



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru

ISSN: 2542-1255



№6(85)

НАУЧНЫЙ ФОРУМ:
ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА

МОСКВА, 2025



НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА

*Сборник статей по материалам LXXXV международной
научно-практической конференции*

№ 6 (85)
Июнь 2025 г.

Издается с ноября 2016 года

Москва
2025

УДК 08
ББК 94
НЗ4

Председатель редколлегии:

Лебедева Надежда Анатольевна – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

Арестова Инесса Юрьевна – канд. биол. наук;

Ахмерова Динара Фирзановна – канд. пед. наук, доцент;

Бектанова Айгуль Карибаевна – канд. полит. наук;

Воробьева Татьяна Алексеевна – канд. филол. наук;

Данилов Олег Сергеевич – канд. техн. наук;

Капустина Александра Николаевна – канд. психол. наук;

Карабекова Джамиля Усенгазиевна – д-р биол. наук;

Комарова Оксана Викторовна – канд. экон. наук;

Лобазова Ольга Федоровна – д-р филос. наук;

Маршалов Олег Викторович – канд. техн. наук;

Мащитько Сергей Михайлович – канд. филос. наук;

Монастырская Елена Александровна – канд. филол. наук, доцент;

Назаров Иван Александрович – канд. филол. наук;

Орехова Татьяна Федоровна – д-р пед. наук;

Попова Ирина Викторовна – д-р социол. наук;

Самойленко Ирина Сергеевна – канд. экон. наук;

Сафонов Максим Анатольевич – д-р биол. наук;

Спасенников Валерий Валентинович – д-р психол. наук.

НЗ4 Научный форум: Инновационная наука: сб. ст. по материалам LXXXV междунар. науч.-практ. конф. – № 6(85). – М.: Изд. «МЦНО», 2025. – 62 с.

ISSN 2542-1255

Статьи, принятые к публикации, размещаются на сайте научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.

ББК 94

ISSN 2542-1255

© «МЦНО», 2025 г.

Оглавление

Статьи на русском языке 5

Науки о земле 5

- АНАЛИЗ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ
ПО GNSS-ДАННЫМ В РАЙОНАХ С ТЕХНОГЕННОЙ
НАГРУЗКОЙ 5

Махмудов Миршоджон Дилшод угли
Фазилова Дилбархон Шамуратовна

Педагогика 9

- ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ 9

Суходуб Диана Михайловна
Бояркова Маргарита Александровна
Чернышева Лариса Георгиевна

Технические науки 14

- АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ХАБЫ
В КАЗАХСТАНЕ: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ 14

Акылтас Нурасыл Маратович
Мұхтаров Біржан Нұржанұлы
Елубай Арман Жаңабайұлы
Беркешева Асель Салимжановна

- ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ
СТРУЖЕЧНОЙ КАНАВКИ ЦЕЛЬНЫХ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ 18

Высокос Сергей Дмитриевич

- ГЕНЕРАТИВНЫЕ НЕЙРОСЕТИ: ОТ ИЗОБРАЖЕНИЯ
ДО МУЗЫКИ 23

Семионова Екатерина Сергеевна
Малов Вадим Андреевич
Стефанова Ирина Алексеевна

- МЕТОДИКА СТАНДАРТИЗАЦИИ ПРОТОКОЛОВ
ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ КРОССПЛАТФОРМЕННОЙ
ИНТЕГРАЦИИ IOT-УСТРОЙСТВ 32

Таксимов Аскар Боранбаевич

Физико-математические науки	45
АНАЛИЗ ПЕРИОДИЧНОСТИ СВОЙСТВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ СТРУКТУРУ И СОСТАВ АТОМНОГО ЯДРА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ	45
Панков Андрей Александрович Бибики Елена Юрьевна	
Articles in English	51
Engineering sciences	51
SELF-SUPERVISED LEARNING FOR LOW-RESOURCE LANGUAGE PROCESSING	51
Mirzabek Sattarov Jakhongir Toshboyev	
Қазақ тіліндегі мақалалар	57
Инженерлік ғылымдар	57
MAAS (MOBILITY AS A SERVICE) ДАМУЫ: КӨЛІК ЖҮЙЕЛЕРІНЕ ИНТЕГРАЦИЯНЫҢ ТҰЖЫРЫМДАМАСЫ, ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ БОЛАШАҒЫ	57
Түлетов Алихан Қайратович Бексұлтан Әмір Жалғасұлы Айдымбеков Талғат Эльясович Бисалиев Ибраһим Жолдасович	

