

ISSN 2072-8964

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

НАУЧНО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

3 (149) 2025

№ 3(149) 2025

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год.

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» (ОГУ имени И.С. Тургенева)

Главный редактор – Константинов Игорь Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Белгородский государственный национальный исследовательский университет (Белгород)

Редакционная коллегия

Зам. главного редактора – Коськин Александр Васильевич, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева (Орел)

Аверченков Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Брянский государственный технический университет (Брянск)

Еременко Владимир Тарасович – доктор технических наук, профессор, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева (Орел)

Иванников Александр Дмитриевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, лауреат премий Правительства РФ в области образования за 1998 и 2008 гг., ФГБУН Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН (Москва)

Кузичкин Олег Рудольфович – доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Белгородский государственный национальный исследовательский университет (Белгород)

Подмастерьев Константин Валентинович – доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, почетный работник науки и техники РФ, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева (Орел)

Попков Юрий Соломонович – доктор технических наук, профессор, академик РАН заслуженный деятель науки РФ, Институт системного анализа ФИЦ ИУ РАН (Москва)

Раков Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева (Орел)

Соколов Игорь Анатольевич – доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, Институт прикладной информатики РАН, ВМК МГУ им. Ломоносова (Москва), ФИЦ ИУ РАН (Москва)

Савина Ольга Александровна – доктор экономических наук, профессор, Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева (Орел)

Сдано в набор 19.05.2025 г.

Подписано в печать 26.05.2025 г.

Дата выхода в свет 17.07.2025 г.

Формат 70х108 / 16

Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз. Цена свободная

Заказ № 110

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе

ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева»,

302026, г. Орел, ул. Комсомольская, 95

Подписной индекс 15998 по объединенному каталогу

«Пресса России»

на сайтах www.ppressa-rf.ru, www.akc.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции.

Право использования произведений предоставлено авторами на основании п.2 ст. 1286 Четвертой части ГК РФ.

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, определенных ВАК для публикации трудов на соискание ученых степеней кандидатов и докторов наук.

Рубрики номера

1. Математическое и компьютерное моделирование.....5-20
2. Информационные технологии в социально-экономических и организационно-технических системах21-63
3. Математическое и программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем.....64-105
4. Телекоммуникационные системы и компьютерные сети.....106-127
5. Информационная безопасность и защита информации.....128-135

Перечень специальностей ВАК

- 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)
- 2.2.8. Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды (технические науки)
- 2.2.15. Системы, сети и устройства телекоммуникаций (технические науки)
- 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки)
- 2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)
- 2.3.4. Управление в организационных системах (технические науки)
- 2.3.8. Информатика и информационные процессы (технические науки)

Редакция

Федорова Наталья Юрьевна
Митин Александр Александрович

Адрес издателя журнала

302026, Орловская область г. Орел,
ул. Комсомольская, 95
+7(4862) 75-13-18 www.oreluniver.ru
E-mail: info@oreluniver.ru

Адрес редакции

302020, Орловская область, г. Орел,
Наугорское шоссе, 40
+7(4862) 43-49-56
[www. https://oreluniver.ru/science/journal/isit](http://www.https://oreluniver.ru/science/journal/isit)
E-mail: Fedorovanat57@mail.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ №ФС 77-67168 от 16.09.2016 г.

© ОГУ имени И.С. Тургенева, 2025

№ 3(149) 2025

The journal is published since 2002, leaves six times a year
The founder – Orel State University named after I.S. Turgenev

Editor-in-chief – **Konstantinov Igor Sergeevich**, doctor of engineering sciences, professor, honored scientist of the Russian Federation, honorary worker of higher professional education of the Russian Federation, Belgorod state national research university (Belgorod)

Editorial board

Deputy Editor-in-Chief – **Koskin Alexander Vasilyevich**, doctor of engineering sciences, professor, honored worker of higher education of the Russian Federation, honorary worker of higher professional education of the Russian Federation, Orel state university named after I.S. Turgenev (Orel)

Averchenkov Vladimir Ivanovich – doctor of engineering sciences, professor, honored scientist of the Russian Federation, honorary worker of higher professional education of the Russian Federation, Bryansk state technical university (Bryansk)

Eremenko Vladimir Tarasovich – doctor of engineering sciences, professor, Orel state university named after I.S. Turgenev (Orel)

Ivannikov Alexander Dmitrievich – doctor of engineering sciences, professor, chief researcher, laureate of the Government of the Russian Federation in the field of education for 1998 and 2008, Institute of design problems in microelectronics of the Russian Academy of Sciences (Moscow)

Kuzichkin Oleg Rudolfovich – doctor of engineering sciences, professor, honorary worker of higher professional education of the Russian Federation, Belgorod state national research university (Belgorod)

Podmasteriev Konstantin Valentinovich – doctor of engineering sciences, professor, honored worker of higher education of the Russian Federation, honorary worker of higher professional education of the Russian Federation, honorary worker of science and technology of the Russian Federation, Orel state university named after I.S. Turgenev (Orel)

Popkov Yuri Solomonovich – doctor of engineering sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, honored scientist of the Russian Federation, Institute of system analysis of the IT RAS

Rakov Vladimir Ivanovich – doctor of engineering sciences, professor, Orel state university named after I.S. Turgenev (Orel)

Sokolov Igor Anatolyevich – doctor of engineering sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, laureate of the Russian Government Prize in Science and Technology, Institute of Applied Informatics of the Russian Academy of Sciences, Lomonosov Moscow State University (Moscow), IT RAS (Moscow)

Savina Olga Aleksandrovna – doctor of economics, professor, Orel state university named after I.S. Turgenev (Orel)

In this number

1. Mathematical and computer simulation.....5-20
2. Information technologies in social and economic and organizational-technical systems.....21-63
3. Software of the computer facilities and the automated systems.....64-105
4. Telecommunication systems and computer networks.....106-127
5. Information and data security.....128-135

List of specialties of the Higher Attestation Commission

- 1.2.2. Mathematical modeling, computational methods and software packages (engineering sciences)
- 2.2.8. Methods and devices for monitoring and diagnostics of materials, products, substances and the natural environment (engineering I sciences)
- 2.2.15. Telecommunication systems, networks and devices (engineering I sciences)
- 2.3.1. System analysis, management and information processing (engineering sciences)
- 2.3.3. Automation and control of technological processes and productions (engineering sciences)
- 2.3.4. Management in organizational systems (engineering sciences)
- 2.3.8. Computer science and information processes (engineering sciences)

The editors

*Fedorova Natalia Yurievna
Mitin Alexander Alexandrovich*

It is sent to the printer's on 19.05.2025

26.05.2025 is put to bed

Date of publication 17.07.2025

Format 70x108 / 16

Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies

Free price

The order № 110

*It is printed from a ready dummy layout
on polygraphic base of Orel State University*

302026, Orel, Komsomolskaya street, 95

Index on the catalogue

«Pressa Rossii» 15998

www.pressa-rf.ru and www.akc.ru

The address of the publisher of journal

*302026, Orel region, Orel,
Komsomolskaya street, 95
(4862) 75-13-18; www.oreluniver.ru;
E-mail: info@oreluniver.ru*

The address of the editorial office

*302020, Orel region, Orel, Highway Naugorskoe, 40
(4862) 43-49-56;
www.https://oreluniver.ru/science/journal/isit;
E-mail: Fedorovanat57@mail.ru*

*The materials of the articles are printed in the author's edition.
The right to use the works is granted by the authors on the basis of clause
2 of Article 1286 of the Fourth Part of the Civil Code of the Russian
Federation.*

*Journal is registered in Federal Service for Supervision in the
Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass
Communications.*

The certificate of registration

ПИ №ФС 77-67168 от 16 сентября 2016 г.

Journal is included into the list of the Higher Attestation Commission for publishing the results of theses for competition the academic degrees.

© Orel State University, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

<i>О.А. АНТАМОШКИН, Н.Н. ГУЛЮТИН, Н.А. ЕРМИЕНКО</i> Методы оптимизации вычислительных ресурсов в бортовых системах БАС.....	5-11
<i>М.А. КУКУШКИН</i> Оптимизация модели компьютерного зрения для портирования на тензорные вычислители.....	12-20

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

<i>В.А. АДАМОВИЧ, А.В. КОСЬКИН</i> Инновационные методы в управлении знаниями в организациях.....	21-26
<i>М.И. АРДАТОВСКИЙ, Д.И. БЕРДНИКОВ, Т.Г. МАКСИМОВА</i> Микросервисная архитектура интеллектуальной системы гибкого управления командой.....	27-37
<i>В.Т. ЕРЕМЕНКО, Л.А. ЛЕКАРЬ, С.С. ТИМОФЕЕВА</i> Методологические аспекты применения систем роботизации процессов в задачах контроля миграции.....	38-44
<i>П.А. КАРАСЕВ, С.В. НОВИКОВ</i> Интеграция веб-интерфейса и Telegram-бота в программный комплекс RITM-WMS для оптимизации ZPL-услуг.....	45-50
<i>В.Д. КОРНИЕНКО, М.Ю. НАРКЕВИЧ, О.С. ЛОГУНОВА, Т.В. ЛОГУНОВА</i> Методика классификации изображений на основе ретроспективной экспертной информации.....	51-63

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

<i>В.В. АЛЕКСАНДРОВ, Е.В. БУРДАНОВА, А.Н. ЗАЛИВИН, Ю.Д. КОЛЕСНИКОВ</i> Об одном подходе к обнаружению малоразмерных движущихся объектов на основе микро-доплеровских сигнатур.....	64-70
<i>Д.П. АРХИПОВ, Д.А. СКОРОБОГАТЧЕНКО</i> Разработка виртуального тренажера для водителей спецтехники.....	71-78
<i>Н.Ф. ДАШДАМИРЛИ</i> MICO8-CHIP: легкая виртуальная машина на Чипе-8 для микроконтроллерных систем.....	79-88
<i>Д.В. КОРНИЕНКО, А.В. НИКУЛИН, Д.В. РЫЖЕНКОВ, А.А. СТЫЧУК, А.А. ФЕДОТОВА</i> Методы и алгоритмы проектирования оптимальной архитектуры программного обеспечения.....	89-98
<i>А.А. НОВИКОВА, А.Ю. УЖАРИНСКИЙ</i> Подходы к построению интерактивной карты-навигатора по корпусам ОГУ имени И.С. Тургенева.....	99-105

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

<i>И.В. ГРИДИН, Д.Ж. ЖАПОВА, А. КОНОВАЛЬЧИКОВ, Е.В. РОГОЖНИКОВ</i> Пространственная локализация абонента в условиях отсутствия сотовой связи.....	106-115
<i>В.С. ИВАНОВСКИЙ, Д.А. ИЗОРИЯ, А.В. МОРОЗОВ, В.О. ШАТИЛОВ</i> Оптоволоконные системы передачи информации: преимущества и перспективы применения	116-127

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

<i>О.М. ГОЛЕМБИОВСКАЯ, М.Ю. РЫТОВ, Е.Е. ЧИНИЛИН</i> Разработка специального алгоритма определения категории значимости объектов критической информационной инфраструктуры.....	128-135
---	---------

CONTENT

MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION

<i>O.A. ANTAMOSHkin, N.N. GULYuTIN, N.A. ERMIENKO</i> Methods for optimizing computational resources in onboard systems of UAS.....	5-11
<i>M.A. KUKUSHkin</i> Optimization of a computer vision model for porting to tensor computers	12-20

INFORMATION TECHNOLOGIES IN SOCIAL AND ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS

<i>V.A. ADAMOVICH, A.V. KOS'KIN</i> Innovative methods in knowledge management in organizations.....	21-26
<i>M.I. ARDATOVSKIY, D.I. BERDNIKOV, T.G. MAKSIMOVA</i> Microservice architecture of intelligent system of flexible team management.....	27-37
<i>V.T. ERYOMENKO, L.A. LEKAR', S.S. TIMOFEEVA</i> Methodological aspects of the application of process robotization systems in migration control tasks	38-44
<i>P.A. KARASYOV, S.V. NOVIKOV</i> Integration of web-interface and Telegram-bot into RITM-WMS software complex for optimization of 3PL-services.....	45-50
<i>V.D. KORNIENKO, M.Yu. NARKEVICH, O.S. LOGUNOVA, T.V. LOGUNOVA</i> Image classification method based on retrospective expert information.....	51-63

SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS

<i>V.V. ALEKSANDROV, E.V. BURDANOVA, A.N. ZALIVIN, Yu.D. KOLESNIKOV</i> On an approach to detection of small-sized moving objects based on micro-Doppler signatures.....	64-70
<i>D.P. ARXIPOV, D.A. SKOROBOGATChENKO</i> Development of a virtual simulator for drivers of special vehicles.....	71-78
<i>N.F. DASHDAMIRLI</i> Mico8-Chip: a lightweight virtual machine inspired by CHIP-8 for microcontroller systems.....	79-88
<i>D.V. KORNIENKO, A.V. NIKULIN, D.V. RY'ZhENKOV, A.A. STY'ChUK, A.A. FEDOTOVA</i> Methods and algorithms for designing optimal software architecture.....	89-98
<i>A.A. NOVIKOVA, A.Yu. UZhARINSKIY</i> Approaches to constructing an interactive navigator map for the buildings of OSU named after I.S. Turgenev.....	99-105

TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS

<i>I.V. GRIDIN, D.Zh. ZhAPOVA, A. KONOVAL'ChIKOV, E.V. ROGOZhNIKOV</i> Spatial localization of a subscriber in the absence of cellular communication.....	106-115
<i>V.S. IVANOVSKIY, D.A. IZORIYa, A.V. MOROZOV, V.O. ShATILOV</i> Fiber optic information transmission systems: advantages and prospects of application.....	116-127

INFORMATION AND DATA SECURITY

<i>O.M. GOLEMBIOVSKAYa, M.Yu. RY'TOV, E.E. ChINILIN</i> Development of a special algorithm for determining the category of significance of critical information infrastructure objects.....	128-135
--	---------

О.А. АНТАМОШКИН, Н.Н. ГУЛЮТИН, Н.А. ЕРМИЕНКО

**МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ
В БОРТОВЫХ СИСТЕМАХ БАС**

Статья посвящена методам оптимизации вычислительных ресурсов в бортовых системах беспилотных авиационных систем (БАС). Рассматриваются подходы к снижению вычислительной нагрузки и энергопотребления, включая сжатие моделей машинного обучения, аппаратное ускорение, адаптивное распределение задач и энергосберегающие алгоритмы. Проведенные эксперименты показывают, что применение предложенных методов позволяет повысить эффективность выполнения вычислительно сложных задач, таких как навигация, распознавание объектов и ситуационный анализ, обеспечивая баланс между производительностью и автономностью работы БАС.

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы; оптимизация вычислительных ресурсов; сжатие моделей машинного обучения; аппаратное ускорение; энергосберегающие алгоритмы; адаптивное распределение задач; навигация; распознавание объектов; ситуационный анализ.

© Антамошкин О.А., Гулютин Н.Н., Ермиенко Н.А., 2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Debnath D. and other. A Review of UAV Path-Planning Algorithms and Obstacle Avoidance Methods for Remote Sensing Applications / D. Debnath, F. Vanegas, J. Sandino, A.F. Hawary, F. Gonzalez // Remote Sens, 2024. – Т. 16. – № 21. – С. 4019. – DOI: 10.3390/rs16214019.
2. Панфилов И.А. и др. Профилактика загрязнения воздушной среды при открытой разработке рудных месторождений / И.А. Панфилов, О.А. Антамошкин, Н.В. Федорова, Ф.Ф. Дерюгин, В.Е. Бянкин // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2023. – № 11-1. – С. 252264. – DOI: 10.25018/0236_1493_2023_111_0_252.
3. Wu T. and other. A Dynamic Path Planning Method for UAVs Based on Improved Informed-RRT* Fused Dynamic Windows / T. Wu, Z. Zhang, F. Jing, M. Gao // Drones, 2024. – Т. 8. – № 10. – С. 539. – DOI: 10.3390/drones8100539.
4. Gonzalez C., Gutierrez M.A., Herrera R. Lightweight Neural Networks for UAV-Based Object Detection: A Survey // Remote Sensing, 2023. – Т. 15. – № 17. – С. 4499. – DOI: 10.3390/rs15174499.
5. Мымликов В.Н., Антамошкин О.А., Фарафонов М.М. Формализация задачи оптимизации рендера компьютерной трехмерной графики как вариант многомерной задачи о рюкзаке. – Моделирование, оптимизация и информационные технологии, 2024. – 12(3) [Электронный ресурс]. – URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1632>. – DOI: 10.26102/2310-6018/2024.46.3.014.
6. Zhang Y. and other. Computation Offloading in UAV-Enabled Edge Computing: A Multi-Layer Game Approach / Y. Zhang, H. Wang, L. Zhang, X. Wang, Y. Wang // Sensors, 2022. – Т. 22. – № 10. – С. 3854. – DOI: 10.3390/s22103854.
7. Li H., Wang J., Zhang F. Distributed Computing Systems for UAV Networks: Challenges and Solutions // Sensors, 2021. – Т. 21. – № 18. – С. 6115. – DOI: 10.3390/s21186115.
8. Zhang, Y. and other. RIS-Assisted Robust Beamforming for UAV Anti-Jamming and Eavesdropping via Deep Reinforcement Learning / Y. Zhang, H. Wang, L. Zhang, X. Wang, Y. Wang // Electronics, 2023. – Т. 12. – № 21. – С. 4490. – DOI: 10.3390/electronics12214490.
9. Xu T., Zhang Q., Liang S. Real-Time Object Tracking with Embedded Systems for UAVs: Challenges and Opportunities // Electronics, 2023. – Т. 12. – № 14. – С. 3412. – DOI: 10.3390/electronics12143412.

10. Chen Y., Zhou K., Liu J. Optimization of Lidar Data Compression for UAV Systems: A Comparative Study // Drones, 2024. – Т. 8. – № 5. – С. 289. – DOI: 10.3390/drones8050289.
11. Huang X. and other. A Review of Low-Power Embedded Systems for UAV Applications / X. Huang, Y. Mei, L. Wu, Z. Xu // Sensors, 2022. – Т. 22. – № 8. – С. 2758. – DOI: 10.3390/s22082758.
12. Zhou P., Ma H., Lin Z. Energy-Efficient Path Planning Algorithms for Multi-UAV Systems // Energies, 2023. – Т. 16. – № 9. – С. 3647. – DOI: 10.3390/en16093647.
13. Гулютин Н.Н., Ермиенко Н.А., Антамошкин О.А. Система комплексирования сенсорных данных в бортовых системах управления беспилотными авиационными системами. – Моделирование, оптимизация и информационные технологии, 2025. – 13(1) [Электронный ресурс]. – URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1806>. – DOI: 10.26102/2310-6018/2025.48.1.019.

Антамошкин Олеслав Александрович

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой программной инженерии Института космических и информационных технологий

E-mail: Oleslav@mail.ru

Гулютин Николай Николаевич

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск

Ассистент кафедры программной инженерии Института космических и информационных технологий;

E-mail: gulyutin@gmail.com

Ермиенко Надежда Александровна

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск

Аспирант Института космических и информационных технологий

E-mail: Nadukako@yandex.ru

*O.A. ANTAMOSHKIN (Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the Department of Software Engineering, Institute of Space and Information Technology)*

*N.N. GULYUTIN (Assistant at the Department of Software Engineering,
Institute of Space and Information Technology)*

*N.A. ERMIENKO (Post-graduate Student of the Institute of Space and Information Technology)
Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

METHODS FOR OPTIMIZING COMPUTATIONAL RESOURCES IN ONBOARD SYSTEMS OF UAS

This paper focuses on methods for optimizing computational resources in onboard systems of unmanned aerial systems (UAS). Various approaches to reducing computational load and energy consumption are considered, including machine learning model compression, hardware acceleration, adaptive task distribution, and energy-efficient algorithms. The conducted experiments demonstrate that the proposed methods improve the efficiency of computationally intensive tasks, such as navigation, object recognition, and situational analysis, ensuring a balance between performance and the autonomy of UAS operations.

Keywords: *unmanned aerial systems; computational resource optimization; machine learning model compression; hardware acceleration; energy-efficient algorithms; adaptive task distribution; navigation; object recognition; situational analysis.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Debnath D. and other. A Review of UAV Path-Planning Algorithms and Obstacle Avoidance Methods for Remote Sensing Applications / D. Debnath, F. Vanegas, J. Sandino, A.F. Hawary, F. Gonzalez // Remote Sens, 2024. – Т. 16. – № 21. – С. 4019. – DOI: 10.3390/rs16214019.
2. Panfilov I.A. i dr. Profilaktika zagrazneniya vozduшной среды pri otkrytoj razrabotke rudnykh mestorozhdenij / I.A. Panfilov, O.A. Antamoshkin, N.V. Fedorova, F.F. Derjugin, V.E. Bjankin // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten', 2023. – № 11-1. – С. 252264. – DOI: 10.25018/0236_1493_2023_111_0_252.

3. Wu T. and other. A Dynamic Path Planning Method for UAVs Based on Improved Informed-RRT* Fused Dynamic Windows / T. Wu, Z. Zhang, F. Jing, M. Gao // Drones, 2024. – Т. 8. – № 10. – С. 539. – DOI: 10.3390/drones8100539.
4. Gonzalez C., Gutierrez M.A., Herrera R. Lightweight Neural Networks for UAV-Based Object Detection: A Survey // Remote Sensing, 2023. – Т. 15. – № 17. – С. 4499. – DOI: 10.3390/rs15174499.
5. Mymlikov V.N., Antamoshkin O.A., Farafonov M.M. Formalizacija zadachi optimizacii rendera komp'juternoj trehmernoj grafiki kak variant mnogomernoj zadachi o rjukzake. – Modelirovanie, optimizacija i informacionnye tehnologii, 2024. – 12(3) [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://moitvivi.ru/ru/journal/pdf?id=1632>. – DOI: 10.26102/2310-6018/2024.46.3.014.
6. Zhang Y. and other. Computation Offloading in UAV-Enabled Edge Computing: A Multi-Layer Game Approach / Y. Zhang, H. Wang, L. Zhang, X. Wang, Y. Wang // Sensors, 2022. – Т. 22. – № 10. – С. 3854. – DOI: 10.3390/s22103854.
7. Li H., Wang J., Zhang F. Distributed Computing Systems for UAV Networks: Challenges and Solutions // Sensors, 2021. – Т. 21. – № 18. – С. 6115. – DOI: 10.3390/s21186115.
8. Zhang, Y. and other. RIS-Assisted Robust Beamforming for UAV Anti-Jamming and Eavesdropping via Deep Reinforcement Learning / Y. Zhang, H. Wang, L. Zhang, X. Wang, Y. Wang // Electronics, 2023. – Т. 12. – № 21. – С. 4490. – DOI: 10.3390/electronics12214490.
9. Xu T., Zhang Q., Liang S. Real-Time Object Tracking with Embedded Systems for UAVs: Challenges and Opportunities // Electronics, 2023. – Т. 12. – № 14. – С. 3412. – DOI: 10.3390/electronics12143412.
10. Chen Y., Zhou K., Liu J. Optimization of Lidar Data Compression for UAV Systems: A Comparative Study // Drones, 2024. – Т. 8. – № 5. – С. 289. – DOI: 10.3390/drones8050289.
11. Huang X. and other. A Review of Low-Power Embedded Systems for UAV Applications / X. Huang, Y. Mei, L. Wu, Z. Xu // Sensors, 2022. – Т. 22. – № 8. – С. 2758. – DOI: 10.3390/s22082758.
12. Zhou P., Ma H., Lin Z. Energy-Efficient Path Planning Algorithms for Multi-UAV Systems // Energies, 2023. – Т. 16. – № 9. – С. 3647. – DOI: 10.3390/en16093647.
13. Guljutin N.N., Ermienko N.A., Antamoshkin O.A. Sistema kompleksirovaniya sensoryh dannyh v bortovyh sistemah upravlenija bespilotnymi aviacionnymi sistemami. – Modelirovanie, optimizacija i informacionnye tehnologii, 2025. – 13(1) [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://moitvivi.ru/ru/journal/pdf?id=1806>. – DOI: 10.26102/2310-6018/2025.48.1.019.

УДК 004

М.А. КУКУШКИН

ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ ПОРТИРОВАНИЯ НА ТЕНЗОРНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛИ

В данной статье исследуется метод портирования сверточной нейронной сети на тензорный вычислитель, предназначенной для детекции беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в воздушном пространстве. В условиях дорогого аппаратного обеспечения для вычислений в реальном времени остро встает вопрос удешевления аппаратной платформы для вычислений нейронных сетей в реальном времени. Тензорные вычислители являются дешевым решением, но требуют подготовки модели компьютерного зрения для портирования на тензорные вычислители. В данной статье рассматриваются методы оптимизации и портирования сети YOLO для вычислений на тензорном вычислителе.

Ключевые слова: нейронная сеть; YOLO; компьютерное зрение; детекция дронов; обучение модели; малые объекты; мониторинг воздушного пространства; оптимизация обучения.

© Кукушкин М.А., 2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребенникова И.В. Методы оптимизации: учебное пособие. – Екатеринбург: УрФУ, 2017. – 148 с.
2. Бойд С., Ванденбергхе Л. Выпуклая оптимизация; пер. с англ. – Великобритания: Издательство Кембриджского университета, 2004. – 716 с. – ISBN 9780521833783.
3. Coral AI. Products Accelerator [Электронный ресурс]. – URL: <https://coral.ai/products/accelerator/> (дата обращения: 28.01.2025).

4. Ultralytics Documentation [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.ultralytics.com/ru> (дата обращения: 28.01.2025).

Кукушкин Максим Александрович

Московский авиационный институт, г. Москва

Аспирант

Тел.: 8 916 528 39 27

E-mail: cnegbyj99@mail.ru

M.A. KUKUSHKIN (*Post-graduate Student*)

Moscow Aviation Institute, Moscow

OPTIMIZATION OF A COMPUTER VISION MODEL FOR PORTING TO TENSOR COMPUTERS

This article examines a method for porting a convolutional neural network to a tensor computer designed to detect unmanned aerial vehicles (UAVs) in the airspace. In the context of expensive hardware for real-time computing, the issue of reducing the cost of a hardware platform for computing neural networks in real time is acute. Tensor calculators are a cheap solution, but they require the preparation of a computer vision model for porting to tensor calculators. This article discusses methods for optimizing and porting the YOLO network for tensor computing.

Keywords: neural network; YOLO; computer vision; drone detection; model training; small objects; airspace monitoring; training optimization.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Grebennikova I.V. Metody optimizacii: uchebnoe posobie. – Ekaterinburg: UrFU, 2017. – 148 s.
2. Bojd S., Vandenbergh L. Vypuklaja optimizacija; per. s angl. – Velikobritanija: Izdatel'stvo Kembridzhskogo universiteta, 2004. – 716 s. – ISBN 9780521833783.
3. Coral AI. Products Accelerator [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://coral.ai/products/accelerator/> (data obrashhenija: 28.01.2025).
4. Ultralytics Documentation [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://docs.ultralytics.com/ru> (data obrashhenija: 28.01.2025).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 004.89

В.А. АДАМОВИЧ, А.В. КОСЬКИН

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В УПРАВЛЕНИИ ЗНАНИЯМИ В ОРГАНИЗАЦИЯХ

Предложен новый подход к реализации систем хранения и передачи знаний. Системы умных знаний представлены как новый этап развития систем хранения знаний. Реализация данного подхода позволит увеличить качество хранимых знаний, упростить их доступность, а также позволит модернизировать процедуру менеджмента знаний.

Ключевые слова: система хранения знаний; машинное обучение; GPT-системы; нейросети; алгоритмы обработки информации.

© Адамович В.А., Коськин А.В., 2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. – СПб.: Питер, 2018. – 384 с.

- 2 Люгер Дж.Ф. «Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем». – М.: Вильямс, 2003.
- 3 Герчикова И.Н. Процесс принятия и реализации управленческих решений. – Менеджмент в России и за рубежом, 2013. – № 12. – 130 с.
- 4 Дробышев А.В. Методы принятия решений. Методы Дельфи и ЭЛЕКТРА: методические указания к лабораторной работе по курсу «Системы поддержки принятия решений». – МГИЭМ; сост.: И.Е. Сафонова, К.Ю. Мишин, С.В. Цыганов. – М.: МГИЭМ, 2008. – 26 с.
- 5 Евланов А.Г. Теория и практика принятия решений. – М.: Экономика, 2010. – 212 с.
- 6 Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
- 7 Гришин А.Ф., Кочерова Е.В. Статистические модели. Построение, оценка, анализ. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 416 с.
- 8 Шикин Е.В., Чхартишвили А.Г. Математические методы и модели в управлении. – М.: КДУ, 2009. – 440 с.
- 9 Пугачев В.С. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 496 с.
- 10 Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. – М.: Юрайт, 2012. – 400 с.
- 11 Горяинова Е.Р., Панков А.Р., Платонов Е.Н. Прикладные методы анализа статистических данных. – М.: Высшая школа экономики, 2012. – 312 с.
- 12 Самыловский А.И. Математические модели и методы для социологов. – Книга 1 «Теория вероятностей». – М.: КДУ, 2009. – 216 с.
- 13 Тюрин Ю.Н. и др. Теория вероятностей и статистика / Ю.Н. Тюрин, А.А. Макаров, И.Р. Высоцкий, И.В. Ященко. – М.: МЦНМО, Московские учебники, 2008. – 256 с.
- 14 Лафта Дж.К. Эффективность менеджмента организации. – М.: Русская деловая литература, 2009. – 320 с.
- 15 Гуцыкова С.В. Метод экспертных оценок. – Теория и практика. – «Когито-Центр», 2011 – 170 с.
- 16 Игрунова С.В. и др. Разработка методики тестирования с применением метода экспертной оценки в психофизиологии / С.В. Игрунова, Е.В. Нестерова, О.Д. Иващук, В.Г. Нестеров, А.В. Ломазов, К.К. Игрунов // Обзоры гуманитарных и социальных наук, 2019. – № 7(5). – С. 941-945 [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.18510/hssr.2019.75122>.
- 17 Абрамов С.А. и др. Анализ алгоритмических средств разработки автоматизированной системы психологического тестирования участников технологического процесса / С.А., Абрамов, К.К. Игрунов, С.В. Игрунова, Е.В. Нестерова // Информационные технологии в науке, образовании и производстве: VII Международная научно-техническая конференция (17-19 октября 2018 г. Белгород); сборник трудов конференции. – Белгород: Издательство ООО «ГиК», 2018. – 566 с.
- 18 Володина Д.В., Юрьева Ю.С., Возможности применения электронной платформы Moodle при обучении иностранному языку в техническом вузе. – Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). – Modern Research of Social Problems, 2016. – № 8(64).

Адамович Владислав Андреевич

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород

Соискатель кафедры информационных и робототехнических систем

Тел.: 8 951 159 07 81

E-mail: adamovich2010@yandex.ru

Коськин Александр Васильевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел

Профессор кафедры информационных систем и цифровых технологий

Тел.: 8 (4862) 41-98-15

E-mail: kav1959@rambler.ru

V.A. ADAMOVICH (*Degree of Information and Robotic Systems Department*)
Belgorod State National Research University, Belgorod

A.V. KOS'KIN (*Professor of the Department of Information Systems and Digital Technologies*)
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

INNOVATIVE METHODS IN KNOWLEDGE MANAGEMENT IN ORGANIZATIONS

A new approach to the implementation of knowledge storage and transfer systems is proposed. Smart knowledge systems as a new stage in the development of knowledge storage systems. The implementation of this approach will increase the quality of stored knowledge, simplify its accessibility, and modernize knowledge management.

Keywords: *knowledge storage system; machine learning; GPT system; neural networks; information processing algorithms.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Gavrilova T.A., Horoshevskij V.F. Bazy znaniy intellektual'nyh sistem. – SPb.: Piter, 2018. – 384 s.
2. Ljuger Dzh.F. «Iskusstvennyj intellekt: strategii i metody reshenija slozhnyh problem». – M.: Vil'jams, 2003.
3. Gerchikova I.N. Process prinjatija i realizacii upravlencheskih reshenij. – Menedzhment v Rossii i za rubezhom, 2013. – № 12. – 130 s.
4. Drobyshev A.V. Metody prinjatija reshenij. Metody Del'fi i JeLEKTRA: metodicheskie ukazaniya k laboratornoj rabote po kursu «Sistemy podderzhki prinjatij reshenij». – MGIJeM; sost.: I.E. Safonova, K.Ju. Mishin, S.V. Cyganov. – M.: MGIJeM, 2008. – 26 s.
5. Evlanov A.G. Teorija i praktika prinjatija reshenij. – M.: Jekonomika, 2010. – 212 s.
6. Lukashin Ju.P. Adaptivnye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennyh rjadov. – M.: Finansy i statistika, 2003. – 416 s.
7. Grishin A.F., Kocherova E.V. Statisticheskie modeli. Postroenie, ocenka, analiz. – M.: Finansy i statistika, 2005. – 416 s.
8. Shikin E.V., Chhartishvili A.G. Matematicheskie metody i modeli v upravlenii. – M.: KDU, 2009. – 440 s.
9. Pugachev V.S. Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika. – M.: FIZMATLIT, 2002. – 496 s.
10. Sidnjev N.I. Teorija planirovaniya jeksperimenta i analiz statisticheskikh dannyh. – M.: Jurajt, 2012. – 400 s.
11. Gorjainova E.R., Pankov A.R., Platonov E.N. Prikladnye metody analiza statisticheskikh dannyh. – M.: Vysshaja shkola jekonomiki, 2012. – 312 s.
12. Samylovskij A.I. Matematicheskie modeli i metody dlja sociologov. – Kniga 1 «Teorija verojatnostej». – M.: KDU, 2009. – 216 s.
13. Tjurin Ju.N. i dr. Teorija verojatnostej i statistika / Ju.N. Tjurin, A.A. Makarov, I.R. Vysockij, I.V. Jashhenko. – M.: MCNMO, Moskovskie uchebniki, 2008. – 256 s.
14. Lafta Dzh.K. Jefferektivnost' menedzhmenta organizacii. – M.: Russkaja delovaja literatura, 2009. – 320 s.
15. Gucykova S.V. Metod jekspertnyh ocenok. – Teorija i praktika. – «Kogito-Centr», 2011 – 170 c.
16. Igrunova S.V. i dr. Razrabotka metodiki testirovaniya s primeneniem metoda jekspertnoj ocenki v psihofiziologii / S.V. Igrunova, E.V. Nesterova, O.D. Ivashhuk, V.G. Nesterov, A.V. Lomazov, K.K. Igrunov // Obzory gumanitarnyh i social'nyh nauk, 2019. – № 7(5). – S. 941-945 [Jelektronnyj resurs]. – URL: <https://doi.org/10.18510/hssr.2019.75122>.
17. Abramov S.A. i dr. Analiz algoritmicheskikh sredstv razrabotki avtomatizirovannoj sistemy psihologicheskogo testirovaniya uchastnikov tehnologicheskogo processa / S.A., Abramov, K.K. Igrunov, S.V. Igrunova, E.V. Nesterova // Informacionnye tehnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve: VII Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija (17-19 oktjabrja 2018 g. Belgorod); sbornik trudov konferencii. – Belgorod: Izdatel'stvo OOO «GiK», 2018. – 566 s.
18. Volodina D.V., Jur'eva Ju.S., Vozmozhnosti primeneniya jelektronnoj platformy Moodle pri obuchenii inostrannomu jazyku v tehničeskom vuze. – Sovremennye issledovaniya social'nyh problem (jelektronnyj nauchnyj zhurnal). – Modern Research of Social Problems, 2016. – № 8(64).

УДК 004.415

М.И. АРДАТОВСКИЙ, Д.И. БЕРДНИКОВ, Т.Г. МАКСИМОВА

**МИКРОСЕРВИСНАЯ АРХИТЕКТУРА
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ГИБКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМАНДОЙ**

В статье произведен анализ методов планирования проектов и распределения задач в условиях гибкого управления командами, а также разработано архитектурное решение для системы поддержки принятия управленческих решений. Предложено реализованное в программном комплексе решение научной задачи оптимизации процессов управления командой разработки программного обеспечения. Основу решения составляет генетический алгоритм для оптимизации распределения и динамической перепланировки работ между исполнителями, а также алгоритм выявления ограничений по продуктивности команды, основанный на интеграции объективных метрик и экспертных оценок текущего состояния команды. Реализован механизм отслеживания изменений данных по принципу наблюдателя, позволяющий корректно обрабатывать изменение состояния пользовательского интерфейса без дополнительных затрат на контроль жизненного цикла компонентов. В работе сформулирована научная задача, включающая как концептуальную, так и формальную постановку, отраженные в полученных результатах. Формальная постановка представлена в виде математической модели с учетом ограничений по времени, ресурсам и динамике изменений в расписании сотрудников. Результаты испытаний основных компонентов комплекса посредством модульного тестирования подтверждают корректность реализации и улучшение характеристик системы, что создает основу для дальнейших исследований в области гибких методов управления и архитектурных решений.

Ключевые слова: архитектура приложений; Agile; микросервис; управление командой; разработка программного обеспечения; управление расписанием проекта; управление составом проекта.

© Ардатовский М.И., Бердников Д.И., Максимова Т.Г., 2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Beck K., Beedle M., van Bennekum A. Manifesto for Agile Software Development. Retrieved from agilemanifesto.org., 2001.
2. Fowler M. Continuous Integration. ThoughtWorks, 2003.
3. Hoda R., Noble J., Marshall S. Self-organizing roles on Agile software development teams. IEEE Transactions on Software Engineering, 2013. – № 39(3). – P. 422-444.
4. Ramesh B., Cao L., Baskerville R. Agile requirements engineering practices: An empirical study // IEEE Software, 2012. – № 25(1). – P. 60-67.
5. Leffingwell D. Scaling Software Agility: Best Practices for Large Enterprises. – Addison-Wesley, 2007.
6. Bagnall A.J., Rayward-Smith V.J., Whitley I.M., The next release problem, information and software technology, 2001. – Volume 43. – Issue 14. – P. 883-890. – ISSN 0950-5849.
7. Yang B., Geunes J. Resource-Constrained Project Scheduling: Past Work and New Directions 1, 2001.
8. Baker P. and other. Search Based approaches to Component Selection and Prioritization for the Next Release Problem / P. Baker, M. Harman, K. Steinhöfel, A. Skaliotis // Proceeding of the 22nd IEEE International Conference on Software Maintenance (ICSM'06), 2006. – Vol. 17. – P. 176-185.
9. Greer Des, Ruhe Guenther. Software Release Planning: An Evolutionary and Iterative Approach. – Information and Software Technology, 2004. – № 46. – P. 243-253.
10. Mahmud F. and other. Genetic Algorithm for Singular Resource Constrained Project Scheduling Problems / F. Mahmud, F. Zaman, A. Ahrari, R. Sarker, D. Essam // IEEE Access, 2021. – № 9. – P. 131767-131779.

11. Lacomme P. and other. Integration of routing into a resource-constrained project scheduling problem / P. Lacomme, A. Moukrim, A. Quilliot, M. Vinot // EURO Journal on Computational Optimization, 2019. – P. 1-44.
12. Михайлов С.А. Интеллектуальная система помощи туристу: сервис-ориентированная архитектура и реализация // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2019. – Т. 19. – № 3. – С. 499-507.
13. Филисов Д.А. Архитектура высоконагруженных приложений // Universum: технические науки: электрон. научн. журнал, 2023. – № 10(115).
14. Шмонин М.А. Эффективность подхода «Архитектура как код» в управлении ИТ-архитектурой предприятия // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН, 2024. – Т. 26. – № 3. – С. 42-54.
15. Sabuhi M., Musilek P., Bezemer C.-P. Micro-FL: A Fault-Tolerant Scalable Microservice-Based Platform for Federated Learning // Future Internet, 2024. – № 16. – P. 70.
16. Cardarelli Mario and other. An extensible data-driven approach for evaluating the quality of microservice architectures / Cardarelli Mario, Iovino Ludovico, Francesco Paolo, Di Salle Amleto, Malavolta Ivano, Lago Patricia, 2019. – P. 1225-1234.
17. Nichlas Bjørndal and other. Benchmarks and performance metrics for assessing the migration to microservice-based architectures / Nichlas Bjørndal, Luiz Jonatã Pires de Araújo, Antonio Bucchiarone, Nicola Dragoni, Manuel Mazzara, and Schahram Dustdar // Journal of Object Technology, 2021. – Vol. 20. – № 3. – Licensed under Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).
18. Farias Kleinner, Lazzari Luan. Event-driven Architecture and REST Architectural Style: An Exploratory Study on Modularity. Journal of Applied Research and Technology, 2023. – № 21. – P. 338-351.
19. Nicola Dragoni and other. Microservices: yesterday, today, and tomorrow. Manuel Mazzara; Bertrand Meyer / Nicola Dragoni, Saverio Giallorenzo, Alberto Lafuente, Manuel Mazzara, Fabrizio Montesi // Present and Ulterior Software Engineering, Springer, 2017.
20. Fritzsche J. and other. Microservices Migration in Industry: Intentions, Strategies, and Challenges / J. Fritzsche, J. Bogner, S. Wagner, A. Zimmermann // IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME). – Cleveland, OH, USA, 2019. – P. 481-490.

Ардатовский Максим Игоревич

Национальный исследовательский университет ИТМО, г Санкт-Петербург
Аспирант

Бердников Данил Игоревич

Национальный исследовательский университет ИТМО, г Санкт-Петербург
Магистрант

Максимова Татьяна Геннадьевна

Национальный исследовательский университет ИТМО, г Санкт-Петербург
Доктор экономических наук, профессор

M.I. ARDATOVSKIY (*Post-graduate Student*)

D.I. BERDNIKOV (*Master Student*)

T.G. MAKSIMOVA (*Doctor of Economic Sciences, Professor*)
National Research University ITMO, St. Petersburg

**MICROSERVICE ARCHITECTURE OF INTELLIGENT SYSTEM
OF FLEXIBLE TEAM MANAGEMENT**

The article analyzes the methods of project planning and task allocation in the conditions of flexible team management and develops an architectural solution for the management decision support system. The solution to the scientific problem of optimization of software development team management processes implemented in the software system is proposed. The basis of the solution is a genetic algorithm for optimizing the distribution and dynamic

rescheduling of work between the performers, as well as an algorithm for identifying limitations on the productivity of the team, based on the integration of objective metrics and expert assessments of the current state of the team. The mechanism of tracking data changes according to the observer principle is implemented, which allows to correctly process the change of the user interface state without additional costs for controlling the life cycle of components. The paper formulates a scientific problem, including both conceptual and formal formulation, reflected in the results obtained. The formal formulation is presented in the form of a mathematical model considering constraints on time, resources and dynamics of changes in the schedule of employees. The results of tests of the main components of the complex by means of modular testing confirm the correctness of implementation and improvement of the system characteristics, which creates a basis for further research in the field of flexible management methods and architectural solutions.

Keywords: *application architecture; Agile; microservice; team management; software development; project schedule management; project composition management.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Beck K., Beedle M., van Bennekum A. Manifesto for Agile Software Development. Retrieved from agilemanifesto.org., 2001.
2. Fowler M. Continuous Integration. ThoughtWorks, 2003.
3. Hoda R., Noble J., Marshall S. Self-organizing roles on Agile software development teams. IEEE Transactions on Software Engineering, 2013. – № 39(3). – P. 422-444.
4. Ramesh B., Cao L., Baskerville R. Agile requirements engineering practices: An empirical study // IEEE Software, 2012. – № 25(1). – P. 60-67.
5. Leffingwell D. Scaling Software Agility: Best Practices for Large Enterprises. – Addison-Wesley, 2007.
6. Bagnall A.J., Rayward-Smith V.J., Whitley I.M., The next release problem, information and software technology, 2001. – Volume 43. – Issue 14. – P. 883-890. – ISSN 0950-5849.
7. Yang B., Geunes J. Resource-Constrained Project Scheduling: Past Work and New Directions 1, 2001.
8. Baker P. and other. Search Based approaches to Component Selection and Prioritization for the Next Release Problem / P. Baker, M. Harman, K. Steinhöfel, A. Skaliotis // Proceeding of the 22nd IEEE International Conference on Software Maintenance (ICSM'06), 2006. – Vol. 17. – P. 176-185.
9. Greer Des, Ruhe Guenther. Software Release Planning: An Evolutionary and Iterative Approach. – Information and Software Technology, 2004. – № 46. – P. 243-253.
10. Mahmud F. and other. Genetic Algorithm for Singular Resource Constrained Project Scheduling Problems / F. Mahmud, F. Zaman, A. Ahrari, R. Sarker, D. Essam // IEEE Access, 2021. – № 9. – P. 131767-131779.
11. Lacomme P. and other. Integration of routing into a resource-constrained project scheduling problem / P. Lacomme, A. Moukrim, A. Quilliot, M. Vinot // EURO Journal on Computational Optimization, 2019. – P. 1-44.
12. Mihajlov S.A. Intelktual'naja sistema pomoshhi turistu: servis-orientirovannaja arhitektura i realizacija // Nauchno-tehnicheskij vestnik informacionnyh tehnologij, mehaniki i optiki, 2019. – T. 19. – № 3. – S. 499-507.
13. Filisov D.A. Arhitektura vysokonagruzhennyh prilozhenij // Universum: tehnicheckie nauki: jelektron. nauchn. zhurnal, 2023. – № 10(115).
14. Shmonin M.A. Jefferktivnost' podhoda «Arhitektura kak kod» v upravlenii IT-arhitekturoj predpriyatija // Izvestija Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN, 2024. – T. 26. – № 3. – S. 42-54.
15. Sabuhi M., Musilek P., Bezemer C.-P. Micro-FL: A Fault-Tolerant Scalable Microservice-Based Platform for Federated Learning // Future Internet, 2024. – № 16. – P. 70.
16. Cardarelli Mario and other. An extensible data-driven approach for evaluating the quality of microservice architectures / Cardarelli Mario, Iovino Ludovico, Francesco Paolo, Di Salle Amleto, Malavolta Ivano, Lago Patricia, 2019. – P. 1225-1234.
17. Nichlas Bjørndal and other. Benchmarks and performance metrics for assessing the migration to microservice-based architectures / Nichlas Bjørndal, Luiz Jonatã Pires de Araújo, Antonio Bucchiarone, Nicola Dragoni, Manuel Mazzara, and Schahram Dustdar // Journal of Object Technology, 2021. – Vol. 20. – № 3. – Licensed under Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).
18. Farias Kleinner, Lazzari Luan. Event-driven Architecture and REST Architectural Style: An Exploratory Study on Modularity. Journal of Applied Research and Technology, 2023. – № 21. – P. 338-351.
19. Nicola Dragoni and other. Microservices: yesterday, today, and tomorrow. Manuel Mazzara; Bertrand Meyer / Nicola Dragoni, Saverio Giallorenzo, Alberto Lafuente, Manuel Mazzara, Fabrizio Montesi // Present and Ulterior Software Engineering, Springer, 2017.
20. Fritzsche J. and other. Microservices Migration in Industry: Intentions, Strategies, and Challenges / J. Fritzsche, J. Bogner, S. Wagner, A. Zimmermann // IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME). – Cleveland, OH, USA, 2019. – P. 481-490.

В.Т. ЕРЕМЕНКО, Л.А. ЛЕКАРЬ, С.С. ТИМОФЕЕВА

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ РОБОТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ В ЗАДАЧАХ КОНТРОЛЯ МИГРАЦИИ

В статье рассматриваются актуальные проблемы применения систем роботизации процессов – RPA (ROBOTIC PROCESS AUTOMATION) применительно к задачам контроля миграции. Указанное программное обеспечение относится к технологиям искусственного интеллекта (ИИ), программная роботизация становится простым инструментом для быстрого входа и помогает ускорить внедрение ИИ в госкорпорациях и госорганизациях. Для роботизации предлагается выбирать трудоемкие процессы с прописанными правилами и большим количеством стандартных операций, регулярно повторяющиеся и требующие использования ресурсов нескольких ИТ-систем. В рамках одного проекта оптимально работать с двумя-четырьмя небольшими процессами или одним сложным, многосоставным. А для координации, управления и мониторинга работы нескольких роботов или выполнения нескольких задач в продукт «Роботизация рутинных операций» включено специальное решение – оркестратор.

Ключевые слова: системы роботизации процессов; единый информационный ресурс регистрационного и миграционного учета; технологии платформ роботизации.

©Еременко В.Т., Лекарь Л.А., Тимофеева С.С., 2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Регламент сопровождения эксплуатации государственной информационной системы миграционного учета в части единого информационного ресурса регистрационного и миграционного учетов. Приложение А к техническому заданию к ГК 16/2024 от 27.05.2024.
2. Административные регламенты оказания государственных услуг в сфере миграции.
3. Возможности и перспективы новейших информационных технологий в регулировании миграционной политики Российской Федерации: автореферат дис.... кандидата политических наук: 23.00.02 / Иванова Екатерина Александровна; место защиты: Рос. ун-т дружбы народов. – Москва, 2013. – 28 с.
4. Кубасов И.А. Основные направления развития единой системы информационно-аналитического обеспечения деятельности МВД России // «Академическая мысль», 2024. – № 3(28).
5. Налбандян Л., Дреер Н. Современные методологические подходы к изучению использования передовых цифровых технологий в управлении миграцией [Электронный ресурс]. – URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.279d89b8-67bd9557-fa89948d-4722d776562/https/www.frontiersin.org/journals/human-dynamics/articles/10.3389/fhumd.2023.1238605/full.

Еременко Владимир Тарасович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационной безопасности
Тел.: 8 906 664 61 61
E-mail: vip.evt1976@mail.ru

Лекарь Людмила Антоновна

ФГКОУ ВО «Академия управления МВД России», г. Москва
Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий
E-mail: antonna47@bk.ru

Тимофеева Светлана Сергеевна

ФГКОУ ВО «Академия управления МВД России», г. Москва

Слушатель 2 факультета, кафедра информационных технологий
E-mail: tilana@mail.ru

V.T. ERYOMENKO (*Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Professor of Department of Information Security*)
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

L.A. LEKAR' (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the Department of Information Technologies*)

S.S. TIMOFEEVA (*Listener of the 2nd Faculty, Department of Information Technologies*)
Academy of Management of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Moscow

METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF PROCESS ROBOTIZATION SYSTEMS IN MIGRATION CONTROL TASKS

The article discusses the current problems of the application of process robotics systems – RPA (ROBOTIC PROCESS AUTOMATION) in relation to migration control tasks. The specified software relates to the development of artificial intelligence technologies (And) software robotics becomes a simple tool for quick entry and helps accelerate the implementation of AI in state corporations and government organizations. For robotics, it is proposed to choose labor-intensive processes with prescribed rules and a large number of standard operations that are regularly repeated and require the use of resources from several OT systems. Within the framework of one project, it is optimal to work with two or four small processes or one complex, multi-component one. And to coordinate, manage and monitor the work of several robots or perform several tasks, the Robotization of Routine Operations product includes a special solution – an orchestrator.

Keywords: *systems of robotization of processes; a single information resource of registration and migration accounting; technologies of platforms of robotization.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Регламент сопровождения эксплуатации государственной информационной системы миграционного учета в части единого информационного ресурса регистрационного и миграционного учетов. Приложение А к техническому заданию к ГК 16/2024 от 27.05.2024.
2. Административные регламенты оказания государственных услуг в сфере миграции.
3. Возможности и перспективы новейших информационных технологий в регулировании миграционной политики Российской Федерации: автореферат дис.... кандидата политических наук: 23.00.02 / Иванова Екатерина Александровна; место зашхиты: Рос. un-t друzhby narodov. – Moskva, 2013. – 28 s.
4. Kubasov I.A. Osnovnye napravleniya razvitiya edinoj sistemy informacionno-analiticheskogo obespecheniya dejatel'nosti MVD Rossii // «Akademicheskaja mysl'», 2024. – № 3(28).
5. Nalbandjan L., Dreer N. Sovremennye metodologicheskie podhody k izucheniju ispol'zovanija peredovyh cifrovyyh tehnologij v upravlenii migraciej [Elektronnyj resurs]. – URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.279d89b8-67bd9557-fa89948d-4722d776562/https/www.frontiersin.org/journals/human-dynamics/articles/10.3389/fhumd.2023.1238605/full.

УДК 004.78:658.7

П.А. КАРАСЕВ, С.В. НОВИКОВ

ИНТЕГРАЦИЯ ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСА И TELEGRAM-БОТА В ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС RITM-WMS ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ 3PL-УСЛУГ

В статье рассмотрены актуальные вопросы интеграции веб-интерфейса и Telegram-бота в программный комплекс RITM-WMS для оптимизации 3PL-услуг. Раскрывается понятие «3PL» и другие виды услуг, а также затрагиваются ключевые аспекты разработки, включая обоснование выбранных технологий для реализации, использование стороннего сервиса для повышения

эффективности взаимодействия участников. Проведен анализ современных тенденций в логистике, связанных с автоматизацией складских процессов.

Ключевые слова: логистика третьей стороны (3PL); управление цепочкой поставок; складские услуги; WMS-система; SolidJS; Django; Telegram-бот; веб-хук.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Что такое 3PL-логистика [Электронный ресурс]. – URL: <https://pimsolutions.ru.turbopages.org/pimsolutions.ru/s/stati/dostavka-dlya-internet-magazinov/chto-takoe-3pl-logistika.html> (дата обращения: 20.11.2024).
2. О технологиях в логистике и ритейле [Электронный ресурс]. – URL: <https://ritm-logistiks.ru/about-technologies/> (дата обращения: 20.11.2024).
3. Kaewman S., Akararungruangkul R. Heuristics Algorithms for a Heterogeneous Fleets VRP with Excessive Demand for the Vehicle at the Pickup Points, and the Longest Traveling Time Constraint: A Case Study in Prasitsuksa Songkloe, Ubonratchathani Thailand // Logistics, 2018. – Vol. 2. – № 3 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mdpi.com/2305-6290/2/3/15> (дата обращения: 29.03.2025).
4. js-framework-benchmark [Электронный ресурс]. – URL: <https://github.com/krausest/js-framework-benchmark?tab=readme-ov-file> (дата обращения: 29.03.2025).
5. SolidJS: Comparison [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.solidjs.com/guides/comparison> (дата обращения: 29.03.2025).
6. ORM или как забыть о проектировании БД [Электронный ресурс]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/237889/> (дата обращения: 20.11.2024).

Карасев Павел Алексеевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел

Магистрант кафедры информационных систем и цифровых технологий

Тел.: 8 953 814 40 38

E-mail: cherepashka0805@mail.ru

Новиков Сергей Владимирович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и цифровых технологий

Тел.: 8 910 747 03 42

E-mail: serg111@list.ru

P.A. KARASYoV (*Master Student*)

S.V. NOVIKOV (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Information Systems and Digital Technologies*)
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

INTEGRATION OF WEB-INTERFACE AND TELEGRAM-BOT INTO RITM-WMS SOFTWARE COMPLEX FOR OPTIMIZATION OF 3PL-SERVICES

The article deals with the topical issues of integration of web-interface and Telegram-bot into RITM-WMS software complex for optimization of 3PL-services. The concept of «3PL» and other types of services is disclosed, and key aspects of development are touched upon, including justification of selected technologies for implementation, as well as the use of third-party service to improve the efficiency of interaction between participants. The analysis of modern trends in logistics related to the automation of warehouse processes is carried out.

Keywords: Third party logistics (3PL); supply chain management; warehousing; WMS system; SolidJS; Django; Telegram bot; webhook.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Chto takoe 3PL-logistika [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://pimsolutions.ru.turbopages.org/pimsolutions.ru/s/stati/dostavka-dlya-internet-magazinov/chto-takoe-3pl-logistika.html> (data obrashhenija: 20.11.2024).
2. O tehnologijah v logistike i ritejle [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://ritm-logistiks.ru/about-technologies/> (data obrashhenija: 20.11.2024).
3. Kaewman S., Akararungruangkul R. Heuristics Algorithms for a Heterogeneous Fleets VRP with Excessive Demand for the Vehicle at the Pickup Points, and the Longest Traveling Time Constraint: A Case Study in Prasitsuksa Songkloe, Ubonratchathani Thailand // Logistics, 2018. – Vol. 2. – № 3 [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.mdpi.com/2305-6290/2/3/15> (data obrashhenija: 29.03.2025).
4. js-framework-benchmark [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://github.com/krausest/js-framework-benchmark?tab=readme-ov-file> (data obrashhenija: 29.03.2025).
5. SolidJS: Comparison [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.solidjs.com/guides/comparison> (data obrashhenija: 29.03.2025).
6. ORM ili kak zabyt' o proektirovanii BD [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://habr.com/ru/articles/237889/> (data obrashhenija: 20.11.2024).

УДК 621.746.27-52

В.Д. КОРНИЕНКО, М.Ю. НАРКЕВИЧ, О.С. ЛОГУНОВА, Т.В. ЛОГУНОВА

**МЕТОДИКА КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ
НА ОСНОВЕ РЕТРОСПЕКТИВНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Целью исследования является развитие методов и алгоритмов для обработки графической информации в автоматизированном режиме для повышения эффективности принятия решений в системах автоматизированного мониторинга технического состояния опасных производственных объектов. Объектом исследования является система принятия решений при автоматизированном мониторинге технического состояния опасных производственных объектов, предмет исследования – алгоритмическое обеспечение классификации изображений на основе ретроспективной экспертной информации о состоянии опасных производственных объектов. Сбор данных проводился в период с 2021 по 2023 гг. на одном из ведущих промышленных предприятий черной металлургии в России.

В работе использованы методы: декомпозиции, анализа, синтеза, математического описания, вычислительного эксперимента, обработки изображений. Результатом исследования является методика классификации изображений опасных производственных объектов на основе ретроспективной экспертной информации (база данных изображений объектов), направленная на повышение эффективности принятия решений в системах автоматизированного мониторинга технического состояния опасных производственных объектов. Основу методики составляет векторный классификационный признак и его свертка в виде суммы координат, приводящей к снижению количества проверок при определении класса изображения. Представлен демонстрационный пример работоспособности построенной методики.

Ключевые слова: автоматизированные системы; мониторинг качества; опасные производственные объекты; векторный классификационный признак; фасетная классификация; принятие решений; методика идентификации изображения.

©Корниенко В.Д., Наркевич М.Ю., Логунова О.С., Логунова Т.В., 2025

Работа выполняется по договору №247715 от 05.07.2021 г. между ПАО «ММК» и ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» «Разработка и применение методик контроля территорий, зданий и сооружений ПАО «ММК» с использованием беспилотных воздушных судов (БВС)».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефанов Н.А. Сравнительный анализ существующих подходов к принятию управленческих решений в условиях неопределенности и систем поддержки принятия решений. – Экономика и управление: проблемы, решения, 2020. – Т. 3. – № 2. – С. 129-137. – EDN TOCLPE.
2. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Методы правдоподобных рассуждений на основе аналогий и прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений. – Новости искусственного интеллекта, 2006. – № 3. – С. 39-62. – EDN AJCDQR.
3. Олейников Д.П., Бутенко Л.Н., Олейников С.П. Сравнительный анализ подходов к принятию решений – метод анализа сетей и метод вербального анализа решений «Запрос» // Известия Волгоградского государственного технического университета, 2006. – № 4(21). – С. 60-65. – EDN HUCGDB.
4. Аверченков В.И., Подвесовский А.Г., Брундасов С.М. Математическое моделирование анализа и обоснования решений по выбору оптимальной конфигурации программно-технических средств на основе применения сетевых моделей принятия решений. – Региональная экономика в информационном измерении: модели, оценки, прогнозы: сборник научных трудов. – Отделение общественных наук РАН, Алтайский государственный университет. – Том III. – Москва: Бизнес-Юнитек, 2003. – С. 15-21. – EDN YKNXNB.
5. Тананко И.Е., Фокина Н.П. Метод анализа сетей массового обслуживания с ненадежными приборами и задержкой информации // Вестник Томского государственного университета. – Управление, вычислительная техника и информатика, 2020. – № 52. – С. 90-97. – DOI 10.17223/19988605/52/11. – EDN LUOVWD.
6. Наркевич М.Ю. Развитие методологии создания системы менеджмента качества металлургического предприятия, эксплуатирующего опасные производственные объекты, на основе прикладной цифровой платформы: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук; Наркевич Михаил Юрьевич. – Магнитогорск, 2023. – 332 с. – EDN DCFSXK.
7. Наркевич М.Ю., Логунова О.С. Гармонизация базовых и цифровых показателей принадлежности опасных производственных объектов заданному техническому состоянию // Вестник Череповецкого государственного университета, 2023. – № 3(114). – С. 31-46. – DOI 10.23859/1994-0637-2023-3-114-3. – EDN EUCCMC.
8. Наркевич М.Ю., Логунова О.С. Результаты применения метода гармонизации экспертных оценок на примере управления качеством функционирования промышленного здания // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2023. – № 5(116). – С. 52-66. – DOI 10.23859/1994-0637-2023-5-116-4. – EDN ABUPQG.
9. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
10. Шапиро Л., Стокман Дж. Компьютерное зрение. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
11. Гедерт В. Фасеты и типизированные отношения как инструменты для процессов рассуждения в информационном поиске // Международный форум по информации, 2014. – Т. 39. – № 4. – С. 2-28. – EDN TAXYOT.
12. Рыженко А.А. Фасетно-иерархическая модель как альтернатива существующим моделям систем поддержки управления // Управление информационными ресурсами: материалы XIX Международной научно-практической конференции, Минск, 22 марта 2023 года. – Минск: Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2023. – С. 37-38. – EDN OGMEEC.
13. Корниенко В.Д. и др. Метод классификации изображений элементов опасных производственных объектов / В.Д. Корниенко, А.Ю. Филиппов, М.Ю. Наркевич, О.С. Логунова // Электротехнические системы и комплексы, 2024. – № 3(64). – С. 85-92. – DOI 10.18503/2311-8318-2024-3(64)-85-92. – EDN SISVPE.
14. Наркевич М.Ю., Логунова О.С., Аркулис М.Б. Прикладная цифровая платформа для оценки динамики качества опасных производственных объектов на металлургическом предприятии: структура и алгоритмы // Вестник Череповецкого государственного университета, 2022. – № 5(110). – С. 29-48. – DOI 10.23859/1994-0637-2022-5-110-3. – EDN ELUMKD.

15. Корниенко В.Д., Наркевич М.Ю., Логунова О.С. Методика сбора и обработки информации для контроля состояния территории, зданий и сооружений на опасных производственных объектах металлургического предприятия // Электротехнические системы и комплексы, 2022. – № 4(57). – С. 76-87. – DOI 10.18503/2311-8318-2022-4(57)-76-87. – EDN MLSKSS.
16. Логунова О.С., Кочержинская Ю.В., Козлова А.Е. Элементы теоретико-множественного анализа сложных систем. – Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, 2025. – 71 с.
17. Логунова, О.С., Ильина Е.А. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ: курс лекций. – Магнитогорск, 2004. – 173 с. – ISBN 5-89514-449-7. – EDN PVDMKD.
18. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023665365 Российская Федерация. Классификатор изображений, полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов: № 2023664131: заявл. 06.07.2023: опубл. 14.07.2023 / А.Ю. Филиппов, О.С. Логунова, М.Ю. Наркевич, Р.М. Забитов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – EDN KZLILC.

Корниенко Владимир Дмитриевич

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,

г. Магнитогорск

Аспирант кафедры вычислительной техники и программирования института энергетики и автоматизированных систем

Тел.: 8 906 850 63 02

E-mail: volodya.Kornienko2319@yandex.ru

Наркевич Михаил Юрьевич

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,

г. Магнитогорск

Доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства

Тел.: 8 912 310 91 27

E-mail: narkevich_mu@mail.ru

Логунова Оксана Сергеевна

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,

г. Магнитогорск

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой вычислительной техники и программирования

Тел.: 8 922 235 55 45

E-mail: logunova66@mail.ru

Логунова Татьяна Валерьевна

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,

Аспирант кафедры вычислительной техники и программирования

Тел.: 7 908 054 81 89

E-mail: t-logunova@mail.ru

V.D. KORNIENKO (*Post-graduate Student*)

M.Yu. NARKEVICH (*Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Industrial and Civil Engineering*)

O.S. LOGUNOVA (*Doctor of Engineering Sciences, Professor,
Head of the Department of Computer Engineering and Programming*)

T.V. LOGUNOVA (*Post-graduate Student*)
Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

IMAGE CLASSIFICATION METHOD
BASED ON RETROSPECTIVE EXPERT INFORMATION

The aim of the study is to develop methods and algorithms for automated processing of graphic information to improve the efficiency of decision-making in automated monitoring systems for the technical condition of hazardous industrial facilities. The object of the study is a decision-making system for automated monitoring of the technical condition of hazardous industrial facilities, the subject of the study is algorithmic support for image classification based on retrospective expert information on the state of hazardous industrial facilities.

Data was collected from 2021 to 2023 at one of the leading industrial enterprises of ferrous metallurgy in Russia. The following methods were used in the work: decomposition, analysis, synthesis, mathematical description, computational experiment, image processing. The result of the study is a methodology for classifying images of hazardous industrial facilities based on retrospective expert information (database of object images), aimed at improving the efficiency of decision-making in automated monitoring systems for the technical condition of hazardous industrial facilities. The methodology is based on a vector classification feature and its convolution in the form of a sum of coordinates, which reduces the number of checks when determining the image class. A demonstration example of the performance of the constructed methodology is presented.

Keywords: *automated systems; quality monitoring; hazardous production facilities; vector classification feature; faceted classification; decision making; image identification technique.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Efanov N.A. Sravnitel'nyj analiz sushhestvujushhij podhodov k prinjatiju upravlencheskih reshenij v uslovijah neopredelennosti i sistem podderzhki prinjatija reshenij. – Jekonomika i upravlenie: problemy, reshenija, 2020. – T. 3. – № 2. – S. 129-137. – EDN TOCLPE.
2. Varshavskij P.R., Ereemeev A.P. Metody pravdopodobnyh rassuzhdenij na osnove analogij i precedentov dlja intellektual'nyh sistem podderzhki prinjatija reshenij. – Novosti iskusstvennogo intellekta, 2006. – № 3. – S. 39-62. – EDN AJCDQP.
3. Olejnikov D.P., Butenko L.N., Olejnikov S.P. Sravnitel'nyj analiz podhodov k prinjatiju reshenij – metod analiza setej i metod verbal'nogo analiza reshenij «Zapros» // Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, 2006. – № 4(21). – S. 60-65. – EDN HUCGDB.
4. Averchenkov V.I., Podvesovskij A.G., Brundasov S.M. Matematicheskoe modelirovanie analiza i obosnovanija reshenij po vyboru optimal'noj konfiguracii programmno-tehničeskijh sredstv na osnove primenenija setevykh modelej prinjatija reshenij. – Regional'naja jekonomika v informacionnom izmerenii: modeli, ocenki, prognozy: sbornik nauchnyh trudov. – Otdelenie obshhestvennyh nauk RAN, Altajskij gosudarstvennyj universitet. – Tom III. – Moskva: Biznes-Junitel, 2003. – S. 15-21. – EDN YKNXNB.
5. Tananko I.E., Fokina N.P. Metod analiza setej massovogo obsluzhivaniya s nenadezhnymi priborami i zaderzhkoj informacii // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. – Upravlenie, vychislitel'naja tehnika i informatika, 2020. – № 52. – S. 90-97. – DOI 10.17223/19988605/52/11. – EDN LUOVWD.
6. Narkevich M.Ju. Razvitie metodologii sozdaniya sistemy menedzhmenta kachestva metallurgičeskogo predpriyatija, jekspluatirujushhego opasnye proizvodstvennye ob#ekty, na osnove prikladnoj cifrovoj platformy: dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehničeskijh nauk; Narkevich Mihail Jur'evich. – Magnitogorsk, 2023. – 332 s. – EDN DCFSXX.
7. Narkevich M.Ju., Logunova O.S. Garmonizacija bazovyh i cifrovijh pokazatelej prinadlezhnosti opasnyh proizvodstvennyh ob#ektov zadannomu tehničeskomu sostojaniju // Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta, 2023. – № 3(114). – S. 31-46. – DOI 10.23859/1994-0637-2023-3-114-3. – EDN EUCCMC.
8. Narkevich M.Ju., Logunova O.S. Rezul'taty primenenija metoda garmonizacii jekspertnyh ocenok na primere upravlenija kachestvom funkcionirovanija promyshlennogo zdaniya // Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta. – 2023. – № 5(116). – S. 52-66. – DOI 10.23859/1994-0637-2023-5-116-4. – EDN ABUPQG.
9. Gonsales R., Vuds R. Cifrovaja obrabotka izobrazhenij. – M.: Tehnosfera, 2005. – 1072 s.
10. Shapiro L., Stokman Dzh. Komp'juternoe zrenie. – M.: BINOM. Laboratorija znaniy, 2006. – 752 s.
11. Gedert V. Fasety i tipizirovannye otnoshenija kak instrumenty dlja processov rassuzhdenija v informacionnom poiske // Mezhdunarodnyj forum po informacii, 2014. – T. 39. – № 4. – S. 2-28. – EDN TAXYOT.
12. Ryzhenko A.A. Fasetno-ierarhičeskaja model' kak al'ternativa sushhestvujushhim modeljam sistem podderzhki upravlenija // Upravlenie informacionnymi resursami: materialy XIX Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii, Minsk, 22 marta 2023 goda. – Minsk: Akademiya upravlenija pri Prezidente Respubliki Belarus', 2023. – S. 37-38. – EDN OGMEEC.

13. Kornienko V.D. i dr. Metod klassifikacii izobrazhenij jelementov opasnyh proizvodstvennyh ob#ektov / V.D. Kornienko, A.Ju. Filippov, M.Ju. Narkevich, O.S. Logunova // Jeletrotehnicheskie sistemy i komplekсы, 2024. – № 3(64). – S. 85-92. – DOI 10.18503/2311-8318-2024-3(64)-85-92. – EDN SISVPE.
14. Narkevich M.Ju., Logunova O.S., Arkulis M.B. Prikladnaja cifrovaja platforma dlja ocenki dinamiki kachestva opasnyh proizvodstvennyh ob#ektov na metallurgicheskom predpriyatii: struktura i algoritmy // Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta, 2022. – № 5(110). – S. 29-48. – DOI 10.23859/1994-0637-2022-5-110-3. – EDN ELUMKD.
15. Kornienko V.D., Narkevich M.Ju., Logunova O.S. Metodika sbora i obrabotki informacii dlja kontrolja sostojanija territorii, zdaniy i sooruzhenij na opasnyh proizvodstvennyh ob#ektah metallurgicheskogo predpriyatija // Jeletrotehnicheskie sistemy i komplekсы, 2022. – № 4(57). – S. 76-87. – DOI 10.18503/2311-8318-2022-4(57)-76-87. – EDN MLSKSS.
16. Logunova O.S., Kocherzhinskaja Ju.V., Kozlova A.E. Jelementy teoretiko-mnozhestvennogo analiza slozhnyh sistem. – Magnitogorsk: Magnitogorskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet im. G.I. Nosova, 2025. – 71 s.
17. Logunova, O.S., Il'ina E.A. Obrabotka jeksperimental'nyh dannyh na JeVM: kurs lekcij. – Magnitogorsk, 2004. – 173 s. – ISBN 5-89514-449-7. – EDN PVD MKD.
18. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2023665365 Rossijskaja Federacija. Klassifikator izobrazhenij, poluchennyh s pomoshh'ju bespilotnyh letatel'nyh apparatov: № 2023664131: zajavl. 06.07.2023; opubl. 14.07.2023 / A.Ju. Filippov, O.S. Logunova, M.Ju. Narkevich, R.M. Zabitov; zajavitel' Federal'noe gosudarstvennoe bjudzhetnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovanija «Magnitogorskij gosudarstvennyj tehničeskij universitet im. G.I. Nosova». – EDN KZLILC.

*МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ*

УДК 621.396.96

В.В. АЛЕКСАНДРОВ, Е.В. БУРДАНОВА, А.Н. ЗАЛИВИН, Ю.Д. КОЛЕСНИКОВ

**ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОБНАРУЖЕНИЮ МАЛОРАЗМЕРНЫХ
ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ
НА ОСНОВЕ МИКРО-ДОПЛЕРОВСКИХ СИГНАТУР**

В статье представлен новый подход к обнаружению малоразмерных движущихся объектов с использованием микро-доплеровских сигнатур. Предложенный метод базируется на анализе спектрограмм радиолокационных сигналов с применением сверточной нейронной сети. Экспериментальные исследования проведены с использованием малогабаритной доплеровской радиолокационной станции и квадрокоптера. Показана эффективность метода при различных режимах работы радара. Достигнута точность распознавания до 80% при минимальных собственных шумах радиолокационной системы.

***Ключевые слова:** микро-доплеровские сигнатуры; радиолокация; обнаружение объектов; сверточная нейронная сеть; спектрограмма.*

© Александров В.В., Бурданова Е.В., Заливин А.Н., Колесников Ю.Д., 2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hanif A. Micro-Doppler Based Target Recognition With Radars: A Review // IEEE Sensors Journal, 2022.
2. Шестаков Н.В. Исследование радиолокационных отражений от БПЛА с малой ЭПР. – Радиотехника, 2022.
3. Cai Y. Simulation of Radar Micro-Doppler Patterns for Multi-Propeller Drones. – International Radar Conference, 2019.
4. Ioffe S., Szegedy C. Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift // PMLR, 2015. – JMLR.

5. Rahman S., Robertson D.A. Multiple drone classification using millimeter-wave CW radar micro-Doppler data // Proc. SPIE, 2020.

Александров Виталий Витальевич

АНО ВО «Белгородский университет кооперации, экономики и права» г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент кафедры информационной безопасности
Тел.: 8 920 206 04 25
E-mail: aleksandrov_vitaliy@mail.ru

Бурданова Екатерина Васильевна

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент кафедры математического и программного обеспечения информационных систем
Тел.: 8 905 673 29 78
E-mail: burdanova@bsu.edu.ru

Заливин Александр Николаевич

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород
Кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий
Тел.: 8 905 673 29 78
E-mail: zalivin@bsuedu.ru

Колесников Юрий Дмитриевич

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
г. Белгород
Аспирант кафедры информационно-телекоммуникационных систем и технологий
Тел.: 8 980 528 74 97
E-mail: 1146325@bsuedu.ru

*V.V. ALEKSANDROV (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor
of the Department of Information Security)
Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, Belgorod*

*E.V. BURDANOVA (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematical
and Software Support of Information Systems)*

*A.N. ZALIVIN (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Information and
Telecommunication Systems and Technologies)*

*Yu.D. KOLESNIKOV (Post-graduate Student)
Belgorod State National Research University, Belgorod*

**ON AN APPROACH TO DETECTION OF
SMALL-SIZED MOVING OBJECTS BASED ON MICRO-DOPPLER SIGNATURES**

The article presents a new approach to detecting small-sized moving objects using micro-Doppler signatures. The proposed method is based on the analysis of radar signal spectrograms using a convolutional neural network. Experimental studies were conducted using a compact Doppler radar station and a quadcopter. The method's effectiveness is demonstrated under various radar operating modes. Recognition accuracy of up to 80% was achieved with minimal radar system self-noise.

Keywords: *micro-Doppler signatures; radar; object detection; convolutional neural network; spectrogram.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Hanif A. Micro-Doppler Based Target Recognition With Radars: A Review // IEEE Sensors Journal, 2022.
2. Shestakov N.V. Issledovanie radiolokacionnyh otrazhenij ot BPLA s maloj JePR. – Radiotekhnika, 2022.

3. Cai Y. Simulation of Radar Micro-Doppler Patterns for Multi-Propeller Drones. – International Radar Conference, 2019.
4. Ioffe S., Szegedy C. Batch normalization: Accelerating deep network training by reducing internal covariate shift // PMLR, 2015. – JMLR.
5. Rahman S., Robertson D.A. Multiple drone classification using millimeter-wave CW radar micro-Doppler data // Proc. SPIE, 2020.

УДК 004.023

Д.П. АРХИПОВ, Д.А. СКОРОБОГАТЧЕНКО

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ВОДИТЕЛЕЙ СПЕЦТЕХНИКИ

Современные требования к подготовке водителей специализированной техники не соответствуют возможностям традиционных методов обучения, которые сопровождаются высокими рисками, финансовыми затратами и ограниченными возможностями моделирования критических ситуаций. Для решения этой проблемы предлагается разработка виртуального тренажера, использующего технологии виртуальной реальности (VR), платформу Unity, симуляционное ПО SUMO и технологию OpenStreetMap, позволяющие водителю адаптироваться к конкретным локальным условиям движения. Предложенное решение позволяет безопасно и эффективно обучать водителей, моделируя сложные и экстренные ситуации.

В работе применяются современные методы имитационного моделирования, включая реалистичное воспроизведение транспортных потоков, физических характеристик спецтехники и разнообразных сценариев. Проведенный анализ показал, что внедрение такого тренажера позволяет снизить число ошибок, время обучения и затраты, а также повысить уровень подготовки водителей. Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением функциональности тренажера, включением новых сценариев и интеграцией с системами анализа больших данных для адаптивного обучения.

Ключевые слова: VR-тренажер; симулятор; обучение водителей; SUMO; Unity.

© Архипов Д.П., Скоробогатченко Д.А., 2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверин В.А. и др. Развитие когнитивных навыков с помощью технологий виртуальной реальности / В.А. Аверин, Т.В. Маликова, Д.С. Кириллов, Ф.В. Земских // Вестник Санкт-Петербургского университета. – Психология, 2017. – Том 7. – № 2. – С. 154-168.
2. Корнилов Ю.В., Мукашева М.У., Сарсимбаева С.М. О рисках применения технологий виртуальной реальности в обучении // Педагогика. Психология. Философия, 2022. – № 4(28) [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-riskah-primeneniya-tehnologiy-virtualnoy-realnosti-v-obuchenii>.
3. Petri T., Kovacs Z. Development of virtual reality simulators for industrial applications using Unity engine». – International Journal of Virtual Environments, 2021. – Vol. 15(2). – P. 25-34.
4. Krajzewicz D. and other. Recent development and applications of SUMO – Simulation of Urban MObility / D. Krajzewicz, J. Erdmann, M. Behrisch, L. Bieker // International Journal on Advances in Systems and Measurements, 2012. – Vol. 5(3), – P. 128-138.
5. Макашев Е.В., Серебrenников О.П. Обучение операторов спецтехники с использованием имитационных тренажеров. – Технологии обучения, 2019. – № 2. – С. 60-68.
6. Wang H., Zhang X. Virtual Reality in Driver Training: A Review of Current Applications and Future Trends. – International Journal of Advanced Transportation Systems, 2021. – Vol. 9(3). – P. 85-92.

Архипов Дмитрий Павлович

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград

Студент

Тел.: 8 960 884 35 03

E-mail: dimoxa.999@inbox.ru

Скоробогатченко Дмитрий Анатольевич

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград

Доктор технических наук, доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования и поискового конструирования»

Тел.: 8 927 532 00 30

E-mail: dmitryskor2004@gmail.com

D.P. ARXIPOV (*Student*)

D.A. SKOROBOGATCHENKO (*Doctor of Engineering Sciences,
Associate Professor of the Department of Computer-aided Design and Search Engineering*)
Volgograd State Technical University, Volgograd

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL SIMULATOR FOR DRIVERS OF SPECIAL VEHICLES

Modern requirements for the training of drivers of specialized vehicles do not match the capabilities of traditional training methods, which are accompanied by high risks, financial costs and limited opportunities for modeling critical situations. To solve this problem, it is proposed to develop a virtual simulator using virtual reality (VR) technologies, the Unity platform, SUMO simulation software and OpenStreetMap technology, which allows the driver to adapt to specific local driving conditions. The proposed solution makes it possible to train drivers safely and effectively by simulating complex and emergency situations.

The work uses modern simulation methods, including realistic reproduction of traffic flows, physical characteristics of special equipment and various scenarios. The analysis showed that the introduction of such a simulator can reduce the number of errors, training time and costs, as well as improve the level of driver training. The prospects for further research are related to the expansion of the simulator's functionality, the inclusion of new scenarios, and integration with big data analysis systems for adaptive learning.

Keywords: VR simulator; simulator; driver training; SUMO; Unity.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Averin V.A. i dr. Razvitie kognitivnyh navykov s pomoshh'ju tehnologij virtual'noj real'nosti / V.A. Averin, T.V. Malikova, D.S. Kirillov, F.V. Zemskih // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. – Psihologija, 2017. – Tom 7. – № 2. – S. 154-168.
2. Kornilov Ju.V., Mukasheva M.U., Sarsimbaeva S.M. O riskah primeneniya tehnologij virtual'noj real'nosti v obuchenii // Pedagogika. Psihologija. Filosofija, 2022. – № 4(28) [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-riskah-primeneniya-tehnologiy-virtualnoy-real'nosti-v-obuchenii>.
3. Petri T., Kovacs Z. Development of virtual reality simulators for industrial applications using Unity engine». – International Journal of Virtual Environments, 2021. – Vol. 15(2). – P. 25-34.
4. Krajzewicz D. and other. Recent development and applications of SUMO – Simulation of Urban MObility / D. Krajzewicz, J. Erdmann, M. Behrisch, L. Bieker // International Journal on Advances in Systems and Measurements, 2012. – Vol. 5(3), – P. 128-138.
5. Makashev E.V., Serebrennikov O.P. Obuchenie operatorov spectehniki s ispol'zovaniem imitacionnyh trenazherov. – Tehnologii obuchenija, 2019. – № 2. – S. 60-68.
6. Wang H., Zhang X. Virtual Reality in Driver Training: A Review of Current Applications and Future Trends. – International Journal of Advanced Transportation Systems, 2021. – Vol. 9(3). – P. 85-92.

**МІСО8-СНІР: ЛЕГКАЯ ВИРТУАЛЬНАЯ МАШИНА НА ЧІПЕ-8
ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНЫХ СИСТЕМ**

В этой исследовательской работе рассматривается проектирование облегченной виртуальной машины под названием Мисо8-Снір для современных микроконтроллерных систем с ограниченными ресурсами, вдохновленное исторической архитектурой СНІР-8. Адаптируя простоту принципов проектирования СНІР-8 к современным встраиваемым приложениям, эта работа направлена на предоставление эффективного уровня абстракции, который упрощает разработку, сохраняя при этом производительность. Подход решает такие проблемы, как сложность управления параллельными задачами и трудности в достижении переносимости между различными архитектурами микроконтроллеров. Виртуальная машина Мисо8-Снір разработана для баланса переносимости и эффективности.

Ключевые слова: виртуальная машина; встраиваемые системы; микроконтроллер; параллелизм.

© Дашдамирли Н.Ф., 2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ito M., Oikawa, S. Mesovirtualization: lightweight virtualization technique for embedded systems // IFIP International Workshop on Software Technologies for Embedded and Ubiquitous Systems. – Springer, 2007. – P. 496-505. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-75664-4_52.
2. Priyadarshini S.B.B. and other. MyCHIP-8 emulator: An innovative software testing strategy for playing online games in many platforms / S.B.B. Priyadarshini, A. Mahapatra, S.N. Mohanty, A. Nayak, J.P. Jena, S.K.S. Samanta // Optimization of Automated Software Testing Using Meta-Heuristic Techniques. – Springer, 2022. – P. 133-154. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-07297-0_9.
3. Cruz N. and other. Applications of chip-8, a virtual machine from the late seventies, in current degrees in computer engineering / N. Cruz, M. Ruiz-Ferrández, J.L. Redondo, J. Álvarez, P. Ortigosa // EDULEARN19 Proceedings. – IATED, 2019. – P. 1720-1729. – DOI: <https://doi.org/10.21125/edulearn.2019.0501>.
4. Achenjang N., DeMichele P., Rogers S. Playing CHIP-8 Games with Reinforcement Learning [Electronic resource]. – URL: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:43955706> (accessed: 08.04.2025).
5. Dube D., Feeley M. Bit: A very compact scheme system for microcontrollers // Higher-order and symbolic computation, 2005. – Vol. 18. – P. 271-298. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s10990-005-4877-4>.
6. Feeley M., Dube D. PICBIT: A Scheme system for the PIC microcontroller // Proceedings of the Fourth Workshop on Scheme and Functional Programming, 2003. – P. 7-15.
7. Brouwers N., Corke P., Langendoen K. Darjeeling, a Java compatible virtual machine for microcontrollers // Proceedings of the ACM/IFIP/USENIX Middleware'08 Conference Companion, 2008. – P. 18-23. – DOI: <https://doi.org/10.1145/1462735.1462740>.
8. Aslam F. Challenges and solutions in the design of a java virtual machine for resource constrained microcontrollers: dis. ... 2011.
9. Varoumas S., Vaugon B., Chailloux E. A generic virtual machine approach for programming microcontrollers: the OMicroB project // 9th European Congress on Embedded Real Time Software and Systems (ERTS 2018), 2018.
10. Gurdeep Singh R., Scholliers C. WARDuino: a dynamic WebAssembly virtual machine for programming microcontrollers // Proceedings of the 16th ACM SIGPLAN International Conference on Managed Programming Languages and Runtimes, 2019. – P. 27-36. – DOI: <https://doi.org/10.1145/3357390.3361029>.

11. Lewis R. CHIP-8 virtual machine in LabVIEW: A template for development best practice, code modification and style review [Electronic resource]. – URL: <https://forums.ni.com/t5/Real-World-Applications/CHIP-8-Virtual-Machine-in-LabVIEW-A-Template-for-Development/ta-p/3902548> (accessed: 08.04.2025).
12. Dashdamirli N. Hybrid scheduling approach for concurrent task execution on microcontroller-based systems // Romanian Journal of Information Technology and Automatic Control, 2025. – Vol. 35. – № 1. – P. 79-90. – DOI: <https://doi.org/10.33436/v35i1y202506>.

Дашдамирли Нуру Фуад

Азербайджанский Технический Университет. г. Баку

Докторант

E-mail: nurudashdamirli@gmail.com

N.F. DASHDAMIRLI (Doctoral Student)
Azerbaijan Technical University, Baku

MICO8-CHIP: A LIGHTWEIGHT VIRTUAL MACHINE INSPIRED BY CHIP-8 FOR MICROCONTROLLER SYSTEMS

This research paper explores the design of a lightweight virtual machine called Mico8-Chip for modern microcontroller systems with limited resources, inspired by the historical CHIP-8 architecture. By adapting the simplicity of CHIP-8's design principles to modern embedded applications, this work aims to provide an efficient abstraction layer that simplifies development while maintaining performance. The approach addresses challenges such as the complexities of managing concurrent tasks and the difficulties in achieving portability across diverse microcontroller architectures. The Mico8-Chip virtual machine is designed to balance portability and efficiency.

Keywords: virtual machine; embedded systems; microcontroller; concurrency.

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Ito M., Oikawa, S. Mesovirtualization: lightweight virtualization technique for embedded systems // IFIP International Workshop on Software Technologies for Embedded and Ubiquitous Systems. – Springer, 2007. – P. 496-505. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-75664-4_52.
2. Priyadarshini S.B.B. and other. MyCHIP-8 emulator: An innovative software testing strategy for playing online games in many platforms / S.B.B. Priyadarshini, A. Mahapatra, S.N. Mohanty, A. Nayak, J.P. Jena, S.K.S. Samanta // Optimization of Automated Software Testing Using Meta-Heuristic Techniques. – Springer, 2022. – P. 133-154. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-07297-0_9.
3. Cruz N. and other. Applications of chip-8, a virtual machine from the late seventies, in current degrees in computer engineering / N. Cruz, M. Ruiz-Ferrández, J.L. Redondo, J. Álvarez, P. Ortigosa // EDULEARN19 Proceedings. – IATED, 2019. – P. 1720-1729. – DOI: <https://doi.org/10.21125/edulearn.2019.0501>.
4. Achenjang N., DeMichele P., Rogers S. Playing CHIP-8 Games with Reinforcement Learning [Electronic resource]. – URL: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:43955706> (accessed: 08.04.2025).
5. Dube D., Feeley M. Bit: A very compact scheme system for microcontrollers // Higher-order and symbolic computation, 2005. – Vol. 18. – P. 271-298. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s10990-005-4877-4>.
6. Feeley M., Dube D. PICBIT: A Scheme system for the PIC microcontroller // Proceedings of the Fourth Workshop on Scheme and Functional Programming, 2003. – P. 7-15.
7. Brouwers N., Corke P., Langendoen K. Darjeeling, a Java compatible virtual machine for microcontrollers // Proceedings of the ACM/IFIP/USENIX Middleware'08 Conference Companion, 2008. – P. 18-23. – DOI: <https://doi.org/10.1145/1462735.1462740>.
8. Aslam F. Challenges and solutions in the design of a java virtual machine for resource constrained microcontrollers: dis. ... 2011.
9. Varoumas S., Vaugon B., Chailloux E. A generic virtual machine approach for programming microcontrollers: the OMicroB project // 9th European Congress on Embedded Real Time Software and Systems (ERTS 2018), 2018.
10. Gurdeep Singh R., Scholliers C. WARDuino: a dynamic WebAssembly virtual machine for programming microcontrollers // Proceedings of the 16th ACM SIGPLAN International Conference on Managed Programming Languages and Runtimes, 2019. – P. 27-36. – DOI: <https://doi.org/10.1145/3357390.3361029>.

11. Lewis R. CHIP-8 virtual machine in LabVIEW: A template for development best practice, code modification and style review [Electronic resource]. – URL: <https://forums.ni.com/t5/Real-World-Applications/CHIP-8-Virtual-Machine-in-LabVIEW-A-Template-for-Development/ta-p/3902548> (accessed: 08.04.2025).
12. Dashdamirli N. Hybrid scheduling approach for concurrent task execution on microcontroller-based systems // Romanian Journal of Information Technology and Automatic Control, 2025. – Vol. 35. – № 1. – P. 79-90. – DOI: <https://doi.org/10.33436/v35i1y202506>.

УДК 004.021

Д.В. КОРНИЕНКО, А.В. НИКУЛИН, Д.В. РЫЖЕНКОВ, А.А. СТЫЧУК, А.А. ФЕДОТОВА

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В статье рассматривается задача проектирования архитектуры программного обеспечения как проблема поиска и выбора оптимального решения в условиях заданных ограничений из множества возможных вариантов. Проведен анализ существующих методов оценки архитектуры, используемых для принятия проектных решений, и выявлены их ключевые недостатки. В качестве решения авторами предложен комплексный подход, объединяющий математические и автоматизированные методы проектирования, включая обработку естественного языка (NLP) для формализации требований, генетические алгоритмы для автоматического генерирования и оптимизации архитектурных конфигураций. Обсуждаются преимущества предлагаемого подхода, такие как снижение субъективности, расширение пространства поиска решений и повышение скорости проектирования в сравнении с традиционными экспертными методами.

Ключевые слова: проектирование; архитектура; программное обеспечение; оптимизация; генетические алгоритмы; микросервисы.

© Корниенко Д.В., Никулин А.В., Рыженков Д.В., Стычук А.А., Федотова А.А., 2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сейдаметов С.В., Сейдаметова С., Кадырова Э.А. Миграция от монолитов к микросервисам и их интеграция в облачные системы // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета, 2024. – № 2(84). – С. 204-209.
2. Кожанов П.С., Готская И.Б. Сравнительный анализ подходов к организации клиент-серверного взаимодействия в современных веб-приложениях, на примере REST API и GraphQL. – Современные наукоемкие технологии, 2024. – № 5-2. – С. 284-293. – DOI 10.17513/snt.40041.
3. Козлова А.В., Попцов П.В. Формирование критериев выбора наиболее подходящего способа интеграции информационных систем предприятия // Вестник МГТУ «Станкин», 2024. – № 2(69). – С. 141-149.
4. Patidar A., Suman U. A Survey on Software Architecture Evaluation Methods // ResearchGate, 2015 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/281446807_A_Survey_on_Software_Architecture_Evaluation_Methods (дата обращения: 01.04.2024).
5. Струбагин П.В., Фатьянова А.А. Управление качеством программного обеспечения // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета, 2019. – № 2(76). – С. 108-101.
6. Maheshwari P., Teoh A. Supporting ATAM with a collaborative Web-based software architecture evaluation tool // Science of Computer Programming, 2005. – Vol. 57. – Issue 1. – P. 109-128. – ISSN 0167-6423. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scico.2004.10.008> [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167642304001947> (дата обращения: 01.04.2024).

7. Kazman R. and other. SAAM: a method for analyzing the properties of software architectures / R. Kazman, L. Bass, G. Abowd, M. Webb // Proceedings – International Conference on Software Engineering, 1994. – DOI:10.1109/ICSE.1994.296768. Conference: Software Engineering, ICSE-16. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/3560794_SAAM_a_method_for_analyzing_the_properties_of_softwarearchitectures (дата обращения: 01.04.2024).
8. Lee J., Kang S., Kim C. Software architecture evaluation methods based on cost benefit analysis and quantitative decision-making // Empirical Software Engineering. – August 2009. – Vol. 14. – Issue 4. – P. 453-475. – DOI:10.1007/s10664-008-9094-4 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/220277943_Software_architecture_evaluation_methods_based_on_cost_benefit_analysis_and_quantitative_decision_making (дата обращения: 01.04.2024).
9. Sahlabadi M. and other. Lightweight Software Architecture Evaluation for Industry: A Comprehensive Review / M. Sahlabadi, R. Muniyandi, Z. Shukur, F. Qamar. – February 2022. – DOI:10.3390/s22031252 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/358644343_Lightweight_Software_Architecture_Evaluation_for_Industry_A_Comprehensive_Review (дата обращения: 01.04.2024).
10. Иванова Г.С., Фетисов М.В., Власов К.П. Автоматизация разработки распределенных приложений на базе описания предметной области // Автоматизация. Современные технологии, 2022. – Т. 76. – № 11. – С. 507-516. – DOI 10.36652/0869-4931-2022-76-11-507-516.
11. Корниенко Д.В., Никулин А.В. Визуализация архитектур информационных систем, основанных на микросервисах, с использованием данных OpenTelemetry // Computational Nanotechnology, 2024. – Т. 11. – № 1. – С. 94-103. – DOI 10.33693/2313-223X-2024-11-1-94-103 [Электронный ресурс]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/3560794_SAAM_a_method_for_analyzing_the_properties_of_softwarearchitectures.
12. Шеенок Д.А., Терсков В.А. Многокритериальная оптимизация архитектуры программного обеспечения генетическим алгоритмом // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2014. – № 2(116). – С. 31-38. – DOI 10.14489/vkit.2014.02.pp.031-038.

Корниенко Дмитрий Васильевич

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», г. Елец
Кандидат физико-математических наук; доцент, доцент кафедры математического моделирования, компьютерных технологий и информационной безопасности
E-mail: dmikornienko@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3115-194X>

Никулин Александр Валерьевич

ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина», г. Елец
Аспирант
E-mail: avnikulin.niiaa@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-8426-3629>

Рыженков Денис Викторович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, и.о. зав. кафедрой информационных систем и цифровых технологий
Тел.: 8 (4862) 43-49-56
E-mail: denrvictor@yandex.ru

Стычук Алексей Александрович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел
Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и цифровых технологий
Тел.: 8 (4862) 43-49-56
E-mail: stichuck@yandex.ru

Федотова Анна Андреевна

НОЧУ ВО «Московский финансово-промышленный университет «Синергия», г. Москва
Преподаватель кафедры цифровой экономики
E-mail: anechka.fedotova.93@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0004-0136-5113>

D.V. KORNIENKO (*Candidate of Physical and Mathematical Sciences; Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematical Modeling, Computer Technologies and Information Security*)

A.V. NIKULIN (*Post-graduate Student*)
Yeletsky State University named after I.A. Bunin, Yelets

D.V. RY'ZhENKOV (*Candidate of Engineering Sciences,*
Acting Head of the Department of Information Systems and Digital Technologies)

A.A. STY'ChUK (*Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,*
Associate Professor of the Department of Information Systems and Digital Technologies)
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

A.A. FEDOTOVA (*Lecturer at the Department of Digital Economy*)
Moscow University for Industry and Finance «Synergy», Moscow

METHODS AND ALGORITHMS FOR DESIGNING OPTIMAL SOFTWARE ARCHITECTURE

The article considers the problem of software architecture design as a problem of finding and choosing the optimal solution under given constraints from a variety of possible options. The analysis of the existing methods of architecture assessment used for making design decisions is carried out, and their key disadvantages are identified. As a solution, the author suggests an integrated approach combining mathematical and automated design methods, including natural language processing (NLP) to formalize requirements, and genetic algorithms for automatic generation and optimization of architectural configurations. The advantages of the proposed approach are discussed, such as reducing subjectivity, expanding the search space for solutions and increasing the design speed in comparison with traditional expert methods.

Keywords: *design; architecture; software; optimization; genetic algorithms; microservices.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Sejdametov S.V., Sejdametova S., Kadyrova Je.A. Migracija ot monolitov k mikroservisam i ih integracija v oblachnye sistemy // Uchenye zapiski Krymskogo inzhenerno-pedagogicheskogo universiteta, 2024. – № 2(84). – S. 204-209.
2. Kozhanov P.S., Gotskaja I.B. Sravnitel'nyj analiz podhodov k organizacii klient-servernogo vzaimodejstvija v sovremennyh veb-prilozhenijah, na primere REST API i GraphQL. – Sovremennye naukoemkie tehnologii, 2024. – № 5-2. – S. 284-293. – DOI 10.17513/snt.40041.
3. Kozlova A.V., Popcov P.V. Formirovanie kriteriev vybora naibolee podhodjashhego sposoba integracii informacionnyh sistem predpriyatija // Vestnik MGTU «Stankin», 2024. – № 2(69). – S. 141-149.
4. Patidar A., Suman U. A Survey on Software Architecture Evaluation Methods // ResearchGate, 2015 [Elektronnyj resurs]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/281446807_A_Survey_on_Software_Architecture_Evaluation_Methods (data obrashhenija: 01.04.2024).
5. Strubalin P.V., Fat'janova A.A. Upravlenie kachestvom programmnoho obespechenija // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo social'no-jekonomicheskogo universiteta, 2019. – № 2(76). – S. 108-101.
6. Maheshwari P., Teoh A. Supporting ATAM with a collaborative Web-based software architecture evaluation tool // Science of Computer Programming, 2005. – Vol. 57. – Issue 1. – P. 109-128. – ISSN 0167-6423. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scico.2004.10.008> [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167642304001947> (data obrashhenija: 01.04.2024).
7. Kazman R. and other. SAAM: a method for analyzing the properties of software architectures / R. Kazman, L. Bass, G. Abowd, M. Webb // Proceedings – International Conference on Software Engineering, 1994. – DOI:10.1109/ICSE.1994.296768. Conference: Software Engineering, ICSE-16. [Elektronnyj resurs]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/3560794_SAAM_a_method_for_analyzing_the_properties_of_softwarearchitectures (data obrashhenija: 01.04.2024).
8. Lee J., Kang S., Kim C. Software architecture evaluation methods based on cost benefit analysis and quantitative decision-making // Empirical Software Engineering. – August 2009. – Vol. 14. – Issue 4. – P. 453-475. – DOI:10.1007/s10664-008-9094-4 [Elektronnyj resurs]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/220277943_Software_architecture_evaluation_methods_based_on_cost_benefit_analysis_and_quantitative_decision_making (data obrashhenija: 01.04.2024).

9. Sahlabadi M. and other. Lightweight Software Architecture Evaluation for Industry: A Comprehensive Review / M. Sahlabadi, R. Muniyandi, Z. Shukur, F. Qamar. – February 2022. – DOI:10.3390/s22031252 [Elektronnyj resurs]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/358644343_Lightweight_Software_Architecture_Evaluation_for_Industry_A_Comprehensive_Review (data obrashheniya: 01.04.2024).
10. Ivanova G.S., Fetisov M.V., Vlasov K.P. Avtomatizacija razrabotki raspredelennyh prilozhenij na baze opisanija predmetnoj oblasti // Avtomatizacija. Sovremennye tehnologii, 2022. – T. 76. – № 11. – S. 507-516. – DOI 10.36652/0869-4931-2022-76-11-507-516.
11. Kornienko D.V., Nikulin A.V. Vizualizacija arhitektur informacionnyh sistem, osnovannyh na mikroservisah, s ispol'zovaniem dannyh OpenTelemetry // Computational Nanotechnology, 2024. – T. 11. – № 1. – S. 94-103. – DOI 10.33693/2313-223X-2024-11-1-94-103 [Elektronnyj resurs]. – URL: https://www.researchgate.net/publication/3560794_SAAM_a_method_for_analyzing_the_properties_of_softwarearchitectures.
12. Sheenok D.A., Terskov V.A. Mnogokriterial'naja optimizacija arhitektury programmogo obespechenija geneticheskim algoritmom // Vestnik komp'juternyh i informacionnyh tehnologij, 2014. – № 2(116). – S. 31-38. – DOI 10.14489/vkit.2014.02.pp.031-038.

УДК 004.021

А.А. НОВИКОВА, А.Ю. УЖАРИНСКИЙ

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ИНТЕРАКТИВНОЙ КАРТЫ-НАВИГАТОРА ПО КОРПУСАМ ОГУ ИМЕНИ И.С. ТУРГЕНЕВА

В статье рассматриваются вопросы построения интерактивной карты-навигатора по учебным корпусам ВУЗа. Представлены функциональные требования к карте-навигатору. Описана его структура и представлена модель данных для хранения информации. Приведен алгоритм навигации по карте на основе поиска пути в связном графе.

Ключевые слова: интерактивная карта-навигатор; модель данных; функциональные требования; поиск пути.

©Новикова А.А., Ужаринский А.Ю., 2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шлыков А.А., Абрамова О.Ф. Исследование проблемы навигации внутри современных зданий со сложной архитектурой. – Современная техника и технологии, 2014. – № 2 [Электронный ресурс]. – URL: <https://technology.snauka.ru/2014/02/3085> (дата обращения: 17.01.2025).
2. Интерактивная карта кампусов РТУ МИРЭА [Электронный ресурс]. – URL: <https://map.mirea.ru/> (дата обращения: 08.07.2024).
3. Навигатор по комплексам Покровка и Шаболовка (веб-версия). – Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» [Электронный ресурс]. – URL: <https://navigation.hse.ru/?campus=pokrovka> (дата обращения: 08.07.2024).
4. SmartMap – электронная навигация для университета. – Трибуна на vc.ru [Электронный ресурс]. – URL: <https://vc.ru/tribuna/340298-smartmap-elektronnaya-navigaciya-dlya-universiteta> (дата обращения: 08.07.2024).
5. Амеличев Г.Э., Панина В.С. Сравнительный анализ алгоритмов поиска пути в помещении. – E-Scio, 2022. – № 6(69) [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-algoritmov-poiska-puti-v-pomeschenii> (дата обращения: 19.03.2025).
6. Андриенко Ю.А., Донецкий С.Ю. Разработка алгоритма построения оптимального пути на основе плана помещения для измерительного робота. – International Journal of Open Information Technologies, 2023. – № 8 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-algoritma-postroeniya-optimalnogo-puti-na-osnove-plana-pomescheniya-dlya-izmeritelnogo-robota> (дата обращения: 19.03.2025).

Новикова Ангелина Александровна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел

Студент

E-mail: angelina.nowikowa203@gmail.com

Ужаринский Антон Юрьевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем и цифровых технологий

Тел.: 8 910 264 56 76

E-mail: udjal89@mail.ru

A.A. NOVIKOVA (*Student*)

A.Yu. UZHARINSKIY (*Candidate of Engineering Sciences,
Associate Professor of the Department of Information Systems and Digital Technologies*)
Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel

APPROACHES TO CONSTRUCTING AN INTERACTIVE NAVIGATOR MAP FOR THE BUILDINGS OF OSU NAMED AFTER I.S. TURGENEV

The article examines the issues of building an interactive navigation map for university campus buildings. The functional requirements for the navigation map are presented. Its structure is described, and a data model for storing information is introduced. An algorithm for navigation on a map based on finding a path in a connected graph is presented.

Keywords: *interactive navigation map; data model; functional requirements; path find.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Shlykov A.A., Abramova O.F. Issledovanie problemy navigacii vnutri sovremennyh zdaniy so slozhnoj arhitekturoj. – *Sovremennaja tehnik i tehnologii*, 2014. – № 2 [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://technology.snauka.ru/2014/02/3085> (data obrashhenija: 17.01.2025).
2. Interaktivnaja karta kampusov RTU MIRJeA [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://map.mirea.ru/> (data obrashhenija: 08.07.2024).
3. Navigator po kompleksam Pokrovka i Shabolovka (vob-versija). – Nacional'nyj issledovatel'skij universitet «Vysshaja shkola jekonomiki» [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://navigation.hse.ru/?campus=pokrovka> (data obrashhenija: 08.07.2024).
4. SmartMap – jelektronnaja navigacija dlja universiteta. – Tribuna na vc.ru [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://vc.ru/tribuna/340298-smartmap-elektronnaya-navigaciya-dlja-universiteta> (data obrashhenija: 08.07.2024).
5. Amelichev G.Je., Panina V.S. Sravnitel'nyj analiz algoritmov poiska puti v pomeshhenii. – *E-Scio*, 2022. – № 6(69) [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-algoritmov-poiska-puti-v-pomeschenii> (data obrashhenija: 19.03.2025).
6. Andrienko Ju.A., Doneckij S.Ju. Razrabotka algoritma postroenija optimal'nogo puti na osnove plana pomeshhenija dlja izmeritel'nogo robota. – *International Journal of Open Information Technologies*, 2023. – № 8 [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-algoritma-postroenija-optimalnogo-puti-na-osnove-plana-pomescheniya-dlja-izmeritelnogo-robota> (data obrashhenija: 19.03.2025).

УДК 623.746.519

И.В. ГРИДИН, Д.Ж. ЖАПОВА, А. КОНОВАЛЬЧИКОВ, Е.В. РОГОЖНИКОВ

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ АБОНЕНТА В УСЛОВИЯХ ОТСУТСТВИЯ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Данная статья посвящена сравнению методов поиска потерявшегося человека по сигналу мобильного устройства. В ходе работы были исследованы однопозиционный и многопозиционный методы, соответствующие технологии выполнения поисково-спасательных операций с эксплуатацией беспилотных летательных аппаратов, конкретно – к способу обнаружения потерявшихся людей в лесных массивах или иных территориях, где отсутствует покрытие сотовой сети, что позволит ускорить и упростить процесс поиска.

Ключевые слова: БПЛА; поисково-спасательный пункт; поиск людей; определение местоположения; разностно-дальномерный метод; источник радиоизлучения.

©Гридин И.В., Жапова Д.Ж., Коновальчиков А., Рогожников Е.В., 2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наличие мобильного устройства у населения земли. Сайт «Интерфакс» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.interfax.ru/world/874849>.
2. Воропаев Н.П. Применение беспилотных летательных аппаратов в интересах МЧС России // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России», 2014. – № 4. – С. 13-17.
3. Думин Д.И. и др. Применение установленных на БПЛА систем обнаружения GSM-устройств для поиска пострадавших в результате ЧС / Д.И. Думин, Ч.З. Динь, В.Д. Фам, Р.В. Киричек // Информационные технологии и телекоммуникации, 2018. – Том 6. – № 2. – С. 62-69.
4. Киричек Р.В. Позиционирование элементов сенсорной сети с использованием беспилотных летательных аппаратов // Информационные технологии и телекоммуникации, 2016. – Т. 4. – № 2. – С. 26-32.
5. Вегера Д. В., Жиба Г. В., Писаренко В.П. Оценка распространения GSM сигнала на трассе со сложным рельефом и хвойным лесом // International Journal of Open Information Technologies, 2021. – Т. 9. – № 10. – С. 52-61.
6. Капустин А. Г., Федорович А. С. Метод триангуляции в сотовой сети для навигации малых беспилотных летательных аппаратов, 2023.
7. Ведерников Ю.В. Основы теории структурной оптимизации систем контроля и управления беспилотными летательными аппаратами, 2022.
8. Работа поискового отряда. Сайт «Вокруг света» [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.vokrugsveta.ru/articles/ya-idu-iskat-kak-rabotayut-poiskoviki-dobrovolcy-i-chto-delat-esli-vy-zabludilis-v-lesu-id908870/>.
9. Трифонов П.А., Доан Т.Т., Ахмад Н.Н. Оценка точности местоопределения разностно-дальномерным методом источников сверхширокополосных сигналов при наличии помех, 2023.
10. Лоцилов А. Г. и др. Патент RU2780071C1_20220919, 10.03.2022 / А.Г. Лоцилов, Н.В. Дуплищева, А.В. Коновальчиков, Е.В. Рогожников.
11. Pålsta S. Radio Localization with GSM, 2016.

Гридин Иван Вадимович

ФГАОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»,
г. Томск

Младший научный сотрудник регионального центра компетенций НТИ по направлению «Технологии беспроводной связи и Интернета вещей» (ЦКБСИВ)
Тел.: 8 (3822) 41-33-98
E-mail: vanyagridin2001@bk.ru

Жапова Дарима Жабхалановна

ФГАОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»,
г. Томск

Младший научный сотрудник регионального центра компетенций НТИ по направлению «Технологии беспроводной связи и Интернета вещей» (ЦКБСИВ)
Тел.: 8 (3822) 41-33-98
E-mail: dragondarima2001@mail.ru

Коновальчиков Артем

ФГАОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»,
г. Томск

Ассистент кафедры телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)
Тел.: 8 (3822) 41-33-98
E-mail: artem.konovalchikov@tusur.ru

Рогожников Евгений Васильевич

ФГАОУ ВО «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники»,
г. Томск

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой телекоммуникаций и основ радиотехники (ТОР)
Тел.: 8 (3822) 41-33-98
E-mail: evgenii.v.rogozhnikov@tusur.ru

I.V. GRIDIN (Junior Research Assistant at the Regional Center of Excellence of the National Technology Initiative «Wireless Technologies and Internet of Things» (CE NTI))

D.Zh. ZHAPOVA (Junior Research Assistant at the Regional Center of Excellence of the National Technology Initiative «Wireless Technologies and Internet of Things» (CE NTI))

A. KONOVAL'CHIKOV (Assistant of the Department of Telecommunications and Basic Principles of Radio Engineering)

*E.V. ROGOZHNIKOV (Candidate of Engineering Sciences, Head of the Department of Telecommunications and Basic Principles of Radio Engineering)
Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk*

SPATIAL LOCALIZATION OF A SUBSCRIBER IN THE ABSENCE OF CELLULAR COMMUNICATION

This article is devoted to comparing the methods of searching for a lost person using a mobile device signal. During the work, single-position and multi-position methods were studied. These methods are applied in rescue operations to find a missing persons in forests or other areas where there is no cellular network coverage. Its assumed to combine these methods with unmanned aerial vehicles to speed up and simplify the search process.

Keywords: *drone; search and rescue center; people search; location detection; difference-dalimeter method; source of radio emission.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Nalichie mobil'nogo ustrojstva u naselenija zemli. Sajt «Interfaks» [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.interfax.ru/world/874849>.
2. Voropaev N.P. Primenenie bespilotnyh letatel'nyh apparatov v interesah MChS Rossii // Nauchno-analiticheskij zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby MChS Rossii», 2014. – № 4. – S. 13-17.
3. Dumin D.I. i dr. Primenenie ustanovlennyh na BPLA sistem obnaruzhenija GSM-ustrojstv dlja poiska postradavshih v rezul'tate ChS / D.I. Dumin, Ch.Z. Din', V.D. Fam, R.V. Kirichek // Informacionnye tehnologii i telekommunikacii, 2018. – Tom 6. – № 2. – S. 62-69.

4. Kirichek R.V. Pozicionirovanie jelementov sensornoj seti s ispol'zovaniem bespilotnyh letatel'nyh apparatov // Informacionnye tehnologii i telekommunikacii, 2016. – Т. 4. – № 2. – С. 26-32.
5. Vegera D. V., Zhiba G. V., Pisarenko V.P. Ocenka rasprostraneniya GSM signala na trasse so slozhnym rel'efom i hvoynym lesom // International Journal of Open Information Technologies, 2021. – Т. 9. – № 10. – С. 52-61.
6. Kapustin A. G., Fedorovich A. S. Metod trianguljacii v sotovoj seti dlja navigacii malyh bespilotnyh letatel'nyh apparatov, 2023.
7. Vedernikov Ju.V. Osnovy teorii strukturnoj optimizacii sistem kontrolja i upravlenija bespilotnymi letatel'nyimi apparatami, 2022.
8. Rabota poiskovogo otrjada. Sajt «Vokrug sveta» [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.vokrugsveta.ru/articles/ya-idu-iskat-kak-rabotayut-poiskoviki-dobrovolcy-i-cto-delat-esli-vy-zabludilis-v-lesu-id908870/>.
9. Trifonov P.A., Doan T.T., Ahmad N.N. Ocenka tochnosti mestoopredelenija raznostno-dal'nomernym metodom istochnikov sverhshirokopolosnyh signalov pri nalichii pomeh, 2023.
10. Loshhilov A. G. i dr. Patent RU2780071C1_20220919, 10.03.2022 / A.G. Loshhilov, N.V. Duplishheva, A.V. Konoval'chikov, E.V. Rogozhnikov.
11. Pålsta S. Radio Localization with GSM, 2016.

УДК 001.123

В.С. ИВАНОВСКИЙ, Д.А. ИЗОРИЯ, А.В. МОРОЗОВ, В.О. ШАТИЛОВ

ОПТОВОЛОКОННЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ: ПРЕИМУЩЕСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

В работе рассматриваются оптоволоконные системы передачи информации, сравнение технических характеристик. Так как телекоммуникационные магистрали глобальных широкополосных сетей с каждым годом требуют все большей полосы пропускания, поэтому становится актуальным использование оптоволоконных систем. В современных приложениях необходима передача сигнала в широкой полосе пропускания с меньшей задержкой. Оптические волокна в настоящее время являются предпочтительным средством передачи данных для передачи данных на большие расстояния и с высокой скоростью в телекоммуникационных сетях, поскольку они обеспечивают огромную и беспрецедентную полосу пропускания передачи с небольшой задержкой. Анализируются методы внедрения и эксплуатации современных оптоволоконных систем.

Ключевые слова: оптоволоконные лазеры; оптоволоконные сети; передача данных.

©Ивановский В.С., Изория Д.А., Морозов А.В., Шатилов В.О., 2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chakrabarti P. Optical Fiber Communication. Tata McGraw – Hill Education, 2015. – 606 p.
2. Michael K. Barnoski. Fundamentals of Optical Fiber Communications. – Second Edition. – Academic Press, 2012. – 364 p.
3. Семенов А.Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС. – Изд-во ДМК Пресс. – Компания АйТи, 2014. – 632 с.
4. Высокоскоростное оптическое волокно будущего [Электронный ресурс]. – URL: <http://ichip.ru/vysokoskorostnoe-opticheskoe-voлокно-budushhego.html>.
5. Листвин В.Н., Трещиков В.Н. DWDM-системы. – Второе издание. – Москва: Изд-во Техносфера, 2015. – 296 с.
6. Сравнение технологий TDM и WDM [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.teralink.ru/?do=printt&id=54>.
7. Пропускная способность нового кабеля [Электронный ресурс]. – URL: http://www.nix.ru/computer_hardware_news/hardware_news_viewer.html?id=192706.
8. Жуйкова А.А., Захарова О.И. Экономика и социум. – Преимущества использования оптического волокна в связи. – Издательский центр ИУСЭР, 2016. – Вып. 3. – С. 1446-1448.

9. Самуйлов К.Е., Шалимов И.А., Кулябов Д.С. Сети и системы передачи информации: телекоммуникационные сети: учебник и практикум. – Изд-во Юрайт, 2016. – 364 с.
10. Binh L.N. Noises in Optical Communications and Photonic Systems. – CRC Press, 2016. – 474 p.

Ивановский Владимир Сергеевич

Правительство Орловской области, г. Орел

Доктор технических наук, профессор, 1 вице-губернатор Орловской области

E-mail: era_otd2@mil.ru

Изория Денис Анзорович

Военный инновационный технополис «ЭРА», г. Анапа

Младший научный сотрудник

E-mail: era_otd2@mil.ru

Морозов Андрей Владимирович

Военный инновационный технополис «ЭРА», г. Анапа

Доктор технических наук, профессор, заместитель начальника технополиса по научной и образовательной деятельности

E-mail: era_otd2@mil.ru

Шатилов Вадим Олегович

Военный инновационный технополис «ЭРА», г. Анапа

Старший научный сотрудник

E-mail: era_otd2@mil.ru

V.S. IVANOVSKIY (*Doctor of Engineering Sciences, Professor, 1st Vice-Governor of the Orel Region*
Government of the Orel Region, Orel)

D.A. IZORIYA (*Junior Research Assistant*)

A.V. MOROZOV (*Doctor of Engineering Sciences, Professor,*
Deputy Head of Technopolis for Scientific and Educational Activities)

V.O. ShATILOV (*Senior Researcher*)
Military Innovation Technopolis «ERA», Anapa

**FIBER OPTIC INFORMATION TRANSMISSION SYSTEMS:
ADVANTAGES AND PROSPECTS OF APPLICATION**

This research discusses fiber optic information transmission systems and compares technical characteristics. Since the telecommunication backbones of global broadband networks require more and more bandwidth every year, the use of fiber optic systems becomes relevant. Modern applications require wide bandwidth signal transmission with lower latency. Optical fibers are now the preferred transmission medium for long distance and high-speed data transmission in telecommunication networks as they provide huge and unprecedented transmission bandwidth with low latency. Methods of implementation and operation of modern fiber optic systems are analyzed.

Keywords: *fiber optic lasers; fiber optic networks; data transmission.*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Chakrabarti P. Optical Fiber Communication. Tata McGraw – Hill Education, 2015. – 606 p.
2. Michael K. Barnoski. Fundamentals of Optical Fiber Communications. – Second Edition. – Academic Press, 2012. – 364 p.
3. Semenov A.B. Volokonno-opticheskie podsystemy sovremennyh SKS. – Izd-vo DMK Press. – Kompanija AjTi, 2014. – 632 s.
4. Vysokoskorostnoe opticheskoe volokno budushhego [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://ichip.ru/vysokoskorostnoe-opticheskoe-volokno-budushhego.html>.
5. Listvin V.N., Treshnikov V.N. DWDM-sistemy. – Vtoroe izdanie. – Moskva: Izd-vo Tehnosfera, 2015. – 296 s.

6. Sravnenie tehnologij TDM i WDM [Elektronnyj resurs]. – URL: <http://www.teralink.ru/?do=printt&id=54>.
7. Propusknaja sposobnost' novogo kabelja [Elektronnyj resurs]. – URL: http://www.nix.ru/computer_hardware_news/hardware_news_viewer.html?id=192706.
8. Zhujkova A.A., Zaharova O.I. Jekonomika i socium. – Preimushhestva ispol'zovanija opticheskogo volokna v svjazi. – Izdatel'skij centr IUSJeR, 2016. – Vyp. 3. – S. 1446-1448.
9. Samujlov K.E., Shalimov I.A., Kuljabov D.S. Seti i sistemy peredachi informacii: telekommunikacionnye seti: uchebnik i praktikum. – Izd-vo Jurajt, 2016. – 364 s.
10. Binh L.N. Noises in Optical Communications and Photonic Systems. – CRC Press, 2016. – 474 p.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.056

О.М. ГОЛЕМБИОВСКАЯ, М.Ю. РЫТОВ, Е.Е. ЧИНИЛИН

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛЬНОГО АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИИ ЗНАЧИМОСТИ ОБЪЕКТОВ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Обеспечение информационной безопасности объектов различной направленности становится все более приоритетной задачей. Общемировая обстановка только усиливает важность и необходимость усовершенствования процедур защиты. Если ранее основной целью злоумышленников была финансовая выгода, то за последние несколько лет фокус сместился на нанесение репутационных потерь, что ставит под удар очень многие крупные корпорации и компании. Но в первую очередь под удар попадают объекты критической информационной инфраструктуры (КИИ). В рамках статьи представлены примеры формализованных алгоритмов определения категории значимости объектов КИИ, функционирующих в сферах здравоохранения, науки, транспорта, связи, энергетики, банковской сфере и иных сфера финансового рынка, топливно-энергетического комплекса, атомной энергии, оборонной промышленности, ракетно-космической промышленности, горнодобывающей промышленности, металлургической и химической промышленности.

Ключевые слова: критическая информационная инфраструктура (КИИ); оценка; защищенность; угроза; информационная безопасность; информационная система (ИС).

© Голембиовская О.М., Рытов М.Ю., Чинилин Е.Е., 2025

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годовой отчет ПАО «МТС» [Электронный ресурс]. – URL: <https://ar2020.mts.ru/ru/management-report/our-markets> (дата обращения: 28.07.2024).
2. Брянский автопарк скорых [Электронный ресурс]. – URL: https://bryansk.news/2020/10/16/avtoparkskoryx/?doing_wp_cron=1603682208.2589890956878662109375 (дата обращения: 28.07.2024).
3. Операционный день в «Сбербанк» [Электронный ресурс]. – URL: <https://sberbank-business.com/grafik-obrabotki-platezhey-v-sberbank-biznes> (дата обращения: 28.07.2024).
4. Голембиовский М.М. и др. Формализация процесса оценки защищенности объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ) / М.М. Голембиовский, О.М. Голембиовская, Е.В. Кондрашова, М.Ю. Рытов, О.В. Третьяков, Е.Е. Чинилин // Информационные системы и технологии, 2023. – № 4(138). – С. 92-100.
5. Долженков С.С. Оптимизация системы менеджмента информационной безопасности объектов критической информационной инфраструктуры // В сборнике: Студенческая наука для развития информационного общества // Материалы ХУ Всероссийской научно-технической конференции с приглашением зарубежных ученых. – Ставрополь, 2024. – С. 124-130.

6. Данилин Е.В. и др. Информационная безопасность критической информационной инфраструктуры организаций российской федерации / Е.В. Данилин, В.Е. Ключев, А.П. Теленьга, А.С. Черникова // Информационная безопасность – актуальная проблема современности. Совершенствование образовательных технологий подготовки специалистов в области информационной безопасности, 2019. – № 1(10). – С. 33-38.
7. Бузова А.М. Информационная безопасность на объектах критической информационной инфраструктуры // В сборнике: Сборник работ «Молодежной научно-технической конференции 2023», посвященной 120-летию со дня рождения С.А. Косберга // Сборник научных трудов конференции. – Воронеж, 2024. – С. 156-158.
8. Ельчанинова Н.Б. Защита критической информационной инфраструктуры как новый институт правового обеспечения информационной безопасности. – Информационное общество, 2020. – № 2. – С. 58-65.
9. Шапенская А.М., Голембиовская О.М., Трошин А.С. Безопасность критической информационной инфраструктуры как приоритетное направление деятельности современного информационного общества // В сборнике: Новые горизонты // Сборник материалов и докладов XI научно-практической конференции с международным участием. – Брянск, 2024. – С. 525-529.
10. Колтунова Т.В., Колтунов Н.Л. Правовые аспекты обеспечения информационной безопасности в критической информационной инфраструктуре. – Евразийский юридический журнал, 2022. – № 3(166). – С. 413-416.

Голембиовская Оксана Михайловна

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск

Кандидат технических наук, доцент

Тел.: 8 (4832) 58-83-55

E-mail: Bryansk-tu@yandex.ru

Рытов Михаил Юрьевич

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Тел.: 8 (4832) 51-13-77

E-mail: rmy@tu-bryansk.ru

Чинилин Егор Евгеньевич

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет», г. Брянск

Аспирант

Тел.: 8 900 361 33 44

E-mail: 8stonerose8@gmail.com

O.M. GOLEMBIOVSKAYA (Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor)

M.Yu. RY'TOV (Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department)

*E.E. ChINILIN (Post-graduate Student)
Bryansk State Technical University, Bryansk*

DEVELOPMENT OF A SPECIAL ALGORITHM FOR DETERMINING THE CATEGORY OF SIGNIFICANCE OF OBJECTS OF CRITICAL INFORMATION INFRASTRUCTURE

Ensuring information security of various objects is becoming more and more of a priority task. The global environment only reinforces the importance and the need to improve protection procedures. If earlier the main goal of attackers was financial gain, over the last few years the focus has shifted to inflicting reputational losses. This puts many large corporations and companies at risk, but critical information infrastructure (CII) is the first to be compromised. The article presents examples of formalized algorithms for determining the category of significance of CII objects operating in the areas of: healthcare, science, transport, communications, energy, banking and other areas of the financial market, fuel and energy complex, nuclear energy, defense industry, rocket and space industry, mining, metallurgical and chemical industries.

Keywords: *critical information infrastructure (CII); assessment; security; threat; information security; information system (IS).*

BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Godovoj otchet PAO «MTS» [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://ar2020.mts.ru/ru/management-report/our-markets> (data obrashhenija: 28.07.2024).
2. Brjanskij avtopark skoryh [Elektronnyj resurs]. – URL: https://bryansk.news/2020/10/16/avtoparkskoryx/?doing_wp_cron=1603682208.2589890956878662109375 (data obrashhenija: 28.07.2024).
3. Operacionnyj den' v «Sberbank» [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://sberbank-business.com/grafik-obrabotki-platezhey-v-sberbank-biznes> (data obrashhenija: 28.07.2024).
4. Golembiovskij M.M. i dr. Formalizacija processa ocenki zashhishhennosti ob#ektov kriticheskoy informacionnoj infrastruktury (KII) / M.M. Golembiovskij, O.M. Golembiovskaja, E.V. Kondrashova, M.Ju. Rytov, O.V. Tret'jakov, E.E. Chinilin // Informacionnye sistemy i tehnologii, 2023. – № 4(138). – S. 92-100.
5. Dolzhenkov S.S. Optimizacija sistemy menedzhmenta informacionnoj bezopasnosti ob#ektov kriticheskoy informacionnoj infrastruktury // V sbornike: Studencheskaja nauka dlja razvitiya informacionnogo obshhestva // Materialy HU Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii s priglaseniem zarubezhnyh uchenyh. – Stavropol', 2024. – S. 124-130.
6. Danilin E.V. i dr. Informacionnaja bezopasnost' kriticheskoy informacionnoj infrastruktury organizacij rossijskoj federacii / E.V. Danilin, V.E. Kljuev, A.P. Telen'ga, A.S. Chernikova // Informacionnaja bezopasnost' – aktual'naja problema sovremennosti. Sovershenstvovanie obrazovatel'nyh tehnologij podgotovki specialistov v oblasti informacionnoj bezopasnosti, 2019. – № 1(10). – S. 33-38.
7. Buzova A.M. Informacionnaja bezopasnost' na ob#ektah kriticheskoy informacionnoj infrastruktury // V sbornike: Sbornik rabot «Molodezhnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii 2023», posvjashhennoj 120-letiju so dnja rozhdenija S.A. Kosberga // Sbornik nauchnyh trudov konferencii. – Voronezh, 2024. – S. 156-158.
8. El'chaninova N.B. Zashhita kriticheskoy informacionnoj infrastruktury kak novyj institut pravovogo obespechenija informacionnoj bezopasnosti. – Informacionnoe obshhestvo, 2020. – № 2. – S. 58-65.
9. Shapenskaja A.M., Golembiovskaja O.M., Troshin A.S. Bezopasnost' kriticheskoy informacionnoj infrastruktury kak prioritethoe napravlenie dejatel'nosti sovremennogo informacionnogo obshhestva // V sbornike: Novye gorizonty // Sbornik materialov i dokladov XI nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. – Brjansk, 2024. – S. 525-529.
10. Koltunova T.V., Koltunov N.L. Pravovye aspekty obespechenija informacionnoj bezopasnosti v kriticheskoy informacionnoj infrastrukture. – Evrazijskij juridicheskij zhurnal, 2022. – № 3(166). – S. 413-416.

ТРЕБОВАНИЯ
к оформлению статьи для опубликования в журнале
«Информационные системы и технологии»

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Объем материала, предлагаемого к публикации, измеряется страницами текста на листах **формата А4** и содержит от **4 до 9 страниц**; все страницы рукописи должны иметь сплошную нумерацию.

В одном сборнике может быть опубликована только **одна статья одного автора**, включая соавторство.

Аннотации всех публикуемых материалов, ключевые слова, информация об авторах, списки литературы будут находиться в свободном доступе на сайте соответствующего журнала и на сайте Российской научной электронной библиотеки – РУНЭБ (Российский индекс научного цитирования).

Помимо статьи авторы должны представить заключение о возможности открытого опубликования статьи.

ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Научная статья, предоставляемая в журналы, должна иметь следующие **обязательные** элементы:

- постановка проблемы или задачи в общем виде;
- анализ достижений и публикаций, в которых предлагается решение данной проблемы или задачи, на которые опирается автор, выделение научной новизны;
- исследовательская часть;
- обоснование полученных результатов;
- выводы по данному исследованию и перспективы дальнейшего развития данного направления;
- библиография.

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ НАУЧНОЙ СТАТЬИ

Статья должна быть набрана шрифтом Times New Roman, размер 12 pt с одинарным интервалом, текст выравнивается по ширине; абзацный отступ – 1,25 см, правое поле – 2 см, левое поле – 2 см, поля внизу иверху – 2 см.

Обязательные элементы:

- **УДК**
- **заглавие (на русском и английском языках)**
- **аннотация (на русском и английском языках)**
- **ключевые слова (на русском и английском языках)**
- **список литературы**, на которую автор ссылается в тексте статьи.

ТАБЛИЦЫ, РИСУНКИ, ФОРМУЛЫ

Все таблицы, рисунки и основные формулы, приведенные в тексте статьи, должны быть пронумерованы.

Формулы следует набирать в редакторе формул Microsoft Equation 3.0 с размерами: обычный шрифт – 12 pt, крупный индекс – 10 pt, мелкий индекс – 8 pt. **Формулы, внедренные как изображение, не допускаются!** Русские и греческие буквы, а также обозначения тригонометрических функций набираются прямым шрифтом, латинские буквы – *курсивом*.

Рисунки и другие иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы, фотоснимки) следует располагать непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые. Рисунки, число которых должно быть логически оправданным, представляются в виде отдельных файлов в формате *.eps (Encapsulated PostScript) или TIF размером не менее 300 dpi.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

В конце статьи приводятся набранные 10 pt сведения об авторах в такой последовательности: фамилия, имя, отчество (полужирный шрифт); учреждение или организация, ученая степень, ученое звание, должность, адрес, телефон, электронная почта (обычный шрифт). Сведения об авторах также предоставляются отдельным файлом и обязательно дублируются на английском языке.