. 2020. № 3 (836). С. 128–139.
7. Кудрявцев Т.В. Проблемное обучение: истоки, сущность, перспективы. М.: Знание, 2016. 80 с.
8. Уфимцева П.Е., Рожина И.В. Обучение программированию младших школьников в системе дополнительного образования с использованием среды разработки Scratch // Наука и перспективы. 2018. № 1. С. 29–35.
9. Акимова И.В. Методика изучения линейных алгоритмов с помощью среды Scratch // Информатика в школе. 2013. № 7 (90). С. 28–33.
10. Сайт среды Scratch/ [Электронный ресурс]. URL: <https://scratch.mit.edu/> (дата обращения: 01.10.2023).

УДК 378.17
DOI 10.17513/snt.39916

НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ У СОВРЕМЕННОЙ МОЛОДЕЖИ МОТИВАЦИИ К СБЕРЕЖЕНИЮ ЗДОРОВЬЯ

^{1,2}Ахметвалиева М.Г., ³Коняева М.А.

¹ФГБУН Центр исследования проблем безопасности Российской академии наук, Москва;
²ОАНО ВО «Московский психолого-социальный университет», Москва, e-mail: meyserja60@mail.ru;
²ФГБОУ ВО «Саратовская государственная консерватория имени Л.В. Собинова», Саратов,
e-mail: konyaevama@mail.ru

Одним из фундаментальных компонентов в системе профессионального образования является воспитание специалиста, умеющего выстроить адаптационные связи между объективной реальностью, в которой молодому специалисту необходимо трудиться, и субъективным опытом, накопленным во время обучения в организации высшего образования и благодаря социальному взаимодействию с сокурсниками и преподавателями. Адекватное позиционирование себя как специалиста, стоящего на пороге долгой профессиональной активности, позволит и осознать важность сохранения своего физического и эмоционального здоровья. В работе отмечена актуальность реализации диагностической части мотивационно-ценностных установок студентов в общей воспитательно-образовательной структуре, которая призвана не только приумножить профессиональные знания, но также и формировать позитивную мотивацию к сохранению своего здоровья, ответственность за свое эмоциональное и физическое состояние. Целью исследования стало выстраивание у студентов мотивационной системы сохранения здоровья на основании результатов их опроса, которые дают объективные и субъективные аргументации для необходимости перестраивания воспитательно-образовательной среды с не критичным переносом в нее структурных компонентов, стимулирующих у студентов поиск индивидуальных траекторий сохранения здоровья. Результаты исследования определили содержательный контент предложений по выстраиванию учебно-воспитательного процесса, в котором заложены идеи формирования мотивов к сохранению своего здоровья. Система воспитания представляет собой трехкомпонентную структуру, в содержание которой внесены методические приемы, дополняющие традиционные подходы к воспитанию системы ценностей.

Ключевые слова: воспитание, студенты, здоровьесбережение, профессиональная успешность, ответственность, мотивация, формирование, моделирование, образовательная среда

DIRECTIONS FOR FORMING MODERN YOUTH MOTIVATION TO SAVE HEALTH

^{1,2}Akhmetvalieva M.G., ³Konyaeva M.A.

¹Center for Security Research of the Russian Academy of Sciences, Moscow;
²Moscow Psychological and Social University, Moscow, e-mail: meyserja60@mail.ru;
³Saratov State Conservatory named after L.V. Sobinov, Saratov, e-mail: konyaevama@mail.ru

One of the fundamental components in the vocational education system is the education of a specialist who can build adaptive connections between the objective reality in which a young specialist needs to work, and the subjective experience accumulated during training in a higher education organization and through social interaction with fellow students and teachers. Adequately positioning yourself as a specialist standing on the threshold of long-term professional activity will allow you to realize the importance of maintaining your physical and emotional health. The work notes the relevance of the implementation of the diagnostic part of the motivational and value attitudes of students in the general educational structure, which is designed not only to increase professional knowledge, but also to form positive motivation for maintaining one's health, responsibility for one's emotional and physical state. The purpose of the study was to build a motivational system for students to maintain health based on the results of their survey, which provide objective and subjective arguments for the need to rebuild the educational environment with an uncritical transfer of structural components into it that stimulate students to search for individual trajectories of maintaining health. The results of the study determined the content of proposals for building the educational process, which contains the ideas of forming motives for preserving one's health. The education system is a three-component structure, the content of which includes methodological techniques that complement traditional approaches to the education of a value system.

Keywords: upbringing, students, health care, professional success, responsibility, motivation, formation, modeling, educational environment

Во все времена образовательной задачей для молодежи было не только получение знаний, транслируемых от других, более просвещенных личностей, но и обучение анализу, систематизации, структурированию полученных знаний. В конечном итоге такие навыки помогают обучающимся на-

ходить свой вектор личностного развития, решать максимально успешно профессиональные задачи, расти как специалист. Требования времени таковы, что обучение уже не сводится к суммированию знаний. Надо стать аналитическим стратегом, эффективным управленцем накопленных знаний

и умений, уметь прогнозировать ключевые аспекты личной профессиональной траектории и умело пользоваться передовыми технологиями и информацией.

Как отмечает М.Х. Ахмедова, профессиональное образование должно базироваться на идее воспитания такого специалиста, умеющего адаптироваться в непростой компетентностной системе своей профессии, адекватно воспринимая ее ценности и значимость [1]. Т.В. Згурская в своих публикациях акцентирует внимание на том, что, обучая студентов, недостаточно рассматривать процесс получения знаний односторонне, так же важно воспитывать у них мотивацию к здоровьесбережению, так как это приумножит их конкурентоспособность и увеличит профессиональную активность [2]. И.Н. Черкасова и И.В. Сапельцева придерживаются похожего мнения. Они отмечают, что образовательно-воспитательный процесс в вузе, как интегральная социальная структура, должен строиться и на принципах воспитания у студентов мотивационной системы здоровьесбережения. Только тогда система образования сможет выполнить задачу передачи знаний и сохранения при этом психического и физического здоровья молодежи. Мотивация к сохранению собственного здоровья может быть сформирована исключительно на этапе получения знаний [3, 4].

По мнению А.М. Гудзь, В.П. Скорохтова, применение в общем образовательном процессе технологий сбережения здоровья – это один из компонентов повышения мотивации к самообразованию и самосовершенствованию. Внимание обучающегося к своему физическому состоянию определит уровень профессиональных умений, навыков и положительно повлияет на его общую работоспособность. Но мотивация к сохранению своего здоровья у студентов не в приоритете, следовательно, задача ее воспитания есть ключевая составляющая воспитательно-образовательной среды [5].

В научных трудах Д.Д. Назаровой центральная роль при формировании мотивов к здоровьесбережению отводится педагогическим и методическим основам. Педагогические основы создают контент условий для личностного самосовершенствования, профессиональной активности, социальным интересам. Методические основы формируют сумму обучающих методов и форм с учетом поведенческих моделей [6]. Как отмечает К.В. Молодцова, мотивация к сохранению здоровья подчинена возрастному и деятельностному принципам, согласно которым воспитательные мероприятия по формированию мотивации целесообраз-

ны в раннем детстве и через практику оздоровления, т.е. через активное освоение упражнений укрепления здоровья [7].

Следовательно, чтобы решить образовательно-воспитательные задачи такого масштаба, необходимо определить их конкретные границы. А именно, сформировать у молодых людей мотивацию к сбережению собственного здоровья, которая определяет масштабность профессионализма.

Увеличивающаяся объемная академическая нагрузка, игнорирование активных форм отдыха ведут к нарушениям у молодежи физического состояния и проблемам в эмоциональной личностной плоскости, снижается познавательная активность, ослабевают коммуникативные цепочки и т.п. В результате профессионализация не так динамична и успешна [8]. Многие исследования доказывают увеличение доли молодежи с нарушениями психоэмоциональной сферы по сравнению с другими возрастными группами, что вызывает снижение успеваемости, расширение ряда хронических заболеваний. А нерешенность этих вопросов создает благодатную почву для негативных социальных явлений [9].

Следовательно, чтобы решить задачи формирования мотивации к сохранению разумного равновесия в психофизиологическом состоянии, необходимо грамотно выстроить концептуальные векторы развития у молодых людей ценностного отношения к своему здоровью. Тем более это актуально в процессе профессионального становления [10].

Существенную роль при таком подходе приобретает процесс исследования мотивационно-ценностных установок студентов к проблемам сохранности личного здоровья в процессе профессионального становления. Диагностику сформированных мотивов к ведению здорового образа жизни у молодых людей желательно ввести в систему профессионального образования и проводить на всех этапах учебного процесса с целью выбора адекватных учебных программ с дальнейшей их коррекцией.

Цель исследования определена результатом систематизации и обобщения теоретических и практико-ориентированных трудов ученых: на основании аналитических работ ученых и полученных результатов опроса студентов разработать компонентную структуру концепции развития мотивов здоровьесбережения.

Материалы и методы исследования

Настоящее исследование строилось на следующих педагогических методах: теоретико-методологические исследования уче-

ных и практиков по вопросам формирования мотивации к здоровьесбережению, анкетирование студентов, моделирование компонентов воспитательной системы для формирования у молодежи мотивации к сохранению физического и эмоционального здоровья в процессе профессионального обучения. Мотивационно-ценностные установки студентов по вопросам сбережения здоровья были определены в процессе анкетирования по авторскому опроснику «Здоровый образ жизни». Анкетирование проводилось в течение трех лет среди студентов консерватории от 1-го до 3-го курса. В 14 позициях анкеты вопросы открытого и закрытого характера, в которых предполагаются варианты ответов [11]. Всего в исследовании принял участие 91 студент вокального отделения консерватории. Из общего числа студентов 46 чел. – граждане КНР.

Результаты исследования и их обсуждение

Для того чтобы выстроить динамично функционирующую систему воспитания мотивации к укреплению и сбережению здоровья, необходимо, прежде всего, привести в оптимальное согласование все составляющие образовательно-воспитательного процесса. Их несогласованность ведет к дисбалансу в воспитании молодежи, к конфликту интересов личности и социума, к нарушениям психофизиологического саморазвития. Приоритетом должно стать активное внедрение в образовательно-воспитательный процесс «лично ориентированных и здоровьесберегающих инноваций», которые имели бы своей целью формирование мотивов к саморазвитию, умению оценивать свои интеллектуальные и физические возможности и проводить тестовую оценку своих навыков [12]. Исходя из предложений ученых по структурированию образовательно-воспитательного процесса, содержание которого предусматривало бы и мониторинг уровня сформированности мотивов к самосовершенствованию и сохранению своего здоровья как одного из приоритетных условий личностной безопасности, студенты консерватории через ответы на анкету субъективно оценили свое отношение к этому вопросу. Полученные результаты противоречивы и неоднозначны.

Так, на вопрос анкеты «Считаете ли вы, что относитесь к своему здоровью бережно?» на первом курсе «да» ответили 3%. Спустя год – 9%. А уже на третьем курсе 21% ответили утвердительно. На второй вопрос анкеты «Ведете ли вы осознанный подход к сохранению здоровья?» на первом курсе «да» ответили 14% из числа обуча-

ющихся, на втором курсе – 16%. А к третьему курсу число студентов, осознанно относящихся к сбережению здоровья, сократилось до 11%. На вопрос «Укажите, что и кто помогает вам относиться к своему здоровью бережно?» 55% третьекурсников ответили «медийные» личности. На первом курсе таковых было 25%. То есть более чем в 2 раза увеличилось число студентов, которые ориентируются на мнение известных людей. Но на вопрос «Откуда получаете информацию по вопросам сохранения здоровья?» 46% ответили «от врача», на первом курсе таковых было 39%, на втором – 52%. Из числа респондентов 36% третьекурсников занимаются самолечением. Обучаясь на первом курсе, самолечением занимались 58%, на втором курсе количество таковых уменьшилось до 41%. К третьему курсу 73% студентов часто пропускают занятия по физической культуре по различным причинам. Основная причина – переход в специальную медицинскую группу, так как заболевания студентов из острой периодической формы на первом курсе к третьему курсу переходят в хроническую (по нашим наблюдениям). Поэтому и существует необходимость консультаций врача для большинства молодых людей, несмотря на то, что внешним ориентиром на сохранение и приумножение личного здоровья являются люди с экранов и постеров. Вместе с тем 53% студентам не удается системно посещать врачей, а 59% не могут определить, интересуются они вопросами сохранения здоровья или нет, 67% не знают, должен ли успешный музыкант стремиться быть здоровым. К сожалению, результаты анкетирования констатируют, что студенты не рассматривают свое здоровье как составляющую профессионального долголетия.

Таким образом, созданы объективные и субъективные предпосылки для разработки модельной структуры формирования у студентов мотивации к сохранению и формированию личного здоровья. Исследовательские работы ученых по вопросам формирования мотивов к сохранению и приумножению здоровья в процессе профессионального обучения стали объективным обоснованием для моделирования компонентной структуры формирования позитивного отношения студентов к вопросам личного здоровьесбережения, а результаты анкетирования – субъективной составляющей идеи этого воспитательного процесса. В его структуре, целью которой будет сформированная мотивация к сбережению здоровья, запланировано три компонента. В их содержание внесены методические приемы, согласующиеся между собой и дополняю-

щие традиционные подходы к воспитанию личностных качеств:

Теоретико-обоснованный. Исследование трудов ведущих ученых с целью конкретизации профессионально-ориентированных и инновационно-эффективных направлений формирования позитивной мотивации к сохранению личности своего здоровья, теоретически аргументированный подход к структуризации воспитательных программ, определение причинно-следственных связей сформированных мотивов к здоровьесбережению и успешной профессионализации. Теоретико-обоснованный уровень формулируется на основании анализа соответствующих философских, социологических, психолого-педагогических, личностно-ориентированных исследований ведущих ученых (С.Л. Рубинштейн, К. Муздыбаев, Н.В. Кузьмина, В.А. Сластенин, С.Ю. Стукалов, Ю.С. Овчинникова, В.С. Степина, С.В. Безотосов, О.И. Коломок, И.В. Зазуля, М.В. Красностанова, И.С. Аврамкова и т.д.). Первоначально строится теоретическая модель, основанная на предположениях, базисом которых являются конструкты абстрактных объектов (знаний). Накопленный опыт приобретает вид схематичной матрицы, которая затем модифицируется в новые теоретические модели. В процессе такого обновления ценностная система личности также приобретает обновленную форму, переосмысливается, принимается осознанно или осознанно отвергается [13].

Организационно-регулирующий (мотивирующий). Организация воспитания и обучения, нацеленного на построение пространства личностной безопасности, ответственности за эмоциональное и физическое состояние. Построение маршрута исследования мотивационно-ценностных установок личности к сбережению здоровья, классифицирование характерных профессиональных нарушений здоровья у ведущих музыкантов. Комплектование методик для оценки эффективности развития ответственности как интегральной личностной характеристики. Корректирование программ воспитания ответственности у студентов с учетом диагностических данных психофизиологического состояния обучающихся, их мотивации к вопросам здоровьесбережения. Организационно-регулирующий компонент действует на основе этики социализации и адаптации в образовательном пространстве, создающих условие для формирования мотивационно-ценностной личностной системы. Содержательное обоснование этапов становления бережного отношения к своему здоровью, личностно-ориентированная актуализация обучающихся

программ с координацией действий преподавателя и студентов, применением форм учебной и внеучебной деятельности по воспитанию ответственного отношения будущих музыкантов к своему здоровью.

Профессионально-моделирующий. Применение методов и практик в личностно-ориентированном обучении в профессиональном становлении среди студентов музыкантов, обеспечивающие личностную заинтересованность студента, расширяющие границы для реализации творческих активностей и возможностей. Конструирование проектно-исследовательских и функционально-обоснованных технологий, объединяющих лучшие инновационные практики из различных учебных курсов и подходов воспитания общей культуры. Развитие устойчивых положительных мотивов к сбережению здоровья, которые стали бы регулирующим инструментом к формированию личностной ответственности за свое психофизиологическое состояние, осознания ценности здоровья как основы к успешной профессиональной деятельности и обеспечения личностной безопасности, развивая выносливость организма в целом. Введение в контекст учебных и внеучебных занятий оригинальных, новаторских спортивно-оздоровительных мероприятий, совместная деятельность образовательных организаций различной направленности и профессионализации в формировании ответственности и мотивации к благополучию в эмоциональной и физической личностной сфере каждого студента.

Заключение

Результаты опроса дали основания для формулирования рекомендаций по структурной организации воспитательно-образовательного процесса, которые определяют реальную возможность для воспитания у студентов ответственного отношения к своему здоровью, формируют позитивную мотивацию к этому. Успешная профессионализация взаимосвязана с уровнем ответственности человека, в умении системно принимать и понимать проблемы, что помогло бы закрепить умения ставить задачи и находить способы их решения. Созданный контент, по нашим наблюдениям, обеспечивает студентам оптимальные условия для поддержания работоспособности, направленной на дальнейшую успешную профессионализацию. Учитывая своеобразие профессии музыкантов, учебно-воспитательная работа со студентами строилась в соответствии с принципами многокомпонентной педагогической технологии, представляющей из себя поэтапное построение

мотивирующих основ (системы) к сохранению своего здоровья. Эта система представляет собой трехступенчатую структуру профессионально направленных микропрограмм (компонентов), выполняющих узконаправленные роли, совместно определяющие общую структуру воспитательного процесса – теоретико-обоснованный, организационно-регулирующий (мотивирующий), профессионально-моделирующий.

Список литературы

1. Ахмедова М.Х. Развитие чувства ответственности у студентов в процессе обучения // Молодой ученый. 2015. № 2 (82). С. 443–445.
2. Згурская Т.В., Ломов С.С. Формирование у студентов потребности в здоровом образе жизни // Молодой ученый. 2023. № 20 (467). С. 179–183.
3. Черкасова И.В. Формирование мотивации здоровьесбережения у студентов вуза // Journal of Scientific Research Publications. 2015. Vol. 1, Is. 1 (21). P. 77.
4. Сапельцева И.В. Формирование мотивации к здоровому образу жизни у подростков 14–15 лет при изучении курса «Человек и его здоровье»: автореф. дис. ... канд. пед. наук. Екатеринбург, 2004. 20 с.
5. Гудзь А.М., Скорохватов В.П. Здоровьесбережение как мотивационный компонент самоорганизованности обучающихся // Научное обозрение. Педагогические науки. 2022. № 1. С. 10–14. DOI: 10.17513/srps.2412.
6. Назарова Д.Д., Ананьева И.В. Педагогические и методические основы формирования мотивации молодежи к здоровому образу жизни // Молодой ученый. 2023. № 21 (468). С. 416–419.
7. Молодцова К.В. Мотивация здорового образа жизни у современной молодежи // Концепт. 2017. Т. 39. С. 3871–3875.
8. Белоус О.В., Василенко В.Г., Тютюнникова Е.Б., Арушанян Ж.А. Здоровьесберегающие технологии в условиях образовательного пространства // Управление образованием: теория и практика. 2022. Т. 12, № 4. С. 86–93. DOI: 10.25726/h5929-7198-1383-1.
9. Шунгаева А.Б., Басангова М.У. Молодежь и ее здоровьесбережение как социальная проблема // Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. 2013. Вып. 1. С. 173–178.
10. Безотосов С.В., Коломок О.И. Основы формирования культуры здоровьесбережения и безопасности личности студента // Вестник Московского университета МВД России. 2008. № 7. С. 4–5.
11. Красностанова М.В., Федорова А.М., Манжикова А.В. Проблема внедрения здоровьесберегающих инноваций в систему профессиональной подготовки музыкантов-исполнителей в России // Гуманитарные науки. 2016. № 4 (36). С. 119–128.
12. Степин В.С. Цивилизация в эпоху перемен: поиск новых стратегий развития // Журнал Белорусского государственного университета. Социология. 2017. № 3. С. 6–11.
13. Коняева М.А., Ахметвалиева М.Г. Воспитание культуры здоровьесбережения у музыкантов в контексте личностной безопасности // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 9. С. 157–161. DOI: 10.17513/snt.38233.

УДК 372.8
DOI 10.17513/snt.39917

ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА ПО СОЗДАНИЮ ВИРТУАЛЬНЫХ ПОМОЩНИКОВ

¹Быков А.А., ²Киселева О.М.

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»,
Смоленский филиал, Смоленск, e-mail: mail@sbmpei.ru;

²ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет», Смоленск,
e-mail: fizmat@smolgu.ru

Сегодня разработка и опубликование в социальных сетях виртуальных помощников особенно актуальны. Современные компании по предоставлению телефонной связи, банки, интернет-магазины и другие организации, широко использующие информационные технологии, трудно представить не применяющими виртуальных собеседников для решения стандартных вопросов. Данный раздел информатики молодой и находится на стадии формирования. Практико-ориентированность темы и востребованность данного вида программного обеспечения вызывают интерес обучающихся различных возрастных групп. При этом в школьном курсе информатики данный вопрос практически не раскрывается, несмотря на всю его значимость. Описываемое в статье исследование было проведено с целью рассмотрения элементов элективного курса по созданию виртуальных помощников. Для ее достижения был проведен анализ запроса обучающихся, касающийся специфики содержания и прохождения элективного курса «Создание виртуальных помощников». Авторами проведен констатирующий эксперимент, базой для которого послужило муниципальное общеобразовательное учреждение средняя школа № 35 г. Смоленска. На основе анализа современной научной и методической литературы, а также результатов констатирующего эксперимента авторами были выделены цели преподавания элективного курса по разработке чат-ботов, представлено его содержание и даны некоторые методические рекомендации.

Ключевые слова: информатизация, образовательный процесс, элективный курс, виртуальный помощник

ELEMENTS OF AN ELECTIVE COURSE ON CREATING VIRTUAL ASSISTANTS

¹Bykov A.A., ²Kiseleva O.M.

¹National Research University Moscow Power Engineering Institute,
Smolensk branch, Smolensk, e-mail: mail@sbmpei.ru;

²Smolensk State University, Smolensk, e-mail: fizmat@smolgu.ru

Today, the development and publication of virtual assistants on social networks is especially relevant. Modern telephone companies, banks, online stores and other organizations that widely use information technology, it is difficult to imagine not using virtual interlocutors to solve standard questions. This section of computer science is young and is at the stage of formation. The practical orientation of the topic and the relevance of this type of software arouse the interest of students of various age groups. At the same time, this issue is practically not disclosed in the school computer science course, despite its importance. The research described in the article was conducted in order to consider the elements of an elective course on creating virtual assistants. To achieve this, an analysis of the students' request regarding the specifics of the content and passage of the elective course "Creating virtual assistants" was carried out. The authors conducted an ascertaining experiment, the basis for which was the municipal educational institution secondary school No. 35 of the city of Smolensk. Based on the analysis of modern scientific and methodological literature, as well as the results of the ascertaining experiment, the authors identified the goals of teaching an elective course on chatbot development, presented its content and gave some methodological recommendations.

Keywords: informatization, educational process, elective course, virtual assistant

Пандемия 2020 г. в значительной степени повлияла на общий уровень информатизации общества. Современное образование также не осталось в стороне от цифровой трансформации. Следствием этого стали:

1) расширение круга программных продуктов, регулярно применяемых обучающимися и педагогами как в повседневной жизни, так и в образовательном процессе [1];

2) обустройство автоматизированного рабочего места с выходом в интернет для всех участников образовательного процесса [2];

3) популяризация профессий, связанных с вычислительной техникой, в результате чего стали востребованы не только среднее и высшее образование по данным специальностям, но и различные курсы, дающие возможность получать узкоспециализированные знания, умения и навыки [3].

Современные дети проводят значительное время за использованием гаджетов. Так по данным отчета о состоянии цифровой сферы Digital 2022 (We Are Social, Hootsuite) владельцами смартфонов являются 95,9 %

населения России, ноутбуков и настольных компьютеров – 78,5%. При этом общее время использования интернета составляет 7 ч 50 мин ежедневно [4]. В связи с этим одной из задач школьного курса информатики становится переориентация обучающихся с игровой и развлекательной деятельности на практическую и созидательную сферу. Реализовать это на практике возможно, привлекая обучающихся к разработке собственных мобильных приложений и виртуальных собеседников [5]. В рамках стандартной программы сложно выделить время на разработку чат-ботов, однако в форме элективного курса это вполне возможно.

«Элективные курсы – это элемент учебного плана, дополняющий содержание при реализации профильного обучения, что позволяет удовлетворять разнообразные познавательные интересы школьников» [6].

«Виртуальный собеседник, онлайн-помощник или чат-бот – программа, имитирующая человеческое общение, алгоритм которой ориентирован на решение поставленных задач посредством ведения диалога» [7].

Элективные курсы можно проводить по любой теме, углубляя знания обучающихся в пределах общеобразовательной программы и расширяя их кругозор [8]. Исходя из вышесказанного рассмотрение элективного курса по созданию чат-ботов можно считать актуальным.

Цель исследования – рассмотрение элементов элективного курса по созданию виртуальных помощников.

Материалы и методы исследования

Для достижения цели исследования была использована группа методов теоретического и практического характера:

- изучение научной и методической литературы по рассматриваемой проблеме;
- анализ и обобщение современного педагогического опыта;
- констатирующий эксперимент (анкетирование и беседа с респондентами);
- математические методы для обработки полученных результатов и их дальнейшая визуализация.

Научные исследования, посвященные разработке элективных курсов, связанных с созданием мобильных приложений, представлены в работах таких педагогов, как С.В. Козлов, Б.Б. Морозов, А.Р. Нафикова и др.

Различные точки зрения на использование чат-ботов в образовательном процессе представлены в исследованиях Н.Н. Зильбермана, В.В. Кузнецова, Е.Г. Ивановой, А.А. Чивилева и др. [9].

Анализ научной и методической литературы по проблеме разработки элективного курса по созданию виртуальных помощников, на наш взгляд, позволяет сделать следующие выводы:

– использование мобильных приложений в целом и чат-ботов как их разновидности сегодня является одним из популярных направлений деятельности человека, поскольку онлайн-собеседники широко используются в различных отраслях человеческой деятельности;

– благодаря виртуальным помощникам появляется возможность в автоматическом режиме выявлять проблемы пользователя и предлагать вариант их решения;

– проблема разработки мобильных приложений и чат-ботов как ее части недостаточно раскрыта в школьном курсе информатики;

– наблюдается недостаточная разработанность методик обучения основам разработки мобильных приложений для работы в мессенджерах.

Результаты исследования и их обсуждение

Перед рассмотрением элементов элективного курса по созданию виртуальных помощников необходимо оценить образовательный запрос обучающихся по рассматриваемой теме. Для этого был проведен констатирующий эксперимент. Его участниками стали обучающиеся 7-го и 10-го классов МБОУ СШ № 35 г. Смоленска. С респондентами была проведена анкета и беседа по ее результатам. Первоначально оценку результатов констатирующего эксперимента предполагалось проводить по двум возрастным группам, представленным 7-м и 10-м классами, однако анкетирование показало единодушие опрашиваемых, и в связи со сходностью результатов группы для их оценки были объединены. На наш взгляд, это объясняется популярностью чат-ботов и доступностью их использования для любой возрастной группы.

Вначале была оценена востребованность курса по созданию виртуальных помощников. Обучающимся был предложен следующий вопрос.

Хотели бы вы пройти элективный курс по разработке виртуальных собеседников?

1. Да.
2. Нет.

Из результатов анкетирования видно, что желание пройти элективный курс по разработке чат-ботов изъявили все опрошенные обучающиеся.

Поскольку сегодня существуют различные программные возможности для разра-

ботки виртуальных помощников, необходимо было определиться с программным обеспечением, которое будет использоваться для реализации чат-ботов.

Для этого обучающимся был предложен следующий вопрос анкеты.

Выберите среду разработки онлайн-помощника, с которой вы бы хотели работать при прохождении элективного курса:

1. Конструктор чат-ботов.
2. Язык программирования.



Рис. 1. Результаты ответа на второй вопрос анкеты

Из результатов, представленных на рис. 1, видно, что интерес к разработке и использованию виртуальных собеседников проявляется не только у программирующих обучающихся, но и у тех, кто недостаточно владеет языками программирования. Выходом для них может стать использование конструкторов онлайн-собеседников. Например, Botmother, представляющий собой единую платформу для создания и запуска чат-ботов любой сложности без программирования, может быть выбран в качестве среды разработки. Однако, несмотря на удобство конструктора чат-ботов Botmother, рассматриваемый элективный курс не является жестко привязанным к среде разработки, при необходимости выбранный конструктор виртуальных помощников может быть заменен другим.

Сегодня существует большое число чрезвычайно популярных социальных платформ, позволяющих опубликовывать созданные чат-боты. Например, среднее время, которое владельцы Android-устройств проводят в приложениях: VK – 12,7 ч/мес, Telegram – 9,8 ч/мес, WhatsApp – 10,3 ч/мес и т.п. [10].

Поэтому необходимо выбрать платформы для размещения чат-ботов, разработанных

в процессе освоения элективного курса. Для этого обучающимся был предложен следующий вопрос анкеты.

Выберите платформу размещения онлайн-помощника, с которой вы бы хотели работать при прохождении элективного курса.

1. Telegram.
2. Viber.
3. WhatsApp.
4. ВКонтакте.
5. Одноклассники.

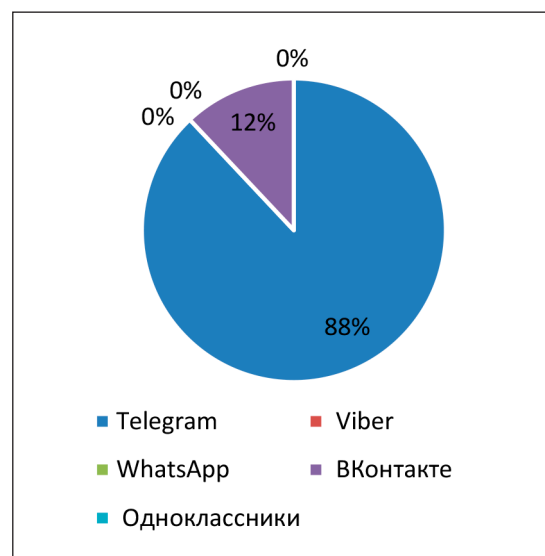


Рис. 2. Результаты ответа на третий вопрос анкеты

Из результатов, представленных на рис. 2, видно, что для публикации виртуальных помощников, которые будут реализованы в результате освоения элективного курса, в качестве платформ размещения респондентами были выбраны мессенджеры Telegram и ВКонтакте.

Таким образом, путем анализа результатов констатирующего эксперимента была выявлена востребованность элективного курса по созданию виртуальных помощников, определена среда их разработки и платформы для размещения. Что позволяет подробнее описать элементы обсуждаемого элективного курса.

Целями освоения программы «Создание виртуальных помощников» являются следующие познавательные положения для обучающихся:

- 1) дать возможность обучающимся взаимодействовать с принципами разработки полнофункционального прикладного программного обеспечения на примере разработки онлайн-собеседников;

2) рассмотреть и осмыслить принципы проектирования виртуальных помощников с использованием платформ для создания и запуска чат-ботов любой сложности без программирования, например Botmother;

3) научить разрабатывать онлайн-собеседники, публиковать их и проводить целостную отладку на мобильных устройствах;

4) способствовать развитию интереса учащихся в пространстве данного курса к изучению программирования и мобильных технологий;

5) способствовать развитию творческих способностей учащихся и применению их на практике;

6) развитие памяти, алгоритмического и аналитического мышления;

7) способствовать получению опыта совместной работы обучающимися.

На наш взгляд, элективный курс может состоять из следующих блоков, которые последовательно раскрывают тему «Создание виртуальных помощников»:

1. Регистрация, знакомство с возможностями и интерфейсом одной из платформ для создания и запуска чат-ботов.

2. Компоненты конструктора виртуальных помощников.

3. Разработка структуры и сценария виртуального собеседника.

4. Подбор подходящих компонентов для программной реализации диалога, воплощающего сценарий чат-бота.

5. Публикация онлайн-собеседника на популярных социальных платформах.

6. Тестирование и отладка виртуального помощника.

7. Рассмотрение функций модератора и статистических возможностей конструктора чат-ботов.

8. Сравнительный анализ различных платформ разработки и опубликования виртуальных помощников.

9. Разработка чат-бота информационного сопровождения события, представляющая собой индивидуальную или групповую реализацию обучающимися проекта по предложенной учителем теме.

При преподавании элективного курса «Создание виртуальных помощников» можно выделить следующие методические особенности.

1. Данная тема будет посильна и востребована обучающимися как в среднем звене, так и у старших школьников (что подтверждается результатами анкетирования).

2. Анализ учебников по информатике показал, что подходящего раздела в общеобразовательной программе нет, поэтому для реализации курса выбрана форма элективного курса.

3. В ходе изучения основ по разработке чат-ботов средствами конструктора виртуальных помощников и их публикации возможно использование разных платформ для создания и мессенджеров для публикации, поскольку сама область разработки виртуальных помощников находится на стадии формирования и со временем популярность как конструкторов для разработки, так и мессенджеров для опубликования виртуальных помощников могут измениться. А обобщенные знания, умения и навыки работы с ними останутся актуальными и могут быть перенесены на другое программное обеспечение.

4. Изучение курса «Создание виртуальных помощников» предполагает в большей степени практико-ориентированное обучение. Курс должен быть очным, так как некоторые аспекты его рассмотрения могут быть сложными для восприятия обучающимися. Он должен сопровождаться комментариями учителя и постоянными практическими демонстрациями для лучшего понимания и запоминания. На усвоении материала курса положительно сказывается использование практических работ с пошаговым выполнением заданий.

5. Важной частью элективного курса является итоговый проект, в котором обучающиеся могут показать полученные знания, умения и навыки по разработке и публикации чат-бота. Выполнять итоговый проект можно как в произвольной форме, так и придерживаясь определенного плана, предложенного учителем. При выборе темы проекта можно показать связь информатики с другими науками: с математикой, технологией, химией, физикой, географией, литературой или иными другими предметами, – тем самым получив интересные междисциплинарные проекты.

Заключение

В результате исследования определен образовательный запрос обучающихся и на его основе сделана попытка представить элементы элективного курса по созданию чат-ботов. Представленное исследование может быть полезно как практикующим учителям информатики и педагогам дополнительного образования, так и молодым исследователям, интересующимся проблемами преподавания информатики в школе.

Список литературы

1. Сенчилов В.В., Быков А.А., Тимофеева Н.М., Киселева О.М. Программное обеспечение дистанционного обучения математике детей с ограниченными возможностями здоровья // Научное обозрение: гуманитарные исследования. 2017. № 7. С. 29–34.

2. Козлов С.В., Быков А.А. Тенденции и перспективы внедрения обучающих приложений в учебный процесс // Проблемы и тенденции развития социокультурного пространства России: история и современность. Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции. Брянск, 2022. С. 176–181.
3. Быков А.А., Киселева О.М. Применение мессенджеров в образовательном процессе // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 5–1. С. 127–131.
4. Асеева И.А. Цифровое благополучие общества: междисциплинарный подход // Вестник ТГУ. 2023. № 71. С. 138–148.
5. Самарина А.Е., Киселева М.П., Тимофеева Н.М. Использование информационных сетевых технологий в проекте изучения культуры родного края // Учитель и время. 2016. № 11. С. 210–213.
6. Тимофеева Н.М., Сенькина Г.Е. Краткий карманный словарь-справочник по общей методике обучения математике. Смоленск: СГПУ, 2004. 72 с.
7. Козлов С.В., Резванцева А.А. Чат-боты как одна из тенденций развития современного образования // Международный журнал экспериментального образования. 2022. № 5. С. 44–49.
8. Тимофеева Н.М., Киселева О.М. О применении программных средств в процессе обучения // Системы компьютерной математики и их приложения. Смоленск: СмолГУ, 2005. С. 233–235.
9. Сазыкина Н.А., Морозов Б.Б. Исследование современных средств для разработки веб-приложения виртуального цифрового помощника // Вестник науки. 2019. Т. 4, № 9 (18). С. 38–39.
10. Галина И.И., Нафикова А.Р. Разработка программно-методического обеспечения элективного курса «создание мобильных приложений» для учащихся общеобразовательных учреждений // Вестник Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы. 2022. № 1–3 (62). С. 131–134.

УДК 377:37.033:372.8
DOI 10.17513/snt.39918

ИЗУЧЕНИЕ РЕАЛЬНЫХ ПРИМЕРОВ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ КОЛЛЕДЖА ОСНОВАМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Гордеева И.В.

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург,
e-mail: ivgord@mail.ru*

Статья посвящена описанию технологий, применяемых при преподавании дисциплины «Экологические основы природопользования» студентам, обучающимся по ряду направлений подготовки по программам среднего профессионального образования. Формирование грамотного отношения к природопользованию является одним из компонентов воспитания экологической культуры в целом. К сожалению, в процессе преподавания нередко возникает проблема повышения внутренней мотивации обучающихся к изучению дисциплины, относящихся к числу общеобразовательных. Одним из способов стимулировать заинтересованность обучаемого контингента в освоении материала является использование на занятиях реальных примеров решения экологических проблем в конкретном регионе (Свердловской области), традиционно входящих в число наименее экологически благополучных территорий Российской Федерации. Изучение технологий снижения антропогенного прессинга на природные экосистемы, применения методов управления природопользованием на практике, а также расчет эколого-экономического ущерба от загрязнения отдельных компонентов окружающей среды позволяет продемонстрировать обучающимся природопользование в действии и включить их в последнее в качестве активных участников. Применение подобных технологий позволяет добиться повышения заинтересованности студентов в изучении материала и дисциплины в целом, что способствует формированию определенных компонентов экологической культуры.

Ключевые слова: природопользование, студенты колледжа, повышение внутренней мотивации, экологические проблемы региона, интерес к изучаемой дисциплине

RESEARCH REAL EXAMPLES OF SOLVING ENVIRONMENTAL PROBLEMS IN THE PROCESS OF TEACHING COLLEGE STUDENTS IN THE BASICS OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

Gordeeva I.V.

Ural State University of Economics, Yekaterinburg, e-mail: ivgord@mail.ru

The article is devoted to a description of the technologies used in teaching the discipline “Ecological Fundamentals of Environmental Management” to students studying in a number of areas of training in secondary vocational education programs. Forming a competent attitude towards the process of environmental management is one of the components of developing an environmental culture as a whole. Unfortunately, in the process of teaching, the problem of increasing the internal motivation of students to study a discipline that is classified as general education often arises. One of the ways to stimulate the interest of the student population in mastering the material is to use during classes real examples of solving environmental problems in a specific region (Sverdlovsk region), which are traditionally among the least environmentally friendly territories of the Russian Federation. Studying technologies for reducing anthropogenic pressure on natural ecosystems, applying environmental management methods in practice, as well as calculating environmental and economic damage from pollution of individual environmental components allows students to demonstrate the process of environmental management in action and include them in the latter as active participants. The use of such technologies makes it possible to increase students’ interest in studying the material and the discipline as a whole, which contributes to the formation of certain components of environmental culture.

Keywords: environmental management, college students, increasing internal motivation, environmental problems of the region, interest in the discipline being studied

В процессе обучения студентов средних профессиональных и высших учебных заведений дисциплинам, формирующим общекультурные компетенции (ОК), преподавателям нередко приходится сталкиваться с проблемой низкой внутренней мотивации обучаемого контингента, поскольку любая подаваемая информация (в первую очередь это относится к гуманитарным – философии, культурологии и некоторым естественнонаучным дисциплинам – экологии, природопользованию и пр.) воспринимаются

значительной частью студенческой молодежи исключительно с точки зрения практической полезности получаемых знаний именно для конкретной будущей профессиональной деятельности. Поскольку вышеупомянутая связь между теоретической информацией по такой дисциплине, как «Экологические основы природопользования», излагаемой в соответствии с ФГОС СПО, и практической деятельностью будущих специалистов в сфере бухгалтерского учета или банковской деятельности для обучающихся апри-

ори не очевидна (студенты в большинстве случаев вообще не видят смысла изучать подобную дисциплину на выпускном курсе), перед преподавателями встает дилемма: в процессе изложения материала опираться исключительно на внешнюю мотивацию обучаемого контингента или приложить усилия для повышения интереса обучающихся к темам изучаемой дисциплины с использованием всех доступных технологий обучения. Изучение дисциплины «Экологические основы природопользования» студентами 2–3 курса колледжа Уральского государственного экономического университета представляет наглядный пример сложностей, с которыми приходится иметь дело педагогам, так как уровень заинтересованности аудитории на первоначальном этапе является откровенно низким. В то же время следует учесть, что поскольку Свердловская область традиционно входит в число лидеров в пределах Российской Федерации по уровню экологического благополучия территорий благодаря продолжающемуся уже на протяжении трехсот лет интенсивному антропогенному индустриальному прессингу, то проблема повышения уровня экологической культуры населения региона, особенно представителей молодого поколения, выбравших в качестве будущей деятельности экономическую и управленческую сферу, становится как никогда актуальной. По утверждению Г.Г. Недюрмагомедова и З.В. Атаева, целью экологического образования является формирование экологической культуры личности, в процессе которого обучающиеся получают знания и совокупность опыта взаимодействия людей с природной средой [1, с. 146].

Задачей преподавателя становится формирование у обучающихся не только определенного уровня знаний о законах функционирования природных экосистем и биосферы в целом, а также об экологических проблемах региона и причинах их возникновения, но и понимания самостоятельной ценности природных объектов, уважительного отношения к ним, а также готовности реализовать полученные знания и навыки в будущей профессиональной деятельности. Стратегия устойчивого развития при всех ее сложностях и противоречиях представляется на настоящий момент единственным реальным способом снизить темпы деградации природных экосистем в результате мощного антропогенного прессинга, вследствие чего образование для устойчивого развития, одним из компонентов которого является экологическое образование и воспитание, необходимо реализовать с максимально возможной ре-

зультативностью, не ограничиваясь только эмоциональным эффектом [2]. Например, в работе Л.Г. Бурлевой и О.Б. Федоровой, посвященной методике внедрения основ экологической безопасности в подготовку студентов системы СПО, отмечается, что студенты колледжа называют человека и его деятельность главным фактором опасности для окружающей среды [3], однако задачи преподавателя заключаются не столько в доведении подобной информации до обучаемого контингента, но и в ознакомлении с технологиями и методиками реального опыта решения подобных проблем на конкретных примерах, что особенно важно для контингента, обучающегося в учебном заведении экономического профиля. В этом плане интересен опыт В.С. Елагинной и И.Ю. Апаликовой [4], представивших результаты организации научно-исследовательской деятельности при изучении экологических дисциплин в вузе, позволившей повысить заинтересованность обучающихся в освоении материала, а также результатов социологических исследований, проведенных С.В. Алексеевым, Г.А. Костецкой и Э.В. Гущиной по изучению уровня знаний обучающихся об экологических проблемах городской среды [5, 6]. Последние, в частности, отмечают достаточно высокий уровень осведомленности студентов о причинах и последствиях экологических проблем конкретного региона (Ленинградской области), а также заинтересованность в принятии личного участия в решении некоторых из них.

Цель исследования заключается в определении способов повышения внутренней мотивации обучающихся колледжа к изучению дисциплины, формирующей общекультурные компетенции, на примере экологических основ природопользования, а также в исследовании эффективности преподавания данной дисциплины по итогам проведенного опроса.

Материалы и методы исследования

В данном исследовании использовалась система теоретических (анализ педагогической литературы по проблеме исследования, систематизация и обобщение) и эмпирических (наблюдение, беседа, обобщение педагогического опыта, проведение социологического опроса) методов.

Дисциплина «Экологические основы природопользования» преподается в колледже УрГЭУ на протяжении десяти лет, при этом каждый раз до и после завершения обучения студентам предлагается пройти анонимное анкетирование для оценки результативности преподавания и удовлетворенности обучаемого контингента качеством подаваемой

информации и полезностью последней с теоретической и практической точки зрения. В работе представлены результаты опросов, проведенных в апреле-мае 2022 и 2023 гг. среди студентов, обучающихся по направлениям «Экономика и бухгалтерский учет», «Банковское дело» и «Земельно-имущественные отношения». В 2022 г. в опросе приняли участие 324 человека (82 юноши и 142 девушки), в 2023 г. – 349 человек (115 юношей и 234 девушки).

Результаты исследования и их обсуждение

Как уже отмечалось выше, эффективность преподавания такой важной для формирования компетенций в области образования для устойчивого развития, как экологические основы природопользования, во многом определяется наличием внутренней мотивации у студенческой аудитории. В связи с этим полезно рассматривать отдельные темы курса с использованием реальных примеров, иллюстрирующих комплексный характер экологических проблем региона и позволяющих проанализировать ситуацию в последнем не только с точки зрения показателей уровня деградации природных экосистем, но и оценки величины экономического ущерба от подобных процессов. Как показывают данные опроса, проведенного до начала изучения курса дисциплины, для значительной части студенческой молодежи характерен в целом высокий уровень озабоченности экологическими проблемами: около 70% опрошенных отметили, что экологические проблемы

Свердловской области их серьезно волнуют (рис. 1). В то же время большинство обучающихся не знает реальных примеров решения в регионе конкретных экологических проблем (рис. 2), что требует внимания преподавателей.

Поскольку изучение дисциплины экологического профиля осуществляется студентами экономических направлений подготовки, то для стимулирования интереса к путям и способам решения экологических проблем обучающимся предлагается для рассмотрения ежегодный доклад «Об экологической ситуации в Свердловской области», публикуемый в рамках реализации Федерального проекта «Экология» (2018–2024 гг.). Подобный доклад позволяет не только получить представление о масштабах загрязнения на различных территориях региона, но и оценить тенденцию по изменению этих показателей на протяжении последних пяти лет. В докладе представлены лишь данные по общему количеству определенных загрязняющих веществ различных классов опасности, поступающих в конкретные компоненты природных экосистем, а студентам предоставляется возможность, используя формулу для расчета комбинированным методом величины экономического ущерба от загрязнения окружающей среды, определить масштаб последнего в регионе за год. Подлинная картина реальных значений, исчисляемых миллиардами рублей, впечатляет аудиторию в гораздо большей мере, чем абстрактные рассуждения о негативных последствиях антропогенного прессинга для биосферы.

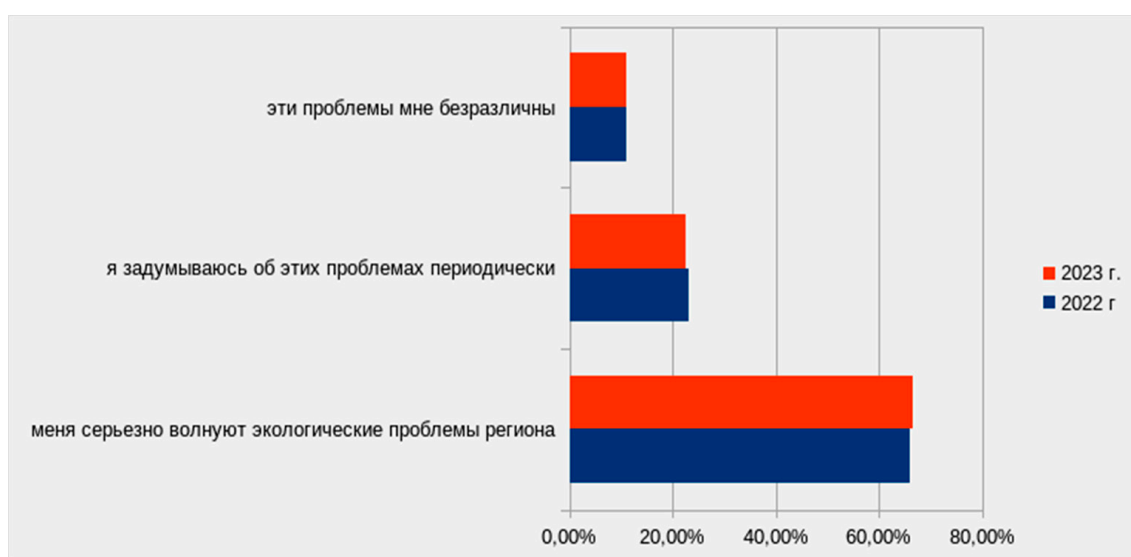


Рис. 1. Результаты опроса студентов колледжа УрГЭУ об уровне озабоченности экологическими проблемами Свердловской области

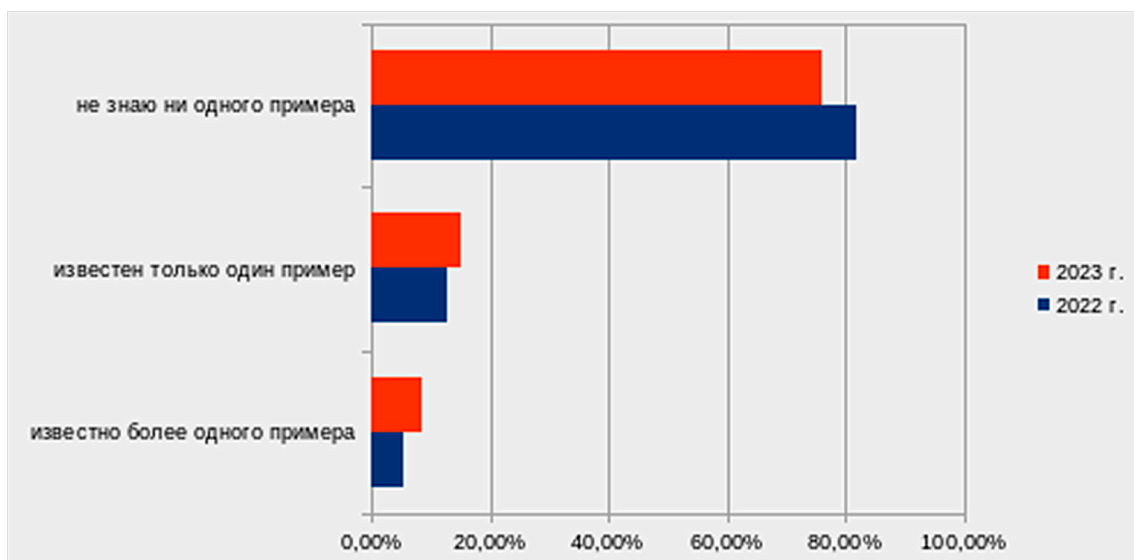


Рис. 2. Результаты ответов студентов колледжа УрГЭУ на вопрос «Известны ли Вам реальные примеры решения экологических проблем в Свердловской области?»

В то же время, сравнивая значения текущего экономического ущерба с аналогичными показателями за предыдущие годы, обучающиеся выявляют положительную тенденцию к снижению общего уровня его значений в связи с осуществляющейся модернизацией промышленного производства и сокращением общего объема плановых выбросов атмосферы, что подтверждается данными экологического мониторинга в таких традиционно неблагоприятных территориях как Нижний Тагил, Первоуральск и др. Таким образом иллюстрируется эффективность совместного использования административно-управленческих и экономических методов управления природопользованием, рассматриваемых в рамках изучаемого курса дисциплины. Подобные примеры позволяют не только совместить изложение теоретического материала с грамотной подачей реальных практических примеров из совместной деятельности администрации и предпринимателей конкретного региона, нацеленной на решение экологических проблем, но и дают возможность студенческой аудитории отказаться от пессимистического взгляда на перспективы взаимоотношений цивилизации и биосферы и оценить реальные возможности выхода из экологического кризиса при условии грамотного применения технологических, экономических и правовых инструментов, а также повышения уровня экологической культуры населения. Кроме того, изучение курса дисциплины с исполь-

зованием реальных источников экологической информации позволяет более детально ознакомить обучаемый контингент с величиной и компонентами природно-ресурсного потенциала (ПРП) Свердловской области, традиционно составляющего значительную часть экономического богатства региона. Абстрактные знания о природных ресурсах и системах их классификации дополняются конкретной информацией о количестве разведанных запасов полезных ископаемых, темпах их добычи, налоговых поступлений в бюджет от последней, а также масштабах лесозаготовок и лесовосстановления, осуществляемого в соответствии с целями Федеральной программы лесопользования. Подобная методика обучения позволяет сочетать формирование когнитивного компонента экологической культуры с получением навыков экономической оценки природных ресурсов и выбора наилучшей из стратегий их возможной эксплуатации, создавая тем самым базис для грамотного природопользования. Важность учета эколого-экономических особенностей региона для обучения студентов основам грамотного природопользования отмечается и другими авторами, в частности О.М. Кривошапкиной, представляющей опыт изучения региональных особенностей экосистем Республики Саха (Якутия) в процессе преподавания экологии и Н.В. Поляковой и др., излагающих аналогичный опыт для экосистем Воронежской области [7, 8].

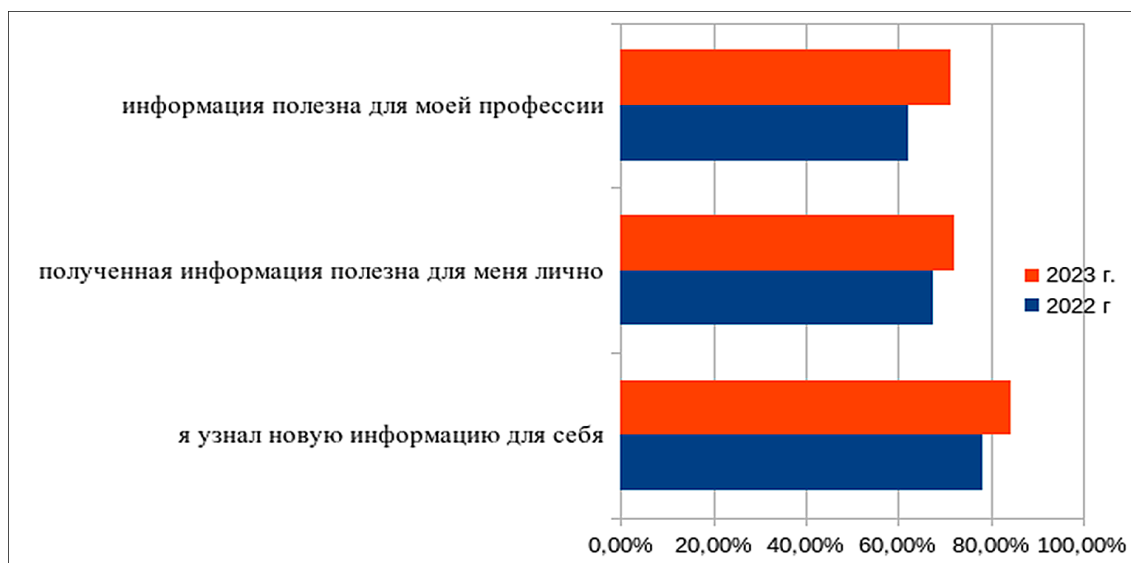


Рис. 3. Результаты опроса студентов колледжа УрГЭУ, демонстрирующие общие впечатления после изучения курса дисциплины «Экологические основы природопользования»

Предварительная оценка умения грамотно осуществлять природопользование в отношении исчерпаемых ресурсов оценивается и в процессе проведения деловых игр, в ходе которых обучающимся предлагается возможность разработки проекта в сфере природопользования, направленного на реализацию мероприятия, связанного с получением прибыли при эксплуатации ресурсов региональной принадлежности с использованием наилучших из возможных технологий переработки сырья и минимизацией негативного воздействия на окружающую среду или альтернативного использования земельного участка, выведенного из употребления в силу высокой себестоимости эксплуатации. Кроме того, интерес значительной части обучающихся вызывают проекты в сфере развития региональных туристических маршрутов, охватывающих наиболее известные природные достопримечательности Свердловской области и Большого Урала в целом, включая сплавы по рекам, походы в горы, посещение природных парков и заповедных мест, а также заброшенных месторождений полезных ископаемых и полудрагоценных камней. Возможность критически оценить инновационные проекты в данной сфере и даже предложить свои альтернативные туристические маршруты традиционно вызывает неподдельный интерес основной части студентов, изучающих дисциплину, поскольку позволяет одновременно оценить экономические перспективы проекта, проявляя свой талант предпринимателя, и грамотно взвесить все аргументы

pro et contra в сфере природопользования с точки зрения перспектив безопасности для окружающей среды. Таким образом происходит формирование экологической грамотности в целом, поскольку получение базисных академических представлений о принципах и законах функционирования природных систем и последствиях интенсификации эксплуатации последних в интересах прогрессирующего социально-экономического развития цивилизации сочетается с освоением навыков грамотного природопользования, учитывающего как необходимость первого, так и важность сохранения природных ресурсов и компонентов биосферы в интересах будущих поколений [9]. На рис. 3 представлены результаты опроса, проведенного после изучения дисциплины для оценки результативности и уровня удовлетворенности обучаемых изученным курсом. Как мы видим, большинство студентов положительно оценивают пройденный курс обучения и даже указывают ее практическую полезность для будущей профессиональной деятельности.

Заключение

В условиях стремительно нарастающего экологического кризиса, спровоцированного усиливающимися противоречиями между потребностями современной техногенной цивилизации в природных ресурсах и снижением устойчивости большинства экосистем одним из факторов замедления темпов деградации биосферы является формирование экологической культуры боль-

шей части населения, проявляющейся в том числе в грамотном природопользовании. Дисциплина «Экологические основы природопользования», изучаемая в учебных заведениях СПО, нацелена на обучение студентов рациональному и осознанному отношению к процессу природопотребления с учетом исчерпаемости большинства природных ресурсов и значительного негативного воздействия антропогенного фактора на качество основных компонентов окружающей среды. В процессе изучения дисциплины для достижения максимальной эффективности результатов необходимо, кроме изложения теоретического материала, использовать на практических занятиях реальные примеры из сферы природопользования конкретного региона, что позволяет продемонстрировать как отрицательные последствия длительного нерационального природопользования, так и результативность грамотного подхода к решению экологических проблем. Применение подобных технологий позволяет повысить заинтересованность студенческой аудитории в изучении конкретных тем, что способствует стимулированию внутренней мотивации к освоению дисциплины в целом.

Список литературы

1. Недормогомедов Г.Г., Атаев З.А. Национально-региональный опыт реализации экологического образования для устойчивого развития и сохранения природно-культурного наследия региона // Юг России: экология, развитие. 2023. Т. 18, № 1. С. 140–156.
2. Никулина Т.Л. Экологическое образование в условиях реализации образовательных программ среднего профессионального образования // Инновационное развитие профессионального образования. 2023. № 3 (39). С. 30–35.
3. Бурлева Л.Г., Федорова О.Б. Методическая система внедрения основ экологической безопасности в профессиональную подготовку студентов колледжей // Современные наукоемкие технологии. 2022. № 10. С. 113–119.
4. Елагина В.С., Апаликова И.Ю. Организация научно-исследовательской деятельности курсантов в процессе изучения экологии // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32470> (дата обращения: 12.10.2023).
5. Алексеев С.В., Костецкая Г.А. Экологические проблемы городской среды глазами студентов: результаты социологического исследования // Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. 2020. № 2. С. 101–119.
6. Алексеев С.В., Гущина Э.В. Современные экологические проблемы глазами школьников: результаты социологического исследования // Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина. 2018. С. 265–278.
7. Кривошапкина О.М. Региональные особенности Якутии, влияющие на развитие системы непрерывного экологического образования и просвещения // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=31271> (дата обращения: 10.10.2023).
8. Полякова Н.В., Кулева А.Н., Захарова Т.Д. Изучение степей России в школьном блоке естественных наук как средство привлечения внимания подрастающего поколения к современной экологической ситуации // Известия Воронежского государственного педагогического университета. 2023. № 3 (300). С. 92–97.
9. Белозеров Е.А., Куприн А.В. Экологическое образование и воспитание студентов средних специальных учебных заведений в процессе изучения дисциплины «Экологические основы природопользования» // Современные исследования социальных проблем. 2015. № 10 (54). С. 376–382.

УДК 372.881.111.1
DOI 10.17513/snt.39919

АУТЕНТИЧНЫЕ ПОДКАСТЫ В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ ВУЗА АУДИРОВАНИЮ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ

Ильин А.Е.

*ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева»,
Чебоксары, e-mail: andreyilyin811@yandex.ru*

В статье автор рассматривает проблемы формирования и развития умений и навыков аудирования студентов неязыковых факультетов вуза через включение в процесс обучения аутентичных англоязычных подкастов. Проводится анализ научной литературы по исследуемой тематике, изучается существующее положение проблемы обучения аудированию студентов-нелингвистов, рассматриваются специфика преподавания языка на неязыковых факультетах в целом и особенности процесса обучения аудированию в частности. В работе обосновываются преимущества использования аутентичных подкастов в обучении аудированию студентов младших курсов, кратко описаны некоторые трудности, возможные при использовании подкастов в обучении английскому языку в вузе. Автор статьи выдвигает гипотезу исследования, в которой предполагает, что развитие аудитивных умений и навыков студентов неязыковых факультетов вуза проходит более эффективно, если при этом используются современные методы и формы обучения, в частности работа с аутентичными подкастами. Описан ход экспериментального исследования, специфика которого состояла в том, что на занятиях по английскому языку использовались дополнительные аудиоматериалы в виде аутентичных англоязычных подкастов, а также комплекс заданий на их основе и соответствующие методы и формы работы. Приводятся данные диагностики, подтверждающие правильность выдвинутой гипотезы.

Ключевые слова: английский язык, аудирование, неязыковой факультет, умения и навыки, речевая деятельность, аутентичные подкасты

AUTHENTIC PODCASTS IN TEACHING HIGHER EDUCATION INSTITUTION STUDENTS LISTENING IN ENGLISH

Ilyin A.E.

Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary, e-mail: andreyilyin811@yandex.ru

In the article, the author examines the problems of formation and development of listening skills of students of non-linguistic faculties of the university through the inclusion of authentic English-language podcasts in the learning process. The analysis of scientific literature on the subject under study is carried out, the current situation of the problem of teaching listening to non-linguist students is studied, the specifics of language teaching at non-linguistic faculties in general and the features of the listening learning process in particular are considered. The paper substantiates the advantages of using authentic podcasts in teaching listening to junior students, briefly describes some of the difficulties possible when using podcasts in teaching English at a university. The author of the article puts forward the hypothesis of the study, in which he assumes that the development of auditory skills of students of non-linguistic faculties of the university is more effective if modern methods and forms of training are used, in particular, work with authentic podcasts. The course of an experimental study is described, the specifics of which consisted in the fact that additional audio materials in the form of authentic English-language podcasts were used in English classes, as well as a set of tasks based on them and appropriate methods and forms of work. Diagnostic data proving the correctness of the hypothesis put forward are presented.

Keywords: English, listening, non-linguistic faculty, skills and abilities, speech, authentic podcasts

Дисциплина «Иностранный язык» обладает достаточным потенциалом в контексте повышения уровня необходимых знаний, умений и навыков студентов, а также развития у них целого ряда профессионально-личностных качеств, что в совокупности обеспечит такой уровень профессионально-личностного развития обучающихся, который позволит будущим выпускникам быстро приспособиться к требованиям профессии [1].

В настоящее время в процессе обучения иностранным языкам на неязыковых факультетах в вузе совершенствование аудитивных умений и навыков студентов почти всегда отходит на второй план. Боль-

шая часть времени уходит на расширение теоретических знаний студентов в области английского языка и совершенствование их грамматических и лексических умений и навыков, что почти никогда не сказывается положительно на уровне разговорной речи обучающихся. Умения и навыки аудирования непосредственно связаны с умениями и навыками монологической и диалогической речи и входят в число базовых лингвистических умений и навыков. Обучение аудированию подразумевает процесс восприятия речи на слух и последующее понимание смысла устного сообщения [2]. Формирование и дальнейшее развитие аудитивных умений и навыков было и остается

одним из самых непростых аспектов в обучении иностранным языкам как в средней школе, так и в вузе. В том числе поэтому аудирование до сих пор недооценено как полноценный вид речевой деятельности и считается только лишь «побочным продуктом говорения». Эта позиция приводит к тому, что аудитивные умения и навыки студентов неязыковых факультетов вуза почти всегда остаются недостаточно развитыми, а методы и формы работы, которые используются в обучении аудированию, не соответствуют требованиям времени [3].

Знания, умения и навыки в области иностранных языков, приобретенные в процессе подготовки в вузе, на сегодняшний день не теряют своей актуальности, в том числе для студентов неязыковых факультетов, тем не менее часто студенты не достигают того уровня, который позволит им в будущем вести профессионально направленное иноязычное общение на должном уровне [4]. Сложившаяся практика показывает, что необходима выработка новых подходов, которые позволят студенту полностью раскрыть свой потенциал в области английского языка, дадут ему возможность воспринимать английскую речь на слух и делать правильный и полный анализ информации, излагаемой на английском языке. В этом студенту и преподавателю могут помочь современные методы развития умений и навыков аудирования, которые повысят эффективность процесса обучения английскому языку в вузе в целом и позволят вывести умения и навыки восприятия устной речи обучающихся на новый уровень. Анализ научной литературы и сложившейся практики обучения английскому языку в вузе показывает, что на одно из важнейших мест в повышении эффективности процесса обучения английскому языку вообще и аудированию на английском языке в частности в условиях, когда образование более информатизировано, чем когда-либо, выходит включение в педагогический процесс обучающихся информационных технологий, таких как различные информационные платформы, сайты и сервисы, где преподаватель и студенты могут подобрать аудио-, видео- и другие материалы. Для современной молодежи использование таких ресурсов – это совершенно обыденное и даже необходимое явление, хотя в образовании они применяются не так давно. Основная ценность таких ресурсов состоит в их аутентичности. Они созданы носителями языка в образовательных или бытовых целях. Такие ресурсы в обучении характеризуются оригинальностью содержания по всем аспектам (фонетика, лексика, грамматика и т.д.) и всегда

могут помочь как преподавателю, так и студентам найти нужный контент [5].

Практика показывает, что на сегодняшний день среди огромного количества существующих в сети интернет-сервисов можно использовать такие ресурсы, как Яндекс. Музыка, GooglePodcasts, Castbox, Spotify, VKPodcasts и др. [6]. Их включение в процесс развития умений и навыков аудирования обучающихся практически любого направления подготовки позволяет дополнить содержание РПД по иностранным языкам современным языковым материалом, дает возможность оптимизировать процесс обучения и организовать его наиболее качественно с точки зрения развития аудитивных умений и навыков обучающихся. Кроме того, многие исследования показывают, что включение аутентичных аудио- и видеоматериалов в процесс обучения иностранным языкам способствует развитию речевых умений в целом [7].

Цель исследования – теоретическим и опытным путем доказать эффективность применения аутентичных подкастов в плане повышения уровня умений и навыков аудирования обучающихся на неязыковых факультетах вуза.

Материал и методы исследования

Базой исследования, которое осуществлялось с использованием теоретических и практических методов, был выбран Чувашский государственный педагогический университет. Был проанализирован ряд источников, раскрывающих специфику различных аспектов обучения английскому языку на неязыковых факультетах вуза (психологическая, педагогическая и методическая литература), изучена и обобщена сложившаяся практика по обучению студентов неязыковых факультетов иностранным языкам. Выдвинутая гипотеза заключалась в следующем: аудитивные умения и навыки студентов неязыковых факультетов вуза развиваются более эффективно при включении в этот процесс современных методов и форм обучения, в частности аутентичных англоязычных подкастов. Для подтверждения выдвинутой гипотезы и повышения развития умений и навыков аудирования студентов обучение английскому языку на факультете истории, филологии, управления и права проходило с использованием комплекса заданий на основе аутентичных англоязычных подкастов. Основная работа велась со студентами 1-го курса направления подготовки 44.03.05 Педагогическое образование, профили подготовки «История и обществознание». Для оценки современного состояния проблемы исследования

и проведения контрольных срезов были использованы соответственно эмпирические методы (опрос, опыт, наблюдение) и методы статистической обработки информации.

Результаты исследования и их обсуждение

Основной целью констатирующего этапа исследования было выявление уже имеющегося уровня умений и навыков аудирования обучающихся. Были определены контрольная и экспериментальная группы, в которые были включены студенты уже существующих на факультете подгрупп по английскому языку. В качестве диагностического материала были начитаны и записаны на цифровой носитель диалоги и тексты профессиональной направленности. Поскольку контрольный срез проводился со студентами 1-го курса, с которыми в дальнейшем и планировалось проводить опытную работу, было принято решение подготовить для констатирующего этапа эксперимента задания следующего типа:

1) упражнение на аудирование с выборочным пониманием текста.

You will hear a dialogue. Decide which of the given statements A-G correspond the contents of the text (1-True), which do not correspond (2-False) and which are not given in the text (3- Not stated). Put the number of the chosen statement into the table. You will hear the recording twice.

Здесь студентам было предложено дважды прослушать текст и выяснить, соответствует ли высказывание той информации, которая была озвучена в тексте, не соответствует либо такая информация в тексте не озвучивалась;

2) упражнение на аудирование с общим пониманием текста.

You will hear 6 statements. Match each speaker's statement A-F with the statements given in the list 1-7. Each sentence can only be used once. One of the statements is extra. You will hear the recording twice.

В этом задании на основе прослушанного предлагалось соотнести говорящего с тем высказыванием, которое им было озвучено.

Оценивание результатов проводилось при помощи следующих критериев выявления уровня умений и навыков аудирования обучающихся.

Оценка «5» ставится обучающемуся, который уловил основные факты и смог выделить из них значимую информацию. Если в тексте встречались незнакомые слова, то обучающийся смог догадаться о значении большинства из них в соответствии с контекстом.

Оценка «4» ставится обучающемуся, которому удалось уловить не все основные факты. Также обучающийся не смог догадаться о значении многих незнакомых слов по контексту. В целом обучающийся смог понять только около 2/3 прослушанной информации.

Оценка «3» ставится обучающемуся, который смог понять лишь 1/2 содержания прослушанного. Обучающийся смог догадаться по контексту о значении единичных незнакомых слов. Часть информации была понята неправильно.

Оценка «2» ставится обучающемуся, если он понял менее 1/2 содержания прослушанного. В целом речевая задача обучающимся не решена.

В таблице 1 приводятся результаты диагностики, которые отражают уровень сформированности умений и навыков аудирования контрольной группы до начала эксперимента.

Таблица 1

Уровень сформированности умений и навыков аудирования контрольной группы до начала эксперимента

Обучающийся	Оценка
K1	5
K2	4
K3	4
K4	3
K5	5
K6	4
K7	5
K8	5
K9	3
K10	3
Средний балл	4,1

В таблице 2 приводятся результаты диагностики, которые отражают уровень сформированности умений и навыков аудирования экспериментальной группы до начала эксперимента.

По результатам контрольного среза средний балл, показывающий уровень развития аудитивных умений и навыков обучающихся в контрольной группе, составил 4,1. В экспериментальной группе средний балл, показывающий уровень развития аудитивных умений и навыков обучающихся до проведения экспериментальной работы, составил 4,0. Таким образом, первичная диагностика показала примерно одинаковый

уровень сформированности умений и навыков аудирования в контрольной и экспериментальной группах, поскольку разница составляет всего 0,1 балла.

Таблица 2

Уровень сформированности умений и навыков аудирования экспериментальной группы до начала эксперимента

Обучающийся	Оценка
Э1	4
Э2	3
Э3	4
Э4	5
Э5	4
Э6	5
Э7	3
Э8	3
Э9	5
Э10	4
Средний балл	4

Следующим после проведенного контрольного среза этапом было проведение экспериментальной работы. Ее специфика состояла в том, что в том, что в процессе обучения английскому языку в экспериментальной группе использовался не только материал рабочей программы дисциплины «Иностранный язык», но и дополнитель-

ные аудиоматериалы в виде аутентичных англоязычных подкастов, а также комплекс заданий на их основе и соответствующие методы и формы работы. В контрольной группе обучение английскому языку велось стандартно, то есть без использования аутентичных подкастов на английском языке. Методы и формы работы также были стандартными.

При разработке материалов к занятиям были использованы такие интернет-ресурсы, как Breaking News English, сервис подкастов Player FM, YouTube видео-подкасты, ESL lab и др.

Ресурсы и подкасты, использованные в ходе работы со студентами экспериментальной группы, представлены в таблице 3.

Реализацию опытной работы по обучению аудированию в экспериментальной группе с включением англоязычных подкастов можно продемонстрировать на примере работы с англоязычным подкастом “6 MinuteEnglish” на тему «Technology. Use and harm».

Так, на предтекстовом этапе ставилась цель заинтересовать студентов в тематике аудиотекста, предлагаемого для прослушивания, и убрать вероятные трудности в плане лексики и грамматики. Автором использовалась предварительная беседа по предлагаемой тематике, в ходе которой обучающиеся примерно понимали, в рамках какой темы будет происходить работа.

Использованные на предтекстовом этапе формы работы включали следующие упражнения.

Таблица 3

Ресурсы и подкасты, использованные в работе со студентами экспериментальной группы

Тема	Использованные ресурсы
Daily routine Environment	- Depression» от Breaking News English. - How to protect your brain from stress с канала TedTalks YouTube - How and why is the environment protected? – BBC Learning English - Everything We Know About Ocean Plastic Pollution So Far The Ocean Cleanup
Crime and punishment Responsibilities	- Identity theft ESL learning English - How to Protect Yourself Against Cybercrime Kaspersky - How to parent a teen from a teen’s perspective Lucy Androski TedTalks - Teenagers and Responsible Decision Making YouTube
Illnesses and their treatment English writers London	- Cold and Flu Prevention YouTube - The life of Mark Twain Animated biography in English - The adventures of Tom Sawyer by Mark Twain - The Great Fire of London Episode 2 History KS1 BBC Teach
Social problems English-speaking culture	- Why The U.S. Can’t End Poverty - Can climate change cause more disease? – 6 Minute English - British and American Houses Are Very Different!! - Christmas In America And In United Kingdom Is Very Different

Упражнение 1. Вы скажите по поводу возможного содержания текста после прочтения его названия: “Is technology harmful for youngsters?”

Ввиду актуальности тема вызывает быстрый отклик студентов и побуждает их высказать свое мнение по данному вопросу.

Упражнение 2. Преподаватель выводит на экран одну или несколько картинок с изображением молодых людей за компьютером и ставит задачу – сформулировать и сообщить одноклассникам свои мысли по поводу содержания последующего текста.

Упражнение 3. В парах обсудите следующие вопросы, связанные с тематикой текста.

1. Do you think it is harmful for health to spend many hours in front of the computer?

2. How many hours a day do you spend using your mobile phone? Check the statistic in your mobile phone settings.

3. Do you think people in Britain spend less time in front of computers than Russians do?

Упражнение 4. Сопоставьте лексическую единицу (Impact, Adolescents, Savy, Addiction, Digital natives и др.) с соответствующим определением (Influence, Teens, Knowing how to use something, Dependence, People who are very familiar with gadgets и др.).

Также могут использоваться и другие упражнения в зависимости от уровня владения английским языком в группе, с которой ведется опытная работа.

На текстовом этапе аудиозапись проигрывается два раза. Цель прослушивания в первый раз – определить основную идею текста и попытаться в целом понять его содержание. Цель прослушивания во второй раз – более глубокое понимание текста и выявление возможно упущенных до этого деталей. Здесь использовались следующие упражнения.

Упражнение 1. Ответьте на вопросы после прослушивания текста.

Данное упражнение наиболее эффективно для понимания того, насколько хорошо обучающиеся поняли содержание текста после первого прослушивания.

Упражнение 2. Определите правильность или ложность высказывания в соответствии с содержанием услышанного. Это упражнение может использоваться после второго прослушивания для выявления точности восприятия содержания текста обучающимися.

Также на текстовом этапе могут применяться и другие задания в зависимости от особенностей аутентичного текста и целей, которые ставятся на данном этапе работы.

На послетекстовом этапе, то есть после того, как материал был прослушан необхо-

димое количество раз и были выполнены необходимые упражнения на предтекстовом и текстовом этапах, наиболее эффективным шагом будет предоставление студентам возможности поработать над повышением уровня своих коммуникативных умений и навыков на основе прослушанного. Здесь помогают упражнения на развитие умений и навыков устной и письменной речи.

Упражнение 1. Обменяйтесь мнениями по поводу прослушанного с партнером. Партнеры при этом могут меняться несколько раз в зависимости от поставленных при выполнении данного упражнения целей и задач.

Упражнение 2. Постройте высказывание по теме прослушанного, опираясь на предложенные лексические единицы.

Упражнение 3. Составьте в паре и представьте одноклассникам диалог на тему прослушанного. При этом также дается определенный набор лексических единиц, которые можно или следует использовать в работе. Количество участников диалога может меняться с двух до нескольких в зависимости от специфики текста и поставленной задачи.

На этом же этапе студенты в зависимости от уровня подготовки создают свои собственные подкасты и представляют их для прослушивания и обсуждения одноклассникам.

Аналогичным образом велась работа с другими ресурсами и подкастами.

Подтверждение эффективности экспериментальной работы потребовало проведения еще одного контрольного среза умений и навыков аудирования обучающихся. Его цель заключалась в выявлении динамики в плане развития умений и навыков аудирования студентов в контрольной и экспериментальной группах. Задание, предложенное студентам, было идентичным заданию констатирующего этапа.

В таблице 4 приводятся результаты диагностики, которые отражают уровень сформированности умений и навыков аудирования контрольной группы после проведения эксперимента.

В таблице 5 приводятся результаты диагностики, которые отражают уровень сформированности умений и навыков аудирования экспериментальной группы после проведения эксперимента.

После проведения анализа полученных результатов было установлено, что в экспериментальной группе средний балл повысился на 0,7, обучающиеся подняли свою оценку в среднем на 1–2 балла. В контрольной группе средний балл повысился на 0,3.

Таблица 4

Уровень сформированности умений и навыков аудирования контрольной группы после проведения эксперимента

Обучающийся	Оценка
K1	5
K2	5
K3	4
K4	4
K5	4
K6	5
K7	5
K8	5
K9	4
K10	3
Средний балл	4,4

Таблица 5

Уровень сформированности умений и навыков аудирования экспериментальной группы после проведения эксперимента

Имя учащегося	Оценка
Э1	5
Э2	4
Э3	5
Э4.	5
Э5	4
Э6	5
Э7	5
Э8	4
Э9	5
Э10	5
Средний балл	4,7

Таким образом, данные контрольного среза по завершении эксперимента свидетельствуют о положительном влиянии использования аутентичных подкастов на эффективность процесса обучения аудированию студентов неязыковых факультетов вуза.

Заключение

Выдвинутая гипотеза, состоящая в том, что аудитивные умения и навыки студентов неязыковых факультетов вуза развиваются более эффективно при включении в этот процесс современных методов и форм обучения, в частности аутентичных англоязычных подкастов, была подтверждена результатами экспериментальной работы, диагностика по итогам которой показала значительное повышение уровня умений и навыков аудирования у студентов экспериментальной группы по сравнению с показателями контрольного среза до эксперимента. В то же время динамика в контрольной группе была не столь значительной. Полученные результаты позволяют утверждать, что использование аутентичных англоязычных подкастов в обучении студентов неязыковых факультетов вуза английскому языку действительно положительно влияет как на эффективность процесса обучения дисциплине в целом, так и повышает уровень умений и навыков аудирования обучающихся.

Список литературы

- Ильин А.Е., Максимова О.Г. Профессионально-личностное развитие будущих менеджеров сферы управления в процессе изучения иностранных языков // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. 2015. № 4 (88). С. 124-132.
- Щукин А.Н., Фролова Г.М. Методика преподавания иностранных языков: учебник для студентов учреждений высшего образования, обучающихся по направлению подготовки «Лингвистика». М.: Академия, 2015. 289 с.
- Гальскова Н.Д., Гез Н.И. Теория обучения иностранным языкам. Лингводидактика и методика: учебное пособие для студентов учреждения высшего образования. 8-е изд., испр. и доп. М.: Академия, 2015. 364 с.
- Ильин А.Е. Использование техники «пила» в обучении английской монологической речи студентов неязыковых факультетов вуза // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 2. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=32553> (дата обращения: 30.01.2024).
- Быстрой Е.Б., Белова Л.А., Власенко О.Н., Заседателева М.Г., Шкитина Н.С. Формирование аудитивной компетенции студентов, изучающих иностранный язык, посредством аутентичных материалов // Перспективы науки и образования. 2019. № 5. С. 243–261.
- Ильина Н.В., Леонтьева А.Ф. Особенности использования подкастов в преподавании иностранных языков // Приоритеты стратегии научно-технологического развития России и обеспечение воспроизводства инновационного потенциала высшей школы: материалы Всероссийской науч. конф. Ижевск: Удмуртский университет, 2019. С. 245–248.
- Paul D., Tim F. Third Edition Solutions Intermediate. United Kingdom: Oxford University Press, 2017. 164 с.

УДК 373.1:372.8
DOI 10.17513/snt.39920

ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ШКОЛЬНИКОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Кебалова Л.А.

*ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет имени К.Л. Хетагурова»,
Владикавказ, e-mail: kla78@bk.ru*

Статья посвящена формированию экологической культуры школьников в условиях цифровой трансформации образования. В исследовании раскрываются понятия «культура» и «экологическая культура». Дается авторское определение и понимание термина «Экологическая культура». На основе авторского определения «Экологическая культура» описываются методы формирования экологической культуры на разных стадиях становления и образования личности, где важным звеном является общеобразовательная школа. Рассматриваются проблемы отсутствия предмета «Экология» в общеобразовательной школе и формирование экологической культуры в ходе изучения дисциплин естественнонаучного цикла путем их экологизации. Это значит, что любая информация из области экологии должна органично вписываться в изучаемые темы, в комплекс понятий, составляющих сущность изучаемого предмета, и сопровождаться использованием информационно-коммуникативных технологий. Автор попытался установить, насколько активно идет цифровая трансформация образовательной среды школ г. Владикавказ, чтобы понимать, насколько эффективно можно использовать цифровое пространство для формирования экологической культуры школьников. Изучен опыт педагогов в использовании цифрового пространства в учебном процессе. Предложены варианты использования информационно-коммуникативных технологий при изучении дисциплин естественнонаучного цикла, формирующих экологическую культуру школьников, как основы цифровой трансформации образования.

Ключевые слова: экологическая культура, экологическое мировоззрение, охрана окружающей среды, система образования, цифровая трансформация образования

FORMATION OF ECOLOGICAL CULTURE OF SCHOOLCHILDREN IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION

Kebalova L.A.

*North Ossetian State University named after K.L. Khetagurov,
Vladikavkaz, e-mail: kla78@bk.ru*

The article is devoted to the process of formation of ecological culture of schoolchildren in the context of digital transformation of education. The study reveals the concepts of "culture" and "ecological culture". The author's definition and understanding of the term "Ecological culture" is given. Based on the author's definition of "Ecological culture", the methods of forming ecological culture at different stages of formation and education of a personality, where an important link is a comprehensive school, are described. The problems of the absence of the subject "Ecology" in secondary schools and the formation of ecological culture in the course of studying the disciplines of the natural science cycle through their greening are considered. This means that any information from the field of ecology should fit seamlessly into the topics being studied, into the complex of concepts that make up the essence of the subject being studied and be accompanied by the use of information and communication technologies. An attempt has been made to establish how actively digital transformation is being implemented in the educational environment of schools in Moscow. Vladikavkaz, in order to understand how effectively the digital space can be used to form the ecological culture of schoolchildren. The experience of teachers in the use of digital space in the educational process has been studied. The options for using information and communication technologies in the study of disciplines of the natural science cycle that form the ecological culture of schoolchildren as the basis for the digital transformation of education are proposed.

Keywords: ecological culture, ecological worldview, environmental protection, education system, digital transformation of education

В современных реалиях мировоззрение человека должно начинаться с понятий об окружающем мире, об его охране и рациональном использовании природных ресурсов. Любая деятельность человека должна осуществляться в гармонии с окружающей природной средой. К сожалению, в век развития техногенной среды вмешательство человека в природу приводит к дестабилизации взаимосвязей в природе и нарушению экологической безопасности. Поэтому сегодня возникла необходимость

объединения вопросов экологической безопасности и формирования экологической культуры у каждого отдельно взятого человека. Собственные убеждения в отношении бережного отношения к окружающей среде и социум формируют у каждого индивида экологическую культуру. Каждый человек проходит достаточное количество стадий формирования себя как личности, начиная свой путь в семье, дошкольном и школьном коллективах, в других образовательных учреждениях, в социуме.

Термин «культура» имеет множество определений, являющихся областью изучения многих научных направлений: философии, истории, географии, экономики, антропологии, экологии и т.д. Культура – это социальное и интеллектуальное формирование личности. В общем виде под культурой понимают человеческую деятельность, проявляющуюся в различных действиях, формах, видах, способах человеческого самовыражения, аккумуляции индивидом и социумом определенных компетенций. Как писал Н.Ф. Реймерс [1, с. 240], «культура экологическая – этап развития общемировой культуры человечества, характеризующий глубоким осознанием насущной важности решения экологических проблем для настоящего и будущего людей». Соответственно, под экологической культурой автор понимает такую человеческую деятельность, проявляющуюся в бережном, ответственном отношении к природе и состоянию окружающей среды, к своему здоровью, соответствии поведения личности и общества определенным морально-этическим и нравственным законам. Отстранение человеческого общества от принципов устойчивого развития, органичного существования в природе приводит к упадку мировоззрения цивилизованного общества и развитию экологического кризиса.

Цель исследования – изучить процесс формирования экологической культуры школьников в условиях цифровой трансформации образования.

Материалы и методы исследования

Экологическая культура – это умение использовать и применять в повседневной

и практической деятельности накопленные экологические знания, наблюдения, опыт и навыки, которые формируются в течение всего существования человека.

Экологическая культура развивается в комплексной системе, формирующейся в основных звеньях становления личности – от воспитания в семье до профессионального становления специалиста и жизни в социуме (таблица).

«Экологическая культура личности, формируемая в системе общего образования – интегральный результат общего образования во взаимосвязи всех его предметных областей, учебных предметов и внеурочной деятельности с привлечением возможностей дополнительного образования и экологического просвещения, который выражается в экологической и эколого-культурной грамотности, экологическом мышлении, экологически ответственном мировоззрении, экологически сообразном поведении, внутренней нравственно-экологической позиции личности, ее экологической образованности, способности и готовности повышать экологическую культуру у себя и в своем окружении» [2, с. 16–17].

Огромное влияние на формирование экологической культуры оказывает процесс обучения в общеобразовательной школе, где в настоящее время, к сожалению, отсутствует учебный предмет «Экология» [3, с. 15].

Решением проблемы является экологизация школьных предметов естественного цикла с использованием цифрового пространства: географии, физики, химии, биологии, математики. Здесь необходимо учитывать и специфику самого предмета, и возможности включения в его содержание экологической информации.

Методы формирования экологической культуры

Группы	Методы
Семья	Основы представлений об окружающей природной среде, заботе и охране животного и растительного мира
Дошкольные образовательные учреждения	Развитие понятий о компонентах живой природы, способах ее охраны и заботы, воспитание здорового образа жизни
Общеобразовательные учреждения	Углубленное изучение основ экологии путем экологизации предметов естественнонаучного цикла. Расширение понятий о биоразнообразии. Формирование экологического мировоззрения, экологической культуры, навыков экологического мониторинга
Специальные и высшие образовательные учреждения	Формирование методических и методологических основ научных знаний и мировоззрения в области экологии и охраны окружающей среды. Становление экологической культуры. Развитие профессиональных экологических компетенций
Общество	Агитационные, популяризационные, просветительские мероприятия, развивающие знания о процессах и возможных последствиях, происходящих в окружающей природной среде, заботе и охране. Возрождение национальных экологических традиций об охране окружающей среды

Искусственное внедрение экологических терминов, некоторых понятий не дает желаемого результата – уровень экологической культуры может быть ниже желаемого уровня. Очевидно, что экологизация учебных предметов в школе в условиях цифровой трансформации образования должна быть логически и педагогически обоснована. Это значит, что любая информация из области экологии должна органично вписываться в изучаемые темы, в комплекс понятий, составляющих сущность изучаемого предмета, и сопровождаться использованием информационно-коммуникационных технологий.

Государственная программа развития образования 2018–2025 гг. включает федеральный проект «Цифровая образовательная среда» [4, с. 13], с помощью которой к 2024 г. во всех образовательных организациях Российской Федерации должны быть созданы условия для внедрения современной и безопасной цифровой образовательной среды. Автор попытался установить, насколько активно идет цифровая трансформация образовательной среды школ г. Владикавказа, чтобы понимать, насколько эффективно можно использовать цифровое пространство для формирования экологической культуры школьников. Было установлено, что все общеобразовательные школы активно используют цифровое пространство в своей учебной деятельности, но не все педагоги так активно, как хотелось бы, внедряются в процесс цифровой трансформации образования из-за возраста и непонимания основ цифровой грамотности. Педагоги старшего поколения, так же как и многие жители нашей страны, не совсем верно и правильно объясняют для себя цифровую трансформацию образования, связывая этот процесс с отказом от личного участия учителя в образовательном процессе. Напротив, использование цифрового пространства только облегчает учебный процесс, вовлекает учеников в образовательную среду, делает обучение интересным и разносторонним. Формирование экологической культуры школьников должно базироваться на использовании цифровых технологий.

Результаты исследования и их обсуждение

Автором было проведено анкетирование педагогов общеобразовательных школ г. Владикавказа, результаты которого показали, что формирование экологической культуры у подрастающего поколения волнует всех опрошенных респондентов (100%). Основная часть педагогов, преподающих дисциплины естественнонаучного

цикла, проводит параллели на своих занятиях между основным предметом и вопросами охраны окружающей среды (54%), 31% респондентов ответили, что экологические аспекты затрагиваются ими только в тех темах, где конкретно указывается на их существование, и 15% опрошенных педагогов ответили, что не прилагают никаких дополнительных усилий для экологизации своих дисциплин. Что касается использования цифрового пространства в учебной деятельности, то большинство респондентов (65%) для успешного формирования компетенций в области естественнонаучных знаний применяют цифровые и электронные ресурсы (презентации в формате MS Power Point, видеохостинг Ютуб и Рутуб, «частично» – ответили 28% опрошенных педагогов и 7% – не используют в учебном процессе цифровые ресурсы вообще.

Можно оценить положительно, что в ходе опроса было выявлено, что педагоги (84%) принимают активное участие в экологических мероприятиях различных уровней – республиканских, федеральных и международных, таких как всевозможные экологические акции, конкурсы, конференции, олимпиады, семинары и т.д. Эффективной формой работы по формированию экологической культуры школьников могут быть практико-ориентированные занятия, научно-исследовательская работа и использование цифровых образовательных ресурсов. На прошедшей 2 ноября 2023 года во Владикавказе Стратегической сессии Русского географического общества с председателями региональных отделений Северо-Кавказского федерального округа, министр образования и науки РСО-А Э. Алибекова предложила ввести в практику интерактивные уроки для школьников и студентов, а также выходить за пределы стен образовательных учреждений и проводить уроки географии на природе, начиная познавать мир с родного края [5]. Это решение стало бы прекрасным фундаментом для формирования экологических знаний и экологической культуры на уроках окружающего мира и географии с использованием национальных экологических традиций об охране окружающей среды.

Прекрасным примером формирования экологической культуры школьников является вовлечение в процесс обучения участников клуба Северо-Осетинского государственного университета им. К.Л. Хетагурова «Эковидение Sansara». Студенты проводят лекции с детьми в формате интерактивного диалога, включающего в себя презентацию, обсуждение и выполнение практических

заданий, учат ответственности каждого человека за состояние окружающей среды, обсуждают проблемы загрязнения воздуха, воды и почвы, а также делятся со школьниками простыми, но эффективными способами того, как каждый может сделать свой город и окружающую среду чище и здоровее. Школьникам выдают карманные книжечки с домашним заданием, которые помогут им закрепить материал урока, опробовать полезные экопривычки у себя дома и вовлечь родителей в этот процесс.

Формирование экологической культуры в общеобразовательной школе может пониматься как процесс раскрытия взаимосвязей живых организмов со средой их обитания и факторов, меняющих эти взаимосвязи в позитивном и негативном смысле. Вариантом формирования экологической культуры школьников в условиях цифровой трансформации образования может быть знакомство, изучение, практическое освоение приемов мониторинга окружающей среды, работы с цифровым материалом, отражающим состояние компонентов природы (уровни ее загрязнения, способы улучшения ситуации, прогнозирование динамики событий). Органично связана с экологией школьная биология. Сложилось первоначальное мнение, что экология – это биологическая наука (1960–1970-е гг.). Географы утверждали, что никакая другая наука не дает столь полной характеристики природы и природной среды обитания живых организмов, как география. Однако работы ученых окончательно определили статус экологии как самостоятельной науки.

В процессе изучения биологии экологическая культура формируется параллельно с общебиологическими понятиями о биоценозах, о популяциях животных, об их зависимости от среды обитания и многими другими основополагающими понятиями и фактами, органично связанными со знаниями основ общей биологии.

Формирование экологической культуры школьников на уроках географии намного сложнее, так как география изучается в течение пяти лет (6–10 классы). За этот период происходят существенные изменения в объеме знаний учащихся смежных естественных наук. Старшеклассники обладают разносторонними знаниями по математике, химии, физике. Им доступны многие абстрактные понятия о космосе, о Вселенной, об атомной энергии. Знания химии достаточны для того, чтобы понимать губительное воздействие органических и неорганических соединений на окружающую среду. В шестом классе при изучении оболочек Земли появляется возможность

показать воздействие хозяйственной деятельности на гидросферу, на воздух атмосферы, на природные комплексы, хотя эти сведения пока ограничиваются общими суждениями без каких-либо количественных характеристик.

Семиклассники изучают географию материков и океанов. Здесь появляется возможность показать взаимодействие Мирового океана и суши, влияние изменений в природных комплексах материков на состав и качество вод суши и океанов. При изучении населения материков на уроках географии можно рассказывать о типичных болезнях населения тех или иных регионов мира, которые связаны с состоянием природной среды и воздействием на нее человека.

В восьмом классе, при изучении природы России, школьники впервые усваивают понятия о природных ресурсах и экологических проблемах. В восьмом классе изучение природы своего края занимает более пяти уроков. На них уже рассматриваются проблемы охраны природы своего края, экологические ситуации, причины их, состояние, способы охраны и ликвидации отрицательного воздействия на природные комплексы как условия экологической безопасности. Особую роль в формировании экологической культуры на этих занятиях необходимо уделять национальным экологическим традициям, используя интерактивную информацию по обоснованным формам ведения хозяйства: животноводства, лесопользования и земледелия; оценки естественно-географических факторов, форм общественной организации, природопользования быта и культуры.

Экономическая и социальная география, изучаемая в девятом и десятом классах (Россия и мир), открывает новые возможности для формирования экологической культуры с применением цифровых технологий.

При изучении экономической и социальной географии России учащиеся усваивают много новых экономико-географических и технологических понятий, которые связаны с использованием природных ресурсов, деятельности промышленного и сельскохозяйственного производства.

Современная экономика Российской Федерации теснейшим образом связана с решением экологических проблем. Об этом девятиклассники узнают во время изучения общего обзора России. При изучении экономических районов экологические проблемы страны приобретают территориальный аспект. Каждая из отраслей промышленности по-своему воздействует на природную среду и, как следствие, влияет на экологическое ее состояние.

Завершается процесс формирования экологической культуры на уроках географии в десятом классе во время изучения социальной и экономической географии мира. На основе полученных в девятом классе знаний об окружающей техногенной среде десятиклассники без труда и с большим интересом познают современные глобальные экологические проблемы. Здесь важно показать учащимся роль международного сотрудничества в решении экологических проблем человечества.

Формирование экологической культуры на уроках школьной химии так же органично вписывается в содержание учебной дисциплины. Знание свойств и процессов взаимодействия веществ позволяет понимать факторы загрязнения окружающей среды химическими соединениями.

Заключение

Экологическая культура – это умение использовать и применять в повседневной и практической деятельности, накопленные экологические знания, наблюдения, опыт и навыки, которые формируются в течение всей жизни человека. Несмотря на отсутствие самостоятельного предмета «Экология» в общеобразовательных школах, можно путем экологизации предметов естественнонаучного цикла добиться формирования экологической культуры школьников. В условиях цифровой трансформации образования эффективное использование цифровых наглядных материалов, ролевых игр, диспутов, уроков-судов, уроков поис-

ка истины, творческих уроков и т.д., которые заложены в компьютерную программу «Электронный конструктор урока», участие в научно-практических конференциях и конкурсах, мотивация учеников к поиску дополнительной информации в области экологии, возрождение национальных экологических традиций об охране окружающей среды поможет сформировать у школьников экологическую культуру, с умением использовать и применять в повседневной и практической деятельности накопленные экологические знания, наблюдения, опыт и навыки, формирующиеся в течение всего времени существования человека.

Список литературы

1. Реймерс Н.Ф. Популярный биологический словарь. М.: Наука, 1990. 544 с.
2. Захлебный А.Н., Дзятковская Е.Н., Шмелькова Л.В. Методические рекомендации для руководителей образовательных организаций по реализации экологического образования с целью формирования экологической культуры обучающихся / Под ред. А.Н. Захлебного. М.: ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО», 2022. 62 с.
3. Кебалова Л.А. Современное состояние экологического образования в Республике Северная Осетия – Алания // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. 2017. № 4. С. 15–19.
4. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования». Утверждена постановлением Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2017 г. № 1642. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/3a928e13b4d292f8f71513a2c02086a3/download/1337/> (дата обращения: 18.10.2023).
5. В школах Северной Осетии начнут проводить интерактивные уроки по географии // Это Кавказ. [Электронный ресурс]. URL: <https://etokavkaz.ru/news/179478> (дата обращения: 05.11.2023).

УДК 378.1
DOI 10.17513/snt.39921

ОЦЕНКА ПЕДАГОГИЧЕСКИМ СООБЩЕСТВОМ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Моргачева Н.В., Сотникова Е.Б.

*ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», Елец,
e-mail: biokafe@yandex.ru*

Статья посвящена проблеме целесообразности использования цифровых технологий в естественнонаучном образовании. Авторы рассматривают данную проблему сквозь призму трех аспектов: соответствие использования цифровых технологий в естественнонаучном образовании возрастным особенностям обучающихся (природосообразность); соответствие культурным и ментальным особенностям и потребностям современного обучающегося (культуросообразность); соответствие цифровых технологий методике обучения естественнонаучным предметам, то есть насколько их использование способствует улучшению планируемых результатов обучения (предметосообразность). Цель статьи – оценка мнения педагогов относительно целесообразности цифровизации естественнонаучного образования в разрезе аспектов природосообразности, культуросообразности, предметосообразности. В качестве основного метода исследования выступает анкетирование, в котором приняли участие 68 педагогов предметной области «Естествознание» из образовательных учреждений Липецкой области. Исследование показало, что система высшего образования оперативно реагирует на потребности естественнонаучного образования в цифровом развитии. Также отмечается дефицит развивающих практик для учителей и педагогов дополнительного образования. Авторы приходят к выводу, что целесообразность применения цифровых технологий в естественнонаучном образовании зависит, во-первых, от цифровой и дидактической трансформации системы подготовки и повышения квалификации педагогических кадров; во-вторых, от разработки области цифровой дидактики естественнонаучного образования.

Ключевые слова: цифровые технологии, естественнонаучное образование, природосообразность, культуросообразность, предметосообразность, цифровая дидактика

ASSESSMENT BY THE PEDAGOGICAL COMMUNITY OF THE APPROPRIATENESS OF USING DIGITAL TECHNOLOGIES IN NATURAL SCIENCE EDUCATION

Morgacheva N.V., Sotnikova E.B.

Bunin Yelets State University, Yelets, e-mail: biokafe@yandex.ru

The article is devoted to the problem of the feasibility of using digital technologies in natural science education. The authors examine this problem through the prism of three aspects: compliance of the use of digital technologies in natural science education with the age characteristics of students (conformity with nature); compliance with the cultural and mental characteristics and needs of the modern student (cultural conformity); compliance of digital technologies with teaching methods in natural science subjects, that is, how much their use contributes to improving the planned learning outcomes (subject relevance). The purpose of the article is to assess the opinion of teachers regarding the feasibility of digitalization of natural science education in the context of aspects of environmental conformity, cultural conformity, and subject conformity. The main research method is a survey, in which 68 teachers of the subject area "Natural Science" from educational institutions of the Lipetsk region took part. The study showed that the higher education system quickly responds to the needs of science education in digital development. There is also a shortage of developmental practices for teachers and additional education teachers. The authors come to the conclusion that the feasibility of using digital technologies in natural science education depends, firstly, on the digital and didactic transformation of the system of training and advanced training of teaching staff; secondly, from the development of the field of digital didactics in science education.

Keywords: digital technologies, natural science education, environmental conformity, cultural conformity, subject conformity, digital didactics

Использование цифровых технологий в образовательных практиках в настоящее время является необходимостью, потребностью и трендом. Безусловно, часть цифровых технологий универсальна, может без ограничений применяться в любой предметной области, однако часто предметная область определяет набор специфических технологий. В частности, для сферы

естественнонаучного образования специфичными являются такие цифровые средства, как цифровые микроскопы, цифровые лаборатории, в том числе функционирующие на основе технологий дополненной реальности, а также разнообразные цифровые ресурсы (например, платформа Стемфорд), естественнонаучная специфика которых выражается на уровне содержания.

Вместе с тем в научной литературе присутствуют более или менее полярные мнения относительно целесообразности применения цифровых технологий в естественнонаучном образовании. Однозначно отрицательных или сугубо положительных мнений, в том числе подтвержденных экспериментальными данными, практически нет, однако плюрализм в оценке значимости цифровых технологий для естественнонаучного образования, безусловно, присутствует.

Так, оптимистичный взгляд на данную проблему содержат работы, отражающие результаты инновационного опыта применения цифровых технологий в естественнонаучном образовании. Например, И.Р. Новик, А.Ю. Жадаев, О.А. Сумзина демонстрируют эффективные практики применения цифровой лаборатории в преподавании химии [1], Е.Н. Соболева, И.А. Вальдман описывают потенциал использования естественнонаучных цифровых ресурсов в образовательном процессе [2]. Т.Н. Суворова, Е.А. Мамаева обосновывают необходимость и эффективность применения цифровых технологий как альтернативы лабораторно-го практикума при подготовке учащихся к сдаче ГИА по естественнонаучным предметам, формирования у учащихся естественнонаучной грамотности, апеллируя к тому, что существующие материально-технические условия школ далеко не всегда позволяют отработать на практике решение экспериментальных задач [3].

В научных публикациях присутствует и другая позиция. В частности, в исследовании Е.А. Чанчаевой, Т.К. Куриленко, В.О. Недельского, Е.В. Кругликовой, А.М. Гржибовского экспериментально подтверждается тот факт, что дистанционный формат естественнонаучного образования значительно уступает очному формату по результативности [4].

В монографии С.В. Суматохина обозначена проблема несоответствия методики преподавания биологии в школе и стремления учителей наработать цифровой образовательный контент. Так, авторы считают, что целесообразно с методической точки зрения в 5–8 классах работать с физическим материалом (растения, ткани, микропрепараты), а в 9–11 классах более эффективным является обращение именно к цифровым технологиям. Между тем анализ авторами цифровых уроков, размещенных на платформах Мобильного электронного образования, Российской электронной школы, показал обратную тенденцию, кроме того, анализ результатов PISA по оценке естественнонаучной грамотности школьников

продемонстрировал дефицитарное состояние владения материалом старшеклассниками по темам, изучение которых требует применения цифровых технологий (например, «Генетика и селекция», «Биотехнология» и т.д.) [5].

С учетом плюрализма мнений относительно целесообразности использования цифровых технологий в естественнонаучном образовании данная проблема может быть детализирована в разрезе трех аспектов. Во-первых, насколько использование цифровых технологий в естественнонаучном образовании соответствует возрастным особенностям обучающихся (природосообразность). Во-вторых, насколько данная практика соответствует культурным и ментальным особенностям и потребностям современного обучающегося (культуросообразность). В-третьих, как применение цифровых технологий согласуется с методикой обучения естественнонаучным предметам, то есть насколько их использование способствует улучшению планируемых результатов обучения (предметосообразность).

Безусловно, однозначного ответа на поставленные вопросы нет ввиду того, что исследование аспектов природосообразности, культуросообразности и предметосообразности применения цифровых технологий в естественнонаучном образовании предполагает выделение спектра условий, при котором данные образовательные практики будут эффективными или нет. Настоящая статья посвящена оценке мнения педагогов относительно целесообразности цифровизации естественнонаучного образования в разрезе вышеуказанных аспектов. Предполагаемые результаты, в сущности, позволяют оценить не столько сам факт возможности результативного применения цифровых технологий в естественнонаучном образовании, сколько: а) проработанность цифровой дидактики естественнонаучного образования; б) актуальность профессиональной подготовки педагогов в разрезе данной проблемы, соответственно, актуальность содержания вузовского образования и курсов повышения квалификации; в) качество цифровых ресурсов по естественнонаучному образованию (например, ГлобалЛаб, Открытая химия, Открытая биология, Биомолекула, Стемфорд и др.).

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось посредством анкетирования респондентов. В качестве испытуемых привлекались педагоги предметной области «Естествознание». Общее количество респондентов составило

68 чел. В соответствии со сферой педагогической деятельности фокус-группа включала в себя 24 студента 4–5 курсов, прошедших педагогическую практику, 19 учителей предметной области «Естествознание», 13 педагогов дополнительного образования, реализующих дополнительные общеразвивающие программы естественнонаучной направленности, 12 преподавателей Елецкого государственного университета им. И.А. Бунина. С точки зрения педагогического стажа среди респондентов присутствовали 24 чел. без стажа, 8 молодых педагогов, 12 педагогов со стажем от 3 до 10 лет, 10 педагогов со стажем от 11 до 20 лет, 9 педагогов со стажем от 21 до 30 лет и 5 педагогов со стажем свыше 31 года. В выборке было 25 мужчин и 43 женщины.

Место проведения исследования – г. Елец Липецкой области. Время проведения исследования – сентябрь – октябрь 2023 г.

Анкета включала в себя 20 вопросов, которые были структурированы по четырем блокам: активность использования специфических цифровых технологий, природосообразность, культуросообразность и предметосообразность цифровых технологий. Каждый блок вопросов включал в себя закрытые вопросы, предполагающие пятибалльную шкалу оценки, и открытые вопросы.

При обработке результатов анкетирования использовался критерий Краскела – Уоллиса. Использование данного критерия позволяет проверить медианные значения нескольких выборок посредством попарного сравнения. В частности, результаты данного анкетирования сопоставлялись на предмет статистически значимых различий в зависимости от сферы профессиональной деятельности респондентов, их педагогического стажа, пола.

Результаты исследования и их обсуждение

Обобщенные результаты исследования представлены в табл. 1.

Исследование всей выборки без дифференциации результатов по группам показало, что подавляющее большинство респондентов использует в естественнонаучном образовании цифровые технологии достаточно часто: 35,5% педагогов оценили данный показатель как средний, 26,5% – как выше среднего, 14,7% – как высокий. 14,7% испытуемых ответили, что применяют в образовательной деятельности цифровые технологии очень редко, а 8,8% не применяют вообще. Уточним, что речь идет о специфических цифровых технологиях, стандартные цифровые средства (мультимедийные презентации, например) применяют все респонденты. В качестве причин данной ситуации педагоги чаще всего называли недостаточный уровень цифровой грамотности и нехватку или отсутствие цифрового оборудования.

Мнения респондентов относительно оценки соответствия цифровых технологий возрастным особенностям детей достаточно неоднородны. 23,5% опрошенных считают, что цифровые технологии не соответствуют возрастным особенностям обучающихся, 13,2% педагогов заявляют, что большинство технологий практически не соответствуют, 10,3% отмечают средний уровень соответствия, 29,4%, напротив, утверждают, что практически соответствуют, и 23,5% уверены в полном соответствии. Вместе с тем большинство респондентов считают, что использование цифровых технологий в естественнонаучном образовании в целом соответствует ментальным особенностям детей (41,2% заявляют о полном соответствии, 27,9% – о практически полном).

Таблица 1

Обобщенные результаты исследования оценки педагогическим сообществом целесообразности применения цифровых технологий в естественнонаучном образовании

Критерий	Уровень									
	Низкий		Ниже среднего		Средний		Выше среднего		Высокий	
	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%	Кол-во	%
Применение	6	8,8	10	14,7	24	35,3	18	26,5	10	14,7
Природосообразность	16	23,5	9	13,2	7	10,3	20	29,4	16	23,5
Культуросообразность	11	16,2	5	7,4	5	7,4	19	27,9	28	41,2
Предметосообразность	23	33,8	19	27,9	18	26,5	6	8,8	2	2,9

Таблица 2

Сводка критерия Краскела – Уоллиса для независимых выборок для групп «Сфера педагогической деятельности»

№	Нулевая гипотеза	Статистика критерия	Значимость	Решение
1	Распределение «Применение» является одинаковым для групп «Сфера педагогической деятельности»	56,784	0,000	Отклоняется
2	Распределение «Природосообразность» является одинаковым для групп «Сфера педагогической деятельности»	58,249	0,000	Отклоняется
3	Распределение «Культуросообразность» является одинаковым для групп «Сфера педагогической деятельности»	54,497	0,000	Отклоняется
4	Распределение «Предметосообразность» является одинаковым для групп «Сфера педагогической деятельности»	28,347	0,000	Отклоняется

Однако большая часть опрошенных считает, что развитие естественнонаучной грамотности (естественнонаучной компетентности) обучающихся не зависит от использования цифровых технологий (33,8%) либо лишь частично зависит (27,9%). Сторонников мнения, согласно которому использование цифровых технологий способствует достижению планируемых результатов естественнонаучного образования, немного (11,7%). 26,5% респондентов считают, что корреляция между достижением предметных результатов и грамотным использованием цифровых технологий в естественнонаучном образовании достаточно уравновешенная.

Применение критерия Краскела – Уоллиса выявило статистически значимые отличия в выборке только по группам сферы педагогической деятельности (табл. 2).

Наиболее активно применяют специфические цифровые технологии в естественнонаучном образовании преподаватели вуза (средний уровень показали 25,0%, выше среднего – 41,7%, высокий – 33,3%). Также студенты показали достаточно высокий уровень владения цифровыми технологиями: 37,5% – средний уровень, 37,5% – выше среднего, 8,3% – высокий уровень. Почти половина учителей сбалансированно применяет цифровые технологии на уроках предметной области «Естествознание» (47,4%), 36,9% педагогов используют данные технологии на высоком и выше среднего уровнях, в то время как 10,5% учителей практически не применяют, а 5,3% вообще не применяют их. Наименее активны в этом отношении педагоги дополнительного образования: 23,1% применяют цифровые технологии на среднем уровне, 7,7% – на

высоком, 30,8% практически не применяют, а 38,5% не используют вообще.

Очевидно, что оценка педагогами соответствия целесообразности использования цифровых технологий в естественнонаучном образовании возрастным особенностям обучаемых зависит от их возраста. Как следствие, о высоком уровне или об уровне выше среднего данного соответствия заявляют педагоги, которые работают со студентами (72,7% высказываются за высокий уровень соответствия, 27,3% – за уровень выше среднего), а также учителя, причем они говорят о соответствии всем возрастам (44,4% – уровень выше среднего, 44,4% – высокий уровень). Педагоги дополнительного образования, несмотря на то, что работают со всеми возрастными учащимися, в большинстве своем отмечают несоответствие (46,7% – низкий уровень, 46,7% – уровень ниже среднего). Лишь 6,7% педагогов дополнительного образования придерживаются обратной точки зрения, именно эти педагоги активно используют цифровые инструменты в естественнонаучном образовании.

Аналогичная ситуация наблюдается и при изучении мнения респондентов относительно оценки потребностей обучающихся в использовании цифровых технологий для естественнонаучного образования. 100% преподавателей высшей школы, а также 77,8% учителей полностью уверены в данной потребности современных обучающихся. Мнения педагогов дополнительного образования имеют значительный разброс: 6,7% респондентов полностью уверены, а 33,3% скорее уверены в культуросообразности использования цифровых технологий в естественнонаучном образовании, 6,7% заявляют о среднем уровне соот-

ветствия, остальные респонденты (53,3%) выражают сомнение в потребности учащихся в цифровизации естественнонаучного образования.

Вместе с тем среди всей выборки студенты и учителя в большей степени склоняются к тому, что использование цифровых технологий может позитивно сказаться на развитии естественнонаучной грамотности обучающихся. Среди студентов 52,4% респондентов оценивают данное утверждение на среднем уровне, 23,8% – на уровне выше среднего, 4,8% – на высоком уровне. Позитивно данную идею воспринимают 33,3% учителей. Остальные группы респондентов в целом не соглашались с предметосообразностью цифровых технологий естественнонаучному образованию: 72,8% преподавателей высшей школы, 94,3% педагогов дополнительного образования. В достижении предметных результатов, по мнению большинства педагогов дополнительного образования, роль цифровых технологий незначительна. В этом смысле вполне объяснима более позитивная позиция учителей по сравнению с педагогами дополнительного образования. Это объясняется различными целями естественнонаучного образования, а также требованиями образовательных программ.

Исследование показало, что система высшего образования достаточно оперативно реагирует на потребности естественнонаучного образования в цифровом развитии. Это подтверждается опытом различных вузов. Например, в качестве актуальной педагогической практики можно привести опыт Казанского федерального университета по развитию магистерской программы «Цифровое образование» за счет включения в содержание образования технологии STEAM [6]. Э.Ф. Зеер, В.С. Третьякова, В.И. Мирошниченко обосновывают стратегию цифровизации естественнонаучного педагогического образования как одной из основ развития современной отечественной сферы образования [7].

Вместе с тем отмечается дефицит развивающих практик для учителей и педагогов дополнительного образования. Очевидно, система повышения квалификации, деятельность методических служб различного уровня не реагируют на должном уровне на тенденцию цифровизации естественнонаучного образования. Как результат – далеко не полный охват работающих педагогов мероприятиями по развитию их цифровой компетентности.

С другой стороны, очевидна проблема дефицита методических работ в области цифровой дидактики естественнонаучного образования. Как отмечает С.В. Суматохин, специфичные цифровые технологии позволяют решать ранее проблемные задачи методики обучению естественным наукам, таким как «моделирование и демонстрация биологических объектов и процессов, которые невозможно показать с помощью традиционных средств обучения; производство измерений, выполнение рутинной части обработки результатов измерений» [5, с. 379]. Однако на сегодня отсутствует качественный подход к цифровизации естественнонаучного образования.

Заключение

Таким образом, исследование показало, что целесообразность применения цифровых технологий в естественнонаучном образовании зависит, во-первых, от цифровой и дидактической трансформации системы подготовки и повышения квалификации педагогических кадров; во-вторых, от разработки области цифровой дидактики естественнонаучного образования.

Список литературы

1. Новик И.Р., Жадаев А.Ю., Сумзина О.А. Формирование профессиональной компетентности обучающихся при выполнении химико-экологических работ с использованием цифровой лаборатории // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 74–1. С. 171–175.
2. Соболева Е.Н., Вальдман И.А. Цифровые образовательные ресурсы для современного учителя: естественнонаучное образование школьников в увлекательном формате // Преподаватель XXI век. 2016. № 4–1. С. 288–296.
3. Суворова Т.Н., Мамаева Е.А. Актуальные направления развития естественно-научного образования в условиях цифровой образовательной среды // Информатизация образования и методика электронного обучения: цифровые технологии в образовании. Материалы IV Международной научной конференции. В 2-х частях. Красноярск, 2020. С. 537–542.
4. Чанчаева Е.А., Куриленко Т.К., Недельский В.О., Кругликова Е.В., Гржибовский А.М. Сравнительный анализ эффективности обучения по естественнонаучным дисциплинам при дистанционном и традиционном формате // Science for Education Today. 2022. Т. 12, № 3. С. 149–168.
5. Суматохин С.В. Биологическое образование на рубеже XX–XXI веков. М., 2021. 416 с.
6. Анисимова Т.И., Сабирова Ф.М. Актуализация магистерской программы «Цифровое образование» посредством дополнения ее модулем «Технологии STEAM-образования» // Общество: социология, психология, педагогика. 2022. № 8 (100). С. 186–191.
7. Зеер Э.Ф., Третьякова В.С., Мирошниченко В.И. Стратегические ориентиры подготовки педагогических кадров для системы непрерывного профессионального образования // Образование и наука. 2019. Т. 21, № 6. С. 93–121.

УДК 371.3
DOI 10.17513/snt.39922

ИНТЕГРАЦИЯ ФОРМАЛЬНОГО, НЕФОРМАЛЬНОГО И ИНФОРМАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Никифорова Т.И.

ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова», Якутск,
e-mail: tanya73.06@mail.ru

В статье рассматриваются возможности интеграции формального, неформального и информального образования в условиях цифровой трансформации образования. В статье приведен анализ кадрового дефицита педагогических работников (2019–2023 гг.) и описано его влияние на качество общего образования в Республике Саха (Якутия). Полученные результаты показывают, что необходимо поиск новых методов, форм, средств обучения и воспитания. Все эти новые методы, формы средства в современном образовании связаны с развитием цифровой образовательной среды. Требуется поиск концептуальных основ для повышения качества образования в школах. Нужно компенсировать дефицит педагогических кадров в отдаленных районах Республики, обеспечить непрерывность образования, что позволит интегрировать формальное, неформальное и информальное образование. В статье предлагается решение вопроса кадрового дефицита посредством внедрения модели распределенного обучения, основой которой является цифровая образовательная среда (ЦОС). В основу этой концепции положена идея распределенного обучения, в которой осуществляется увеличение доли формального образования с одновременным контролем за качеством учебной информации со стороны всех субъектов образовательного процесса. На основе приведенного анализа сформулированы необходимые требования к системе распределенного удаленного обучения.

Ключевые слова: общее образование, качество образования, ФГОС ОО, формальное, неформальное, цифровая образовательная среда, информальное образование, инвестиция, человеческий капитал

INTEGRATION OF FORMAL, INFORMAL AND INFORMAL EDUCATION IN THE CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION

Nikiforova T.I.

North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk,
e-mail: tanya73.06@mail.ru

The article examines the possibilities of integrating formal, non-formal and informal education in the context of the digital transformation of education. The article provides an analysis of the personnel «shortage» of teaching staff (2019–2023) and its impact on the quality of general education in the Republic of Sakha (Yakutia). The results obtained show that it is necessary to search for new methods, forms, means of teaching and education. All these new methods, forms of means in modern education are associated with the development of the digital educational environment. It is necessary to search for conceptual foundations to improve the quality of education in schools, to compensate for the «shortage» of teaching staff in remote areas of the republic, to ensure continuity of education, allowing for the integration of formal, non-formal and informal education. The article proposes a solution to the issue of personnel «shortage» through the introduction of a distributed learning model, the basis of which is the digital educational environment (DEL). This concept is based on the idea of distributed learning, in which the share of formal education is increased with simultaneous control over the quality of educational information by all subjects of the educational process. Based on the above analysis, the necessary requirements for a distributed remote learning system are formulated.

Keywords: general education, quality of education, Federal State Educational Standard of Education, formal, non-formal, informal education, digital educational environment, investment, human capital

Глобальные задачи современного переустройства экономики реализуются в национальных проектах, в частности в проекте «Образование». Одним из ключевых показателей национальной доктрины образования является качественное образование для всех. Качественное образование как инвестиция в будущее для развития общества выступает ключевой целью государства – выстраивание независимой системы образования, «основываясь на лучших традициях», обеспечивая научно-техническое и промышленное развитие

для создания и поддержки «собственных технологий» и инфраструктуры, обеспечивая «независимость экономики от иностранных технологий» [1].

Цель статьи: раскрыть возможности интеграции формального, неформального и информального образования в условиях цифровой трансформации образования для повышения качества общего образования.

Материалы и методы исследования

В качестве методов исследования автор использовал анализ статистических

данных министерства образования и науки Республики Саха (Якутия), рейтингового агентства РАЕХ («РАЭКС-Аналитика») по качеству образования и обзор психолого-педагогической литературы по теме исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Среднее общее образование является одним из главных инвестиционных ресурсов человеческого капитала. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» гарантирует право на качественное образование гражданам «независимо от пола, расы, национальности, языка, происхождения, имущественного, социального и должностного положения, места жительства, отношения к религии, убеждений, принадлежности к общественным объединениям, а также других обстоятельств» [2]. В условиях изменяющейся экономики следует начинать с обеспечения качества обучения на уровне общего образования. Поэтому принятые за последнее десятилетие на государственном уровне программы с учетом передового мирового опыта имеют выход на систему образования в виде целевого заказа. В настоящее время все уровни системы отечественного образования претерпевают серьезные изменения, начиная от содержания до форм получения образования.

На сегодняшний день в Республике Саха (Якутия) есть ряд объективных проблем, которые затрудняют реализацию качественного образования, в первую очередь, это необеспеченность педагогическими кадрами в образовательных организациях не только в арктических и отдаленных населен-

ных пунктах, но и в городах Республики: в 2022/2023 учебном году по Республике открыто 1018 педагогических вакансий. По данным статистической отчетности с 2019 по 2022 годы видно, что с каждым годом увеличивается количество вакантных мест после начала учебного года. Так, в 2019 году вакансии составили 307, в 2020 г. – 272, в 2021 г. – 347, в 2022 г. – 510 мест (рис. 1).

Нехватка учителей-предметников в общеобразовательных организациях существенно влияет на качество образования выпускников школ. По результатам мониторинга качества образования в 2019 г. Республика Саха (Якутия) занимала 37-е место, по итогам 2020 г. – 21-е место, по итогам 2021 г. – 19-е место, в 2022 году – 32-е место среди субъектов РФ (рис. 2).

Рейтинговое агентство РАЕХ («РАЭКС-Аналитика») – крупнейшее агентство в области некредитных рейтингов – ежегодно выводит «Рейтинг лучших школ России по конкурентоспособности выпускников (топ-200 школ)». Результаты выводятся по данным приемных кампаний сильнейших вузов России, куда поступают выпускники школ. Если провести анализ общеобразовательных школ, попавших в топ-200 школ России, то это выглядит таким образом: 2019 г. – 9 школ, из них школы повышенного уровня – 6; в 2020 г. в рейтинге лучших – 8 школ Республики, из них повышенного уровня – 6, все школы г. Якутска; в 2021 г. – 8, из них 6 повышенного уровня; в 2022 г. – 6 школ, из них 4 школы повышенного уровня [3]. Все школы расположены в городских поселениях, полностью укомплектованы учителями-предметниками (рис. 3).

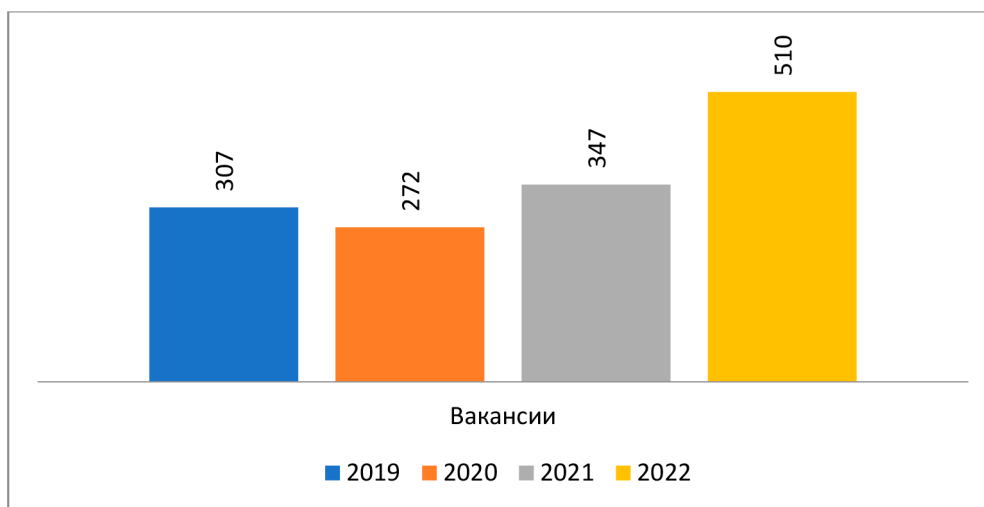


Рис. 2. Мониторинг качества общего образования

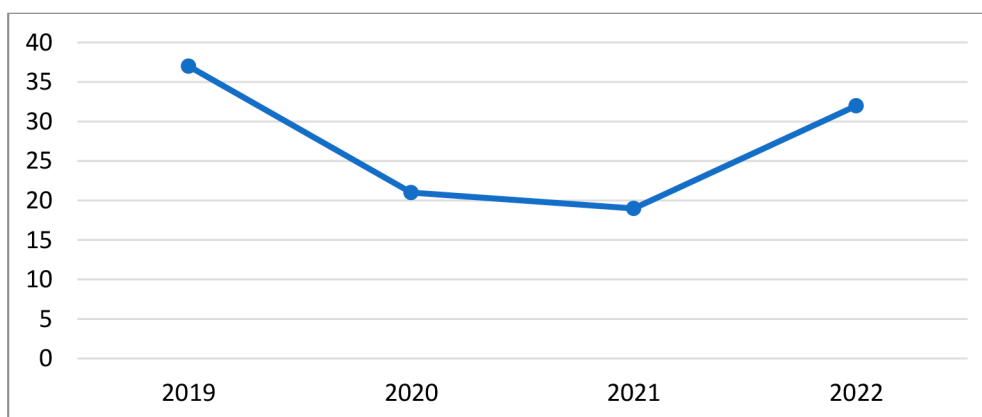


Рис. 1. Вакантные места в общеобразовательных организациях в РС(Я)

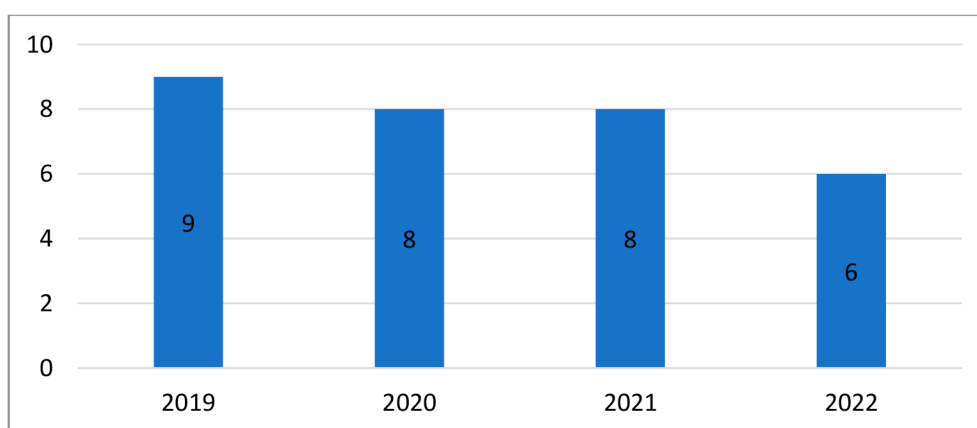


Рис. 3. Количество школ из РС(Я) в топ-200 школ России

Если учесть, что в Республике Саха (Якутия) функционируют 634 общеобразовательные организации, из которых 627 являются муниципальными (государственными) дневными, 7 – вечерними, 5 – негосударственными, то показатели весьма невысокие. В перечне лучших школ агентства RAEX нет сельских школ, где обучаются большее количество школьников Республики.

Глава Якутии Айсен Николаев подписал Указ «О развитии единой системы образования Республики Саха (Якутия) до 2030 года», об «открытии учебного центра с применением дистанционных технологий» с целью улучшения качества образования в системе общего образования. Глава региона поставил задачу – решить проблему нехватки учителей на 100%, в том числе в труднодоступных и арктических районах. Для этого он поручил принять дальнейшие меры, используя все возможности со стороны республиканских и муниципальных органов власти [4].

Кроме государственных мер по привлечению учителей в образовательные организации, есть необходимость организации образовательного процесса с применением дистанционных образовательных технологий.

Необходим поиск концептуальных основ для повышения качества образования в школах. Нужно компенсировать дефицит педагогических кадров в отдаленных районах Республики, обеспечить непрерывность образования, позволяющую интегрировать формальное, неформальное и информальное образование. Автор предлагает решить вопрос кадрового дефицита посредством внедрения модели распределенного обучения, основой которой является цифровая образовательная среда (ЦОС).

В настоящее время в Республике Саха (Якутия) идет активный процесс внедрения цифровых технологий в систему образования, т.е. реализуется этап «Замещение». Одновременно с этим процессом начал ре-

ализовываться этап «Аккумуляция» – поиск оптимальных моделей решения актуальных проблем обучения в реалиях образовательного пространства. В рамках решения этой проблемы автором была обоснована и сформулирована концепция развития непрерывного образования на основе цифровой образовательной среды, интегрирующей формальное, неформальное и информальное образование.

В основу этой концепции положена идея распределенного обучения, в которой осуществляется увеличение доли формального образования с одновременным контролем за качеством учебной информации со стороны всех субъектов образовательного процесса.

Суть этой концепции сводится к следующему. Как известно, под формальным образованием понимают образование, которое осуществляется по государственным программам и регламентируется Федеральными государственными образовательными стандартами. Именно формальное образование составляет стержень современного образования. Однако в цифровом социуме существенна роль неформального образования, в котором представлены все формы дополнительного образования. Кроме того, цифровая среда способствует развитию информального образования, когда обучающийся получает знания в процессе разнообразного информационного взаимодействия [5].

При организации обучения в образовательном пространстве важно интегрировать все эти формы образования, поскольку определенная часть обучающихся в той или иной степени оторваны от формального образования и получают знания в процессе слабо контролируемого информационного взаимодействия [6].

Возможности цифровой образовательной среды позволяют осуществить виртуальное включение обучающегося в образовательный процесс и тем самым повысить удельный вес формального образования, осуществить коллективный контроль за качеством циркулирующей в ЦОС информации, следовательно, обеспечить интеграцию формального, неформального и информального образования.

Обоснован выбор формы распределенного удаленного обучения.

Типология форм распределенного обучения была предложена рядом исследователей: Е.С. Полат, А.В. Хуторским и др. В частности, А.В. Хуторской выделяет пять типов удаленного обучения: «школа – Интернет»: удаленное обучение решает задачи очного обучения; «школа – Интернет – школа»: удаленное обучение дополняет очное

обучение и влияет на него более интенсивно; «ученик – Интернет – учитель»: удаленное обучение частично заменяет очное обучение; «ученик – Интернет – центр»: удаленное обучение сопоставимо с очным обучением; «ученик – Интернет – ...»: удаленное обучение выполняет функции распределенного в пространстве и времени образования [7].

Каждая из этих форм имеет свои достоинства и недостатки, однако любая из них не в полной мере соответствует реалиям существующего образовательного пространства и задаче интеграции формального, неформального и информального образования.

На основе приведенного анализа автором были сформулированы необходимые требования к системе распределенного удаленного обучения:

- возможность получения качественного образования независимо от места проживания;

- обеспечение доступа к сетевым цифровым образовательным ресурсам в соответствии с личностными предпочтениями обучающихся;

- создание условий для общения обучающихся, проживающих в различных областях образовательного пространства;

- повышение качества образования социально уязвимых групп населения;

- организация дополнительного образования в условиях удаленного доступа обучающихся по заказам государственных органов.

Системообразующим компонентом распределенного обучения является ресурсный центр, который предоставляет территориально распределенным обучающимся весь комплекс образовательных материалов с использованием унифицированного технологического доступа к общему содержанию обучения, с единым преподавательским составом в условиях активного цифрового взаимодействия между всеми субъектами образовательного процесса.

Основные принципы построения распределенного обучения таковы:

- мобильность – обеспечение своевременной доставки необходимых учебных материалов, наличие обратной связи, обеспечение открытости информации обо всех аспектах образовательной деятельности в ЦОС;

- систематичность информационного взаимодействия между субъектами образовательного процесса и интерактивными информационными ресурсами;

- открытость – реализация информационного взаимодействия между субъектами образовательного процесса независимо от времени и места их нахождения;

– выбор любой информации из информационных ресурсов открытого доступа и различных режимов работы с ним;

– оказание персональной методической помощи, в том числе в режиме реального времени;

– включение в образовательные сообщества.

В рамках этой модели можно осуществлять управление образовательным процессом в плане интеграции формального, неформального и информального образования с целью достижения уровня обученности, сформулированного во ФГОС.

При этом необходимо учесть следующие моменты. Существует принципиальное различие между восприятием «печатного слова» и информации, которую получает обучающийся с экрана компьютера. Книга, с появлением книгопечатания, всегда была «собеседником» и строилась как диалог читателя и текста. Напротив, компьютер, как показывают психологические исследования, сводит этот диалог к минимуму.

Одновременное использование всех информационных каналов – зрительных, слуховых, тактильных, что характерно для современных информационных продуктов и цифровых технологий, создает переизбыток информации. Это резко сокращает время, необходимое на ее усвоение («ужесточает» процесс усвоения), тем самым обучаемый лишается возможности критически оценить поступающую информацию. Это существенно снижает порог защиты от информационных угроз, которые на сегодняшний день являются неотъемлемой частью глобального информационного пространства. Таким образом, проблема кибербезопасности становится одной из важнейших при организации распределенного удаленного обучения. В рамках выбранной формы распределенного обучения была разработана модель цифровой образовательной среды, в которой описаны информационные взаимодействия всех участников образовательного процесса, включая географически удаленных обучающихся.

Методология построения этой модели опирается на исследования С.А. Бешенкова и Е.А. Ракитиной [8], в которой выделены три класса основных моделей:

- модель внешнего проявления объекта;
- модель структуры объекта;
- модель процессов, свойственных объекту.

Современный подход к моделированию говорит о том, что в модели целесообразно отразить структуру объекта, ведущую роль при этом играет описание процессов.

Именно описание процессов позволяет построить схему управления образователь-

ными процессами в рамках ЦОС, сочетающую наличие строгой вертикали (структуры) и «горизонтальных» информационных процессов между различными субъектами образовательного процесса.

Можно выделить следующие компоненты ЦОС:

– учебный компонент (процесс обучения, который является системообразующим для всей модели ЦОС);

– воспитательный компонент (процессы формирования личности обучающегося, которые осуществляются как в рамках учебного процесса, так и в более свободном режиме);

– организационно-управленческий компонент (процессы принятия решения и иные административные процессы, значимые для всего образовательного процесса).

Заключение

Модель включает в себя многоуровневое описание названных компонентов ЦОС, что позволяет эффективно управлять образовательным процессом и реализовать интеграцию формального, неформального и информального образования. Данная модель позволяет осуществить виртуальное включение географически удаленных обучающихся в образовательный процесс, что дает возможность повысить удельный вес формального и неформального образования и одновременно организовать коллективный контроль (верификацию) качества информации, которая циркулирует в ЦОС.

Список литературы

1. Закон Российской Федерации «Об образовании» от 29.12.2012 № 273-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 08.01.2024).
2. Послание Президента Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/49010/> (дата обращения: 08.01.2024).
3. Рейтинговое агентство RAEX («РАЭК-Аналитика») [Электронный ресурс]. URL: <https://raex-rr.com/> (дата обращения: 08.01.2024).
4. Указ «О развитии единой системы образования Республики Саха (Якутия) до 2030 года» от 30.12.2023 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sakha.gov.ru/news/frontview/id/3383111> (дата обращения: 08.01.2024).
5. Никифорова Т.И., Шутикова М.И. Цифровая образовательная среда распределенного обучения. Якутск: Издательский дом СВФУ, 2022. 119 с.
6. Милосердова О.Ю. Качество среднего общего образования: теоретические и прикладные аспекты // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. 2019. № 2 (50). С. 94–106. DOI: 10.21685/2072-3016-2019-2-10.
7. Хуторской А.В. Методологические основания применения компетентностного подхода к проектированию образования // Высшее образование в России. 2017. № 12. С. 85–91.
8. Бешенков С.А., Шутикова М.И., Никифорова Т.И. Цифровая образовательная среда: стратегия использования и факторы развития // Педагогическая информатика. 2021. № 1. С. 105–112.

УДК 37.02
DOI 10.17513/snt.39923

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМИКСОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Тимофеева Н.М.

ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет», Смоленск,
e-mail: fizmat@smolgu.ru

Актуальность комиксов применительно к педагогической сфере обусловлена тем, что в них совмещены языковая компрессия и визуализация информации. При этом сохраняется связное повествование и исключается избыточная схематизация, это делает комикс понятным, доступным и интересным для современного обучающегося. В статье комикс рассматривается и определяется как вид поликодового текста, так как он создан на основе слияния вербальных и невербальных средств передачи информации – доминирующего изображения и текста, играющего вспомогательную роль, при этом связь между этими семиотическими системами обязательна и существенна. На основе анализа научно-методической литературы по теме исследования выделены функции комикса как креолизованного текста (аттрактивная, информативная, экспрессивная, эстетическая) и его дидактические функции (мотивирующая, визуализирующая, развивающая, оптимизирующая/интенсифицирующая); даются рекомендации по отбору готовых комиксов дидактической направленности, приводятся этапы их создания и критерии оценивания. На основе изучения и обобщения передового педагогического опыта и результатов анкетирования педагогов-практиков, преподающих точные и естественно-научные дисциплины, и студентов – будущих преподавателей математики, физики и информатики – делается вывод о готовности педагогической общественности к освоению и активному использованию в образовательном процессе технологии визуализации и компрессии учебного материала для разработки таких дидактических средств, как комиксы. Приведенные в статье данные анкетирования говорят о наличии потребности в готовых визуальных средствах (комиксах), а также свидетельствуют в пользу включения вопросов методики их создания в программу подготовки и переподготовки педагогических кадров.

Ключевые слова: креолизованный текст, комикс, функции комиксов, разработка дидактических комиксов, средство обучения

METHODOLOGICAL ASPECTS OF APPLICATION COMICS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Timofeeva N.M.

Smolensk State University, Smolensk, e-mail: fizmat@smolgu.ru

The relevance of comics in relation to the pedagogical field is due to the fact that they combine language compression and visualization of information. At the same time, a coherent narrative is preserved and excessive schematization is eliminated, this makes the comic understandable, accessible and interesting for a modern student. In the article, the comic is considered and defined as a type of polycode text, since it was created on the basis of a fusion of verbal and non-verbal means of transmitting information – the dominant image and text playing an auxiliary role, while the connection between these semiotic systems is mandatory and essential. Based on the analysis of scientific and methodological literature on the research topic, the functions of a comic book as a creolized text (attractive, informative, expressive, aesthetic) and its didactic functions (motivating, visualizing, developing, optimizing / intensifying) are highlighted; recommendations are given on the selection of ready-made comics of a didactic orientation, the stages of their creation and evaluation criteria are given. Based on the study and generalization of advanced pedagogical experience and the results of a survey of practical teachers teaching exact and natural science disciplines, and students – future teachers of mathematics, physics and computer science – it is concluded that the pedagogical community is ready to master and actively use visualization technology and compression of educational material in the educational process for the development of didactic tools such as comics. The survey data presented in the article indicate that there is a need for ready-made visual aids (comics), as well as in favor of including questions of the methodology of their creation in the program of training and retraining of teaching staff.

Keywords: creolized text, comics, comic book functions, development of didactic comics, learning tool

Для современного школьника характерен клиповый тип мышления – особый способ восприятия, обработки и усвоения информации (краткосрочно, бессистемно, нерелексивно, поверхностно, эмоционально, без учета связей между множеством разнообразных свойств объектов, вне критической оценки) [1]. Это объясняется защитной реакцией психики на информационную насыщенность современного мира. Поэтому учет указанных особенностей подрастающего по-

коления путем сокращения площади предлагаемых ему вербальных текстов (использование различных средств языкового сжатия) и увеличения информационной насыщенности учебных материалов (путем активного использования средств визуализации) – норма сегодняшнего дня. Все чаще в образовательном процессе традиционные текстовые учебные материалы дополняются диаграммами, опорными конспектами, интеллектуальными картами, объяснительными схемами [2].

В рамках настоящего исследования остановимся на визуальных источниках информации – комиксах, так как они удовлетворяют описанному выше требованию языковой компрессии и графического представления информации. Сохраняя черты связного повествования и исключая избыточную схематичность, они интересны и понятны обучающимся, поэтому все чаще используются в образовательных целях.

Цели и задачи исследования

1. Раскрытие методических аспектов применения комиксов в обучении (определение понятия комикса, его функций, критерии отбора готовых комиксов для использования в образовательном процессе, этапы создания и оценивание авторских комиксов).

2. Выявление отношения педагогов к существующим готовым образовательным комиксам и их готовности к освоению и активному использованию в образовательном процессе технологий создания авторских комиксов дидактической направленности.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленных целей и задач применялись методы теоретического анализа научной и методической литературы по теме исследования, методы изучения и обобщения передового педагогического опыта, констатирующее анкетирование.

Графические истории, или комиксы, представляют собой синтез вербального и визуального, слияние текста и визуального действия, они всегда имеют сюжетную линию (т.е. логическую связь между отдельными кадрами). «Комикс – это не иллюстрированный текст, а серия изображений с краткими пояснительными текстами или без них, образующая связное развернутое повествование» [2, с. 204].

В научной литературе [3-5] комиксы относят к поликодовым (креолизованным) текстам, которые возникают вследствие слияния вербальных и невербальных средств передачи информации. Изображение как важнейший компонент комикса несет в нем основную функциональную нагрузку, а текст, помогая созданию креолизации, призван передать всю ту информацию, которую не может передать рисунок (описание места действий, расшифровка намерений и действий, описание результата действий и др.). Комиксы с текстом причисляют к уровню полной креолизации, так как вербальная часть в них без невербальной теряет смысл из-за того, что изображения доминируют, и семантическая связь между изображением и текстом обязательна. А так называемые немые комиксы (без пояснительных текстов) относят к текстам

с нулевой креолизацией, поскольку они состоят из элементов одной семиотической системы – изображений.

Комикс как разновидность креолизованного текста способен реализовать следующие функции:

- аттрактивную (привлекает внимание адресата, участвует в организации визуального восприятия текста);
- информативную (в комиксе расставлены необходимые акценты, фокусируется внимание на главном, читатель получает лаконичную, связную, целостную информацию, легче интерпретируемую);
- экспрессивную (воздействие на эмоции и чувства адресата через динамичность и яркость содержащейся в нем информации за счет использования цвета, ракурса рисунка, «летающей перспективы», резкого появления в кадре персонажа и/или предмета и др.);
- эстетическую (воздействие через образительный компонент на эстетические чувства читателя).

Современные педагоги все активнее применяют комиксы в образовательном процессе, используя как готовые графические истории, так и задания на их разработку. В обучении комиксы способны выполнять следующие функции:

- мотивирующую (привлекательны для учащихся, делают учебный процесс более эмоциональным);
- визуализирующую (выступают как иллюстративная опора, служат контекстом для презентации сложных вещей);
- развивающую (развивают навыки визуальной грамотности, критического и образно-логического мышления, творческие способности);
- оптимизирующую/интенсифицирующую (позволяют быстро и эффективно передать большие объемы информации).

На рисунке 1 представлена обобщенная схема, отражающая функциональное назначение комикса в зависимости от целей его использования.

«Создание комикса – это процесс представления содержания в фрагментарном виде, лаконично, структурно с указанием смысловых акцентов» [2, с. 205]. В работах Д.З. Шибковой, О.Б. Пятковой, Н.А. Сибирцевой, Е.В. Корякиной [6, 7] описаны следующие этапы разработки комикса:

- 1) проработка учебной информации, ее компрессия с обязательным выделением смысловых акцентов;
- 2) рассмотрение аналогии учебного содержания с каким-нибудь жизненным явлением на основе ассоциаций;
- 3) создание художественного образа на основе установленной аналогии;



Рис. 1. Функции комикса

4) разработка сюжета комикса, репрезентация целостности смысла передаваемого учебного содержания, вкладываемого в создаваемую графическую историю;

5) создание визуальной фактуры комикса (расположение кадров, их графическое оформление, цветовые решения);

6) представление готового комикса.

Приведенные этапы полностью согласуются с этапами педагогического проектирования [8-10] как «построения развивающей образовательной практики, образовательных программ и технологий, способов и средств педагогической деятельности» [9, с. 2]. Работу по созданию авторских комиксов советуют проводить с обучающимися в качестве итогового проекта, направленного на обобщение изученного. При оценивании выполненного задания рекомендуется использовать следующие критерии [11]: соответствие комикса заданной теме, отсутствие в нем ошибок, композиционная продуманность и логика расстановки изображений, целостность графического нарратива, использование компьютерных технологий для разработки комикса. Включение критерия применения технологий мультимедиа для разработки комиксов способствует укреплению межпредметных связей, повышению цифровой

грамотности обучающихся (учащиеся работают с информацией в цифровом виде; учатся выбирать и использовать в своей деятельности технологии, средства и инструменты инфографики).

Результаты исследования и их обсуждение

Констатирующее анкетирование 20 педагогов и 30 студентов старших курсов педагогических направлений – настоящих и будущих преподавателей точных и естественно-научных дисциплин – показало неудовлетворенность предлагаемыми на рынке учебных материалов готовыми комиксами образовательной направленности. Так, 58% респондентов не знакомы с подобными дидактическими материалами по своему предмету (среди наиболее часто называемых – 24% – японские образовательные комиксы манга). 69% педагогов и 67% студентов-старшекурсников высказались за использование комиксов лишь в качестве вспомогательных средств, а 5% и 3% соответственно вообще не видят в комиксах какого-либо дидактического потенциала и высказываются за изъятие их из перечня дидактических средств. К недостаткам графических повествований отнесены: стремление к чрезмерной упрощенности содержания, избыточная геймификация, невозможность выступить полноценным источником учебной информации. При отборе готовых комиксов для их использования в образовательном процессе респонденты рекомендуют учитывать следующие критерии:

- познавательная и развивающая ценность (отражение актуальной, значимой с точки зрения цели обучения учебной информации, соответствие программам обучения);
- учет контингента обучающихся (возрастные особенности; уровень обученности и обучаемости);
- специфика комикса как учебного креолизованного текста (доступность и понятность, научность и реалистичность содержания в нем учебного материала).

С готовыми комиксами рекомендуется знакомить обучающихся как на этапе введения новой темы, так и на завершающем этапе.

Обе категории опрошенных едины во мнении, что наиболее подходящим контингентом для применения комиксов как дидактического средства являются школьники среднего звена, так как им хорошо знаком жанр комиксов, они имеют достаточные навыки для кодирования и декодирования информации, могут достаточно свободно интерпретировать визуальные тексты и в силу возраста еще достаточно легко вовлекаются в игровую деятельность (рис. 2).

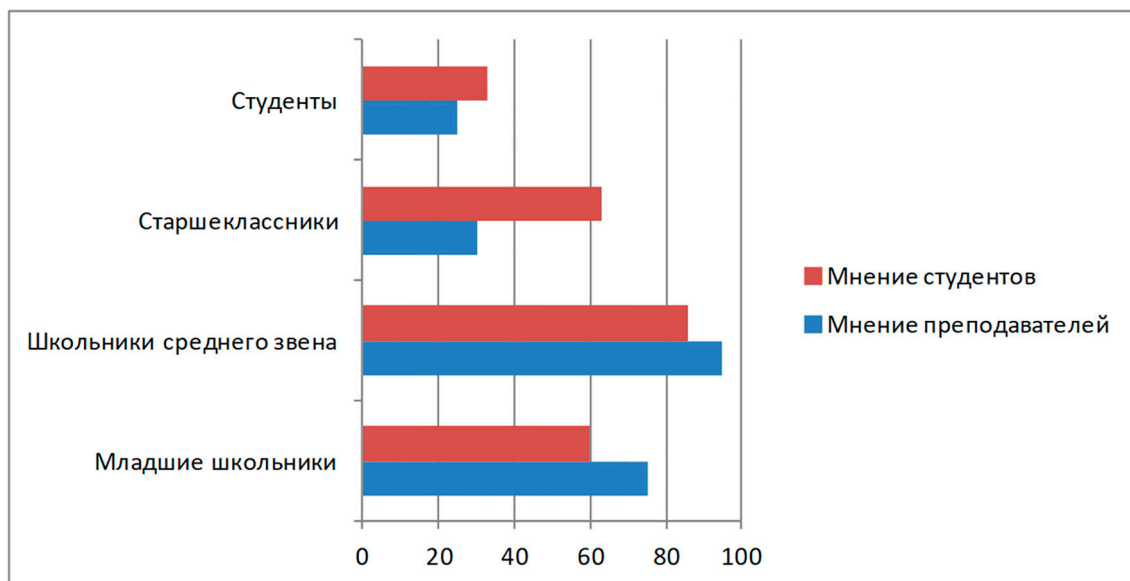


Рис. 2. Наиболее подходящий контингент для применения комиксов в обучении (в%)

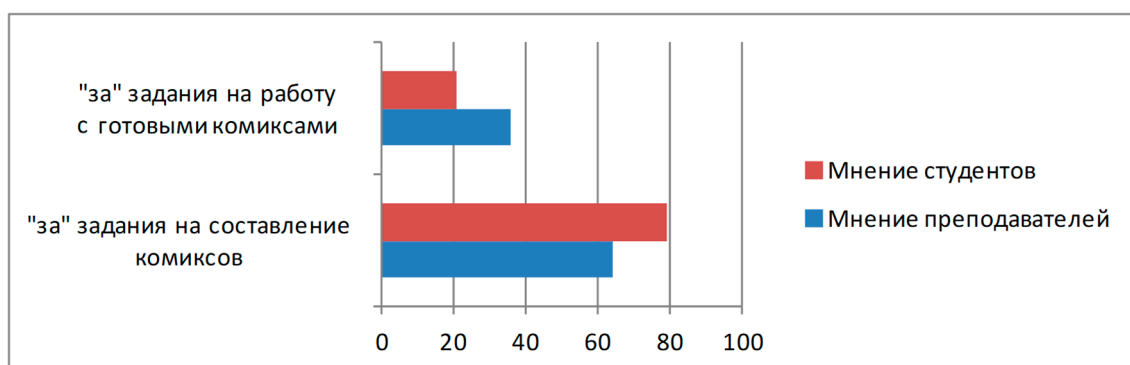


Рис. 3. Приоритет использования заданий по работе с комиксами (в%)

Большинство респондентов высказалось за приоритет над использованием готовых комиксов заданий на их составление, так как они не только развивают мышление обучающихся, совершенствуют мыслительные операции (анализ, синтез, обобщение и др.), способствуют формированию воображения, но и вырабатывают навыки коллективной и творческой деятельности (рис. 3). Анкетированные указывают на трудоемкость составления качественных образовательных комиксов для точных и естественно-научных областей знания, так как здесь используются только абстрактные тексты с отсутствием явного связного сюжета повествования. Несмотря на это, изучением методики составления комиксов готовы заняться 70% опрошенных педагогов и 93% студентов.

Выводы

Проведенное исследование и анализ его результатов позволяют сделать следующие выводы.

1. Комикс – это поликодовое средство обучения с изображением в качестве доминанты, которое может рассматриваться только как дополнение к традиционным вербальным средствам, а не заменять их.

2. Функции комикса возможно выделять с точки зрения его рассмотрения как креолизованного текста (аттрактивная, информативная, экспрессивная, эстетическая), а также как дидактического средства (мотивирующая, визуализирующая, развивающая и оптимизирующая).

3. Методика применения комиксов в образовательном процессе состоит из следующих аспектов: использование в образо-

вательном процессе уже готовых учебных материалов в виде комиксов; подходы к разработке подобных дидактических средств вручную или с помощью специальных программ и сервисов.

4. Педагоги ощущают нехватку готовых качественных визуальных историй (комиксов) образовательной направленности по точным и естественно-научным дисциплинам. Они готовы осваивать и активно использовать в образовательном процессе технологии визуализации и сжатия (компрессии) учебного материала для разработки таких средств обучения, как комикс, поэтому необходимо включение изучения этих вопросов в программу подготовки и переподготовки педагогических кадров.

Список литературы

1. Тимофеева Н.М. Дидактический потенциал комиксов в обучении информатике // Математика и математическое образование: проблемы, технологии, перспективы: материалы 42-го Международного научного семинара преподавателей математики и информатики университетов и педагогических вузов (г. Смоленск, 12-14 октября 2023). Смоленск: Издательство СмолГУ, 2023. С. 407-410.
2. Тимофеева Н.М. Оценка дидактического потенциала комиксов // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 7. С. 203-207.
3. Резникова А.И. Методика использования французских комиксов как средства совершенствования иноязычной коммуникативной компетенции старшеклассников. автореф. дис. ... канд. пед. наук. Нижний Новгород, 2018. 28 с.
4. Ейкалис Ю.А. Вербальный и иконический компоненты современного немецкоязычного комикса. автореф. дис. ... канд. пед. наук. Самара, 2017. 22 с.
5. Нефёдова Л.А. Когнитивные особенности комикса как креолизованного текста // Вестник ЮУрГУ. 2010. № 1. С. 4-9.
6. Шибкова Д.З., Пяткова О.Б. Образовательный комикс как средство медиаобразования для восприятия обучающимися нового знания // Педагогическое образование в России. 2021. № 3. С. 90-97.
7. Симбирцева Н.А., Корякина Е.В. Художественное своеобразие комикса: образовательный потенциал // Педагогическое образование в России. 2021. № 6. С. 35-41.
8. Киселева О.М., Солдатенкова Я.Г. Проектирование образовательных информационных систем // Развитие научно-технического творчества детей и молодежи – НТТДМ 2021: сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Киров, 2021. С. 93-98.
9. Сенчилов В.В., Тимофеева Н.М., Киселева О.М., Быков А.А. Подходы к проектированию дистанционных курсов по обучению математике детей с ограниченными возможностями здоровья // Мир науки. 2017. Т. 5, № 4. [Электронный ресурс]. URL: <http://mir-nauki.com/PDF/07PDMN417.pdf> (дата обращения: 13.12.2023).
10. Козлов С.В. Педагогическое проектирование индивидуального тестирования в лично ориентированной обучающей системе. автореф. дис. ... канд. пед. наук. Смоленск, 2006. 18 с.
11. Секенова О.И. Комиксы в цифре: создание изотекстов для развития информационной грамотности на уроках истории // Ученичество. 2022. Вып. 2. С. 26-33.