СТАТЬИ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

АНАЛИЗ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО GNSS-ДАНЫМ В РАЙОНАХ С ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ

Махмудов Мириоджон Дилишод угли

*младший научный сотрудник,
Астрономический институт
Академии наук Республики Узбекистан,
Республика Узбекистан, г. Ташкент*

Фазилова Дилбархон Шамурадовна

*научный руководитель,
д-р физ.-мат. наук,
Астрономический институт
Академии наук Республики Узбекистан,
Республика Узбекистан, г. Ташкент*

Глобальная навигационная спутниковая система (GNSS) является одним из эффективных инструментов для высокоточного измерения смещений земной поверхности и анализа современных геодинамических процессов. За последние десятилетия GNSS-методы широко применяются для мониторинга тектонической активности, оценки устойчивости территорий и изучения влияния природных и техногенных факторов на деформации земной коры [1]. Технологии позволяют фиксировать перемещения литосферных блоков и устанавливать их связь с геологическими структурами, разломами и сейсмичностью региона [2].

Особенно актуальны GNSS-наблюдения в районах с высокой техногенной нагрузкой, где добыча ресурсов и инфраструктурное развитие изменяют напряженно-деформационное состояние земной коры. Оседание или поднятие поверхности может быть вызвано как природными

процессами, так и техногенными воздействиями – добычей углеводородов, подземным выщелачиванием, строительством крупных объектов [3–4]. Выявление закономерностей вертикальных смещений и их связи с сейсмичностью важно для оценки георисков и выработки мер по их снижению.

Шуртанское месторождение, расположенное на юге Узбекистана в пределах Амударьинского нефтегазоносного бассейна, характеризуется сложным геологическим строением с активными складчатыми и разломными структурами, влияющими на сейсмическую активность.

Шуртан является одним из крупнейших газодобывающих объектов страны. Амударьинский бассейн охватывает части Узбекистана, Туркменистана, Ирана и Афганистана (рис. 1).

Несмотря на проводимые геодинамические исследования, систематический GNSS-мониторинг в этом районе ранее не осуществлялся. Цель данной работы – использование спутниковых технологий для анализа геодинамической устойчивости региона.

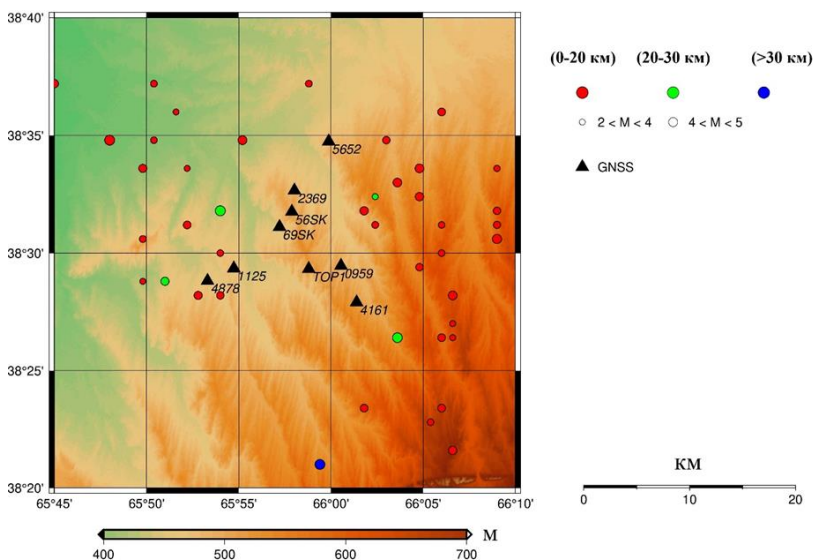


Рисунок 1. GNSS сеть и сейсмичность Шуртанского месторождения

В исследовании использованы данные о сейсмичности, полученные от Республиканского центра сейсмопрогностического мониторинга [5]. Анализ показывает, что основная часть землетрясений сосредоточена в центральной и восточной зонах, преимущественно на глубинах до 20 км, тогда как более глубокие события фиксируются на юге.

Для анализа вертикальных смещений за период 2022–2024 гг. было проведено шесть циклов GNSS-измерений на 9 пунктах с использованием приемников SOUTH G1PLUS в статическом режиме.

Данные с частотой 30 сек и отсечкой 10° обрабатывались в программном комплексе GAMIT/GLOBK в три этапа: вычисление координат с учетом моделей атмосферы и приливов (GPT2, Saastamoinen, FES2004), усреднение, и окончательная оценка координат и скоростей с применением фильтра Калмана и привязкой к ITRF2014 [6].

Анализ вертикальных смещений GNSS-станций в районе исследования выявил значительные пространственные вариации скоростей движения земной поверхности. Величины смещений находятся в диапазоне от -0.5 мм/год до -3.9 мм/год, что указывает на преобладающее опускание территории (Рис.2).

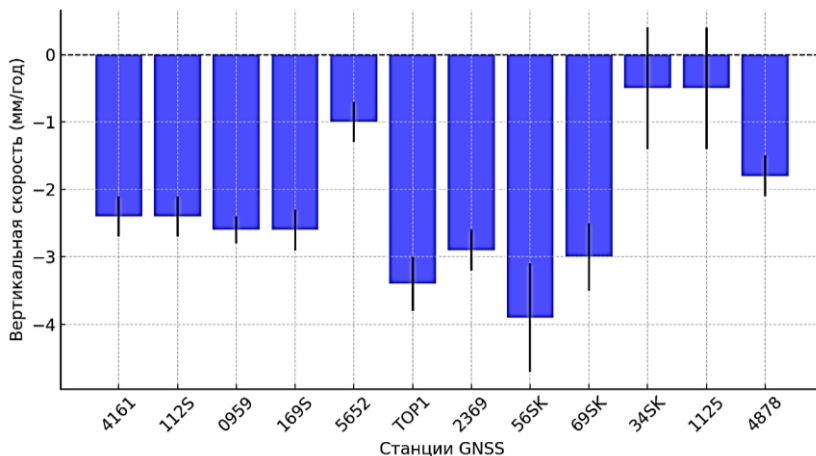


Рисунок 2. Вертикальные скорости GNSS-станций

На периферии исследуемой зоны (станции 34SK, 1125 и 5652) зафиксированы незначительные скорости опускания ($-0.5 \dots -1.0$ мм/год), что свидетельствует о более стабильной обстановке по сравнению

с центральной частью. В районе станций 56SK, TOP1 и 2369 наблюдаются максимальные значения оседания (до -3.9 мм/год), что указывает на повышенную деформацию, вероятно связанную с техногенной нагрузкой и перераспределением напряжений.

Сравнение сейсмических данных показывает концентрацию землетрясений ($M = 2-5$) вблизи зон интенсивного оседания, что может свидетельствовать о связи вертикальных смещений с локальной тектонической активностью. Также оседание может быть связано с уплотнением пород и изменением порового давления в результате эксплуатации месторождения.

Полученные результаты указывают на наличие пространственной неоднородности вертикальных смещений в пределах Шуртанского месторождения.

Зоны с максимальными значениями оседания совпадают с участками повышенной сейсмической активности, что может свидетельствовать о влиянии техногенной нагрузки на геодинамическое состояние региона. Выявленные закономерности подчеркивают важность регулярного GNSS-мониторинга для оценки рисков и раннего выявления потенциально нестабильных участков.

Список литературы:

1. Kreemer C. A geodetic plate motion and Global Strain Rate Model / C. Kreemer, G. Blewitt, E. C. Klein // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. – 2014. – Vol. 15, № 10. – P. 3849–3889.
2. Reilinger R. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions / R. Reilinger [et al.] // *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*. – 2006. – Vol. 111, B5.
3. Zhang S. Ground Subsidence Monitoring in a Mining Area Based on Mountainous Time Function and EnKF Methods Using GPS Data / S. Zhang, J. Zhang // *Remote Sensing*. – 2022. – Vol. 14. – P. 1–24. – DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14246359>.
4. Fazilova D. Analysis of Crustal Movements in the Angren-Almalyk Mining Industrial Area Using GNSS Data / D. Fazilova, M. Makhmudov, K. H. Magdiiev // *International Journal of Geoinformatics*. – 2023. – Vol. 19, № 11. – P. 12–19. – DOI: <https://doi.org/10.52939/ijg.v19i11.2915>.
5. Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга (RCSPM) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.smrn.uz/?lang=ru> (дата обращения: 07.01.2023).
6. Herring T. A. GAMIT reference manual. GPS Analysis at MIT, Release 10.7 / T. A. Herring, R. W. King, M. A. Floyd, S. C. McClusky. – Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 2018.

ПЕДАГОГИКА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Суходуб Диана Михайловна

студент

*кафедры физической культуры и безопасности
жизнедеятельности,
ФГБОУ ВО Армавирский государственный
педагогический университет,
РФ, г. Армавир*

Бояркова Маргарита Александровна

студент

*кафедры физической культуры и безопасности
жизнедеятельности,
ФГБОУ ВО Армавирский государственный
педагогический университет,
РФ, г. Армавир*

Чернышева Лариса Георгиевна

канд. пед. наук,

*доцент кафедры физической культуры
и безопасности жизнедеятельности
ФГБОУ ВО Армавирский государственный
педагогический университет,
РФ, г. Армавир*

USING MODERN TECHNOLOGIES IN TEACHING PHYSICAL EDUCATION

Diana Sukhodub

*Student of the Department of Physical
Education and Life Safety,
Armavir State Pedagogical University,
Russia, Armavir*

Margarita Boyarkova

*Student of the Department
of Physical Education and Life Safety,
Armavir State Pedagogical University,
Russia, Armavir*

Larisa Chernysheva

*Candidate of Pedagogical Sciences,
Associate Professor of the Department
of Physical Education and Life Safety
of the Armavir
State Pedagogical University,
Russia, Armavir*

Аннотация. Целью данной работы является анализ современных технологий, применяемых в преподавании физической культуры, и их влияние на эффективность обучения, мотивацию студентов и развитие их здоровья. В статье рассматриваются основные виды технических средств, такие как мобильные приложения, виртуальная и дополненная реальность, фитнес-трекеры и носимые устройства, а также их роль в создании интерактивной и персонализированной образовательной среды. Анализируются преимущества внедрения инновационных технологий для повышения самостоятельности студентов, контроля за результатами и повышения интереса к занятиям спортом.

Abstract. The aim of this paper is to analyze modern technologies used in teaching physical education and their impact on the effectiveness of learning, student motivation and health development. The article discusses the main types of technical means, such as mobile applications, virtual and augmented reality, fitness trackers and wearable devices, as well as their role in creating an interactive and personalized educational environment. The benefits of introducing innovative technologies to increase student independence, monitor results and increase interest in sports are analyzed.

Ключевые слова: современные технологии; физическая культура; спорт; инновационные средства; мобильные приложения; виртуальная реальность; дополненная реальность.

Keywords: modern technologies; physical education; sports; innovative means; mobile applications; virtual reality; augmented reality.

Современные технологии активно внедряются во все сферы жизни, включая образование и спорт. В области физической культуры

и спортивной подготовки использование инновационных технических средств позволяет повысить эффективность обучения, сделать занятия более интерактивными и привлекательными для студентов. Внедрение современных технологий способствует развитию мотивации, улучшению контроля за результатами и расширению возможностей для индивидуализации тренировочного процесса. В условиях современного мира, характеризующегося быстрым развитием информационных технологий, традиционные методы преподавания физической культуры требуют дополнения инновационными средствами.

Использование современных технологий позволяет не только повысить качество образовательного процесса, но и стимулировать интерес студентов к занятиям спортом, формировать у них осознанное отношение к здоровью и активному образу жизни. Внедрение новых технических решений способствует созданию более динамичной, мотивирующей и персонализированной среды обучения [1, с. 28].

Актуальность применения современных технологий обусловлена их способностью сделать занятия более интерактивными, увлекательными и адаптированными под индивидуальные потребности каждого студента. Технологии позволяют отслеживать прогресс, анализировать результаты и корректировать тренировочный процесс в реальном времени. Это способствует повышению мотивации, развитию самостоятельности и ответственности за собственное здоровье. В условиях ограниченного времени и ресурсов такие инструменты помогают оптимизировать учебный процесс и достигать лучших результатов.

Современные технологии, применяемые в преподавании физической культуры, включают мобильные приложения для планирования тренировок, виртуальную реальность (VR) и дополненную реальность (AR), фитнес-трекеры и носимые устройства. Каждая из этих технологий обладает уникальными возможностями для повышения эффективности занятий. На рынке представлено множество приложений, которые позволяют студентам планировать тренировки, отслеживать прогресс и анализировать результаты. Эти программы предоставляют индивидуальные программы тренировок, советы по технике выполнения упражнений и мотивационные уведомления. Их использование способствует развитию самостоятельности у студентов и повышает их вовлеченность. VR- и AR-технологии находят все большее применение в преподавании физической культуры. Например, с помощью VR-гарнитур студенты могут участвовать в виртуальных спортивных соревнованиях или тренироваться в имитированных условиях различных видов спорта. Это делает занятия более захватывающими, помогает развивать

координацию и реакцию, а также стимулирует интерес к новым видам активности [2, с. 185].

Внедрение современных технологий значительно повышает качество обучения: делает занятия более интересными, интерактивными и персонализированными. Технологические средства способствуют развитию самостоятельности у студентов, улучшению контроля за результатами тренировок и укреплению мотивации к регулярным занятиям спортом. Кроме того, использование инновационных решений способствует профилактике заболеваний за счет более осознанного подхода к физической активности [3, с. 81].

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение современных технологий сталкивается с рядом трудностей. Высокая стоимость оборудования и программного обеспечения может стать препятствием для некоторых учебных заведений. Не все преподаватели обладают необходимыми техническими навыками для эффективного использования новых средств. Также возникают вопросы приватности данных пользователей при использовании носимых устройств и приложений. Необходимость постоянного обновления программного обеспечения требует дополнительных ресурсов [4, с. 2].

В целом использование современных технологий в преподавании физической культуры открывает новые горизонты для повышения эффективности обучения, развития мотивации студентов и укрепления их здоровья. Внедрение инновационных решений требует системного подхода, подготовки педагогов и учета возможных трудностей. Однако преимущества таких методов делают их важной составляющей современного образовательного процесса в сфере физической культуры.

Таким образом, использование современных технологий в преподавании физической культуры открывает новые горизонты для повышения качества образования, делает занятия более разнообразными и адаптированными к потребностям современного поколения. Внедрение инновационных средств способствует формированию у студентов позитивного отношения к физической активности, развитию навыков самостоятельной работы с информацией и укреплению здоровья на долгосрочной основе.

Список литературы:

1. Артёмов А.Д. Влияние цифровизации на физическую культуру и профессиональную физическую подготовку спортсменов в России // Физическое воспитание и студенческий спорт. 2023. Т. 2. Вып. 1. С. 28-34.

2. Ковзалов, Н. С. Перспективы применения фиджитал-спорта в системе высшего образования как интеграции физической культуры и информационных технологий. // Молодой ученый. 2024. № 20 (519). С. 184-187.
3. Озерова О.А. Цифровые технологии в физическом воспитании студентов // Северный регион: наука, образование, культура. 2022. № 1. С. 80-87.
4. Подповетная Ю.В., Михайлова С.В., Письменный Е.В. Тенденции и перспективы применения цифровых технологий в образовании в области физической культуры и спорта // Современные проблемы науки и образования. 2023. № 6. С.1-7.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ХАБЫ В КАЗАХСТАНЕ: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Акылтас Нурасыл Маратович

*студент,
Баишев Университет,
Казахстан, г. Актобе*

Мұхтаров Біржан Нұржанұлы

*студент,
Баишев Университет,
Казахстан, г. Актобе*

Елубай Арман Жаңабайұлы

*студент,
Баишев Университет,
Казахстан, г. Актобе*

Беркешева Асель Салимжановна

*научный руководитель,
канд. техн. наук,
ассоциированный профессор,
Баишев Университет,
РК, г.Актобе*

AUTOMATED LOGISTICS HUBS IN KAZAKHSTAN: CURRENT STATE AND DEVELOPMENT PROSPECTS

NurasyI Akyltas

*Student,
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Birzhan Mukhtarov

*Student,
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Arman Elubay

*Student,
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Assel Berkesheva

*Scientific supervisor,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Аннотация. В статье рассматриваются особенности создания и развития автоматизированных логистических хабов в Республике Казахстан. Приводится анализ инфраструктурных, технологических и экономических факторов, способствующих интеграции интеллектуальных систем в логистику. Представлены сравнительные данные по логистическим хамам Центральной Азии, выявлены основные вызовы и предложены меры по повышению эффективности.

Abstract. The article discusses the specifics of the creation and development of automated logistics hubs in the Republic of Kazakhstan. The analysis of infrastructural, technological and economic factors contributing to the integration of intelligent systems into logistics is presented. Comparative data on the logistics hub of Central Asia are presented, the main challenges are identified and measures to improve efficiency are proposed.

Ключевые слова: автоматизация логистики, логистические хабы, умная логистика, цифровизация транспортной инфраструктуры, транспортно-логистическая система, логистическая интеграция.

Keywords: logistics automation, logistics hubs, smart logistics, digitalization of transport infrastructure, transport and logistics system, logistics integration.

Республика Казахстан занимает стратегически важное положение между Европой и Азией, благодаря чему может выступать в качестве

крупного транспортно-логистического узла. С 2010-х годов в стране реализуется комплекс мер по цифровизации логистики, в том числе путем внедрения автоматизированных логистических хабов (АЛХ), интегрированных в международные транспортные коридоры.

Автоматизированный логистический хаб (АЛХ) – это высокотехнологичный центр, обеспечивающий автоматизированную обработку, сортировку, хранение и перераспределение грузов с использованием ИИ, IoT, систем WMS/TMS и роботизированных решений.

Основные функции АЛХ:

- Централизованное управление потоками грузов
- Интеграция с железнодорожной, автомобильной и воздушной логистикой
- Мониторинг в реальном времени
- Ускоренная таможенная обработка

Таблица 1.

**Современное состояние логистической инфраструктуры
Казахстана. Наиболее значимые логистические узлы Казахстана**

Хаб	Расположение	Тип транспорта	Уровень автоматизации
Хоргос – СЭЗ «Хоргос – Восточные ворота»	Восточный Казахстан	Железнодорожный, авто	Высокий
Алматы логистический центр	Алматы	Авто, авиа	Средний
Нур-Султан (Астана) логистический хаб	Центр страны	Авто	Низкий
Актогай	Восточный Казахстан	Железнодорожный	Средний

По данным Министерства транспорта и инфраструктурного развития РК за 2024, уровень автоматизации логистических объектов оценивается как низкий к среднему, за исключением Хоргоса, который демонстрирует наибольшую степень цифровизации благодаря участию в инициативе «Один пояс – один путь». Что касается инновационных технологий в казахстанских логистических хабах, то в ряде хабов Казахстана внедряются следующие технологии:

- WMS (Warehouse Management System) и TMS (Transport Management System)
- RFID и GPS-трекинг для отслеживания грузов

- Роботизированные сортировочные линии (на базе Хоргоса)
- Системы прогнозирования трафика на базе ИИ
- Цифровые двойники логистических процессов

Казахстан становится альтернативным маршрутом для грузов из Китая в Европу в условиях геополитической нестабильности. Развитие автоматизированных логистических хабов является ключевым для обеспечения конкурентоспособности маршрутов через Транскаспийский международный транспортный маршрут (ТМТМ).

Стратегические инициативы для развития АХЛ:

- Цифровая трансформация логистики до 2030 года (стратегия Министерства цифрового развития РК);
- Развитие инфраструктуры логистических центров в рамках Евразийского экономического союза;
- Интеграция с платформами eFTI и e-CMR для перехода к безбумажной логистике.

Таблица 2.

**Проблемы для развития инновационных технологий
в казахстанских логистических хабах**

1	Нехватка квалифицированных кадров	Недостаточный уровень ИТ-компетенций у работников логистики
2	Финансирование	Высокая стоимость автоматизации, зависимость от иностранных инвестиций
3	Стандартизация	Отсутствие единых стандартов ИТ-инфраструктуры на всей территории страны
4	Интеграция данных	Низкий уровень сопряжения между системами железных дорог, таможни и хабов

Таблица 3.

Сравнительный анализ с другими странами региона

	Показатель	Казахстан	Узбекистан	Грузия	Китай (СУАР)
1	Число автоматизированных хабов	3	1	2	12
2	Интеграция с международными коридорами	Высокая	Средняя	Высокая	Очень высокая
3	Уровень цифровизации логистики (оценка по шкале 1–5)	3	2	3	5

Развитие автоматизированных логистических хабов является ключом к превращению Казахстана в транзитно-логистический центр Евразии. Несмотря на значительный прогресс, требуется:

1. Государственная поддержка автоматизации и цифровизации.
2. Подготовка и переподготовка кадров в ИТ и логистике.
3. Создание национальной цифровой платформы логистики.
4. Интеграция АЛХ с международными цифровыми коридорами.

Список литературы:

1. Министерство транспорта и инфраструктурного развития РК. [Отчет о развитии транспортной инфраструктуры Казахстана 2024].
2. Zhang, X., et al. (2023). Digital Silk Road: Logistics and Infrastructure. Journal of Eurasian Studies.
3. ЕАЭС. (2024). Цифровая трансформация транспортно-логистических коридоров.
4. UNESCAP (2023). Digital Solutions for Cross-Border Transport.
5. World Bank. (2022). Logistics Performance Index Report: Central Asia.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ СТРУЖЕЧНОЙ КАНАВКИ ЦЕЛЬНЫХ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ

Высокос Сергей Дмитриевич

аспирант,
ФГАОУ ВО Московский государственный
технологический университет,
РФ, г. Москва

Аннотация. В статье представлен обзор современных исследований, посвящённых проектированию и оптимизации стружечных канавок цельных концевых фрез. Основное внимание уделено влиянию переменной геометрии – угла наклона, глубины и сегментированного профиля – на стойкость инструмента, стабильность процесса и качество обработанной поверхности. Рассматриваются аналитические модели и численные методы, включая моделирование процесса резания и шлифования. Приведены количественные результаты, подтверждающие эффективность переменной геометрии при обработке труднообрабатываемых материалов.

Ключевые слова: цельные концевые фрезы, стружечная канавка, переменная геометрия, угол спирали, глубина канавки, виброустойчивость, шлифование, стойкость инструмента.

Введение

Современные требования к обработке труднообрабатываемых материалов, таких как титановые сплавы, нержавеющие стали и жаропрочные сплавы, обуславливают необходимость разработки режущего инструмента с повышенной стойкостью, виброустойчивостью и способностью к эффективному отводу стружки. Ключевую роль в этом процессе играет геометрия стружечной канавки цельных концевых фрез, оказывающая влияние на характер резания и распределение нагрузок. Развитие CAD/CAM-систем, методов численного моделирования и технологий шлифования позволило перейти от традиционных канавок с постоянной геометрией к более сложным, адаптивным профилям, в том числе с переменным углом наклона, переменной глубиной и сегментированной структурой. В данной статье представлен обзор современных подходов к проектированию стружечных канавок, обсуждаются методы оптимизации и приведены результаты исследований влияния геометрических параметров на производительность и стойкость фрез.

Геометрия стружечной канавки: функциональные задачи и ограничения

Стружечная канавка выполняет несколько ключевых функций:

- отвод стружки из зоны резания;
- формирование режущей кромки;
- обеспечение жёсткости режущей части инструмента;
- улучшение условий резания за счёт контроля направления и формы стружки.

Основные параметры канавки включают:

- угол наклона винтовой канавки;
- глубину и ширину канавки;
- радиус кривизны профиля.

С увеличением объёма удаляемого материала и скорости резания возрастает нагрузка на фрезу, и от геометрии канавки зависит не только эффективность стружкоудаления, но и устойчивость режущей кромки к износу и поломке.

Переменная геометрия канавки и её влияние на характеристики инструмента

В работе Ding et al. (2023) проведено сравнение фрезы с градиентной спиральной кромкой (GHE) и фрезы с инвариантной геометрией спирали (INE). Установлено, что сила фрезерования, перпендикулярная режущей поверхности GHE, была меньше на 16,98%, вибрации уменьшились на 29,83%, а качество поверхности улучшилось на 23,41%. Это подтверждает повышение стабильности процесса и эффективности резания при использовании переменной геометрии. Исследование Ding et al. (2023) показало, что использование градиентного угла спирали вдоль оси фрезы способствует подавлению вибраций и улучшает качество поверхности. Согласно результатам экспериментов, амплитуда вибраций снизилась до 35%, а шероховатость поверхности Ra уменьшилась с 1,84 до 1,26 мкм при обработке AISI H13.

В работе Hu et al. (2022) была проанализирована геометрия фрезы с переменной глубиной канавки и конической сердцевинкой. При обработке титанового сплава TC4 достигнуто снижение силы резания на 18% и повышение стойкости инструмента на 42% по сравнению с фрезами с постоянной геометрией.

Исследование Li et al. (2023) рассматривает процесс шлифования стружечных канавок с неравными сегментами угла наклона. Представлены параметры сегментов: угол наклона варьируется от 30° до 45° на длине режущей части. Это обеспечивает равномерное распределение нагрузки и снижение вибраций, подтверждённое численным моделированием и экспериментами.

В работе Hu et al. (2022) была проанализирована геометрия фрезы с переменной глубиной канавки и конической сердцевинкой. Показано, что такое исполнение позволяет существенно снизить уровень вибраций и нагрузку на инструмент при глубоком фрезеровании титановых сплавов.

Исследование Li et al. (2023) рассматривает процесс шлифования стружечных канавок с неравными сегментами угла наклона. Методика основана на компенсации смещения кромки и предотвращении интерференции профилей, что повышает точность изготовления и улучшает характеристики канавки.

Методы проектирования: аналитические и численные подходы

Математические модели позволяют оценить влияние основных параметров геометрии на характеристики резания. В частности, в работе Chen et al. (2017) представлен универсальный математический метод

для расчёта сил резания при использовании фрез с переменной геометрией. Это даёт возможность прогнозировать поведение инструмента и оптимизировать его форму до этапа производства. Для более точной оценки используется метод конечных элементов (FEA). Ahmed et al. (2021) продемонстрировали применение FEA в сочетании с серым реляционным анализом для оптимизации геометрии шаровых фрез. Полученные результаты позволили выявить оптимальные значения угла спирали и глубины канавки для повышения стойкости инструмента.

Технологии изготовления и их влияние на реализацию переменной геометрии

Внедрение переменной геометрии требует высокой точности при шлифовании канавок. В работе Zheng et al. (2023) рассматривается метод финишной шлифовки конических фрез с переменным углом наклона, позволяющий добиться высокой повторяемости профиля и качества поверхности. Использование 4-осевой или 5-осевой шлифовки позволяет изготавливать сложные формы канавок, включая волнообразные и ступенчатые профили. Это значительно расширяет возможности по индивидуальной настройке инструмента под конкретные условия обработки. Важную роль также играет предварительное моделирование процесса шлифования, которое позволяет избежать ошибок формы и отклонений от проектной геометрии.

Влияние геометрии канавки на эффективность фрезерования

По результатам анализа исследований можно выделить основные закономерности:

- увеличение угла спирали повышает эффективность отвода стружки, но снижает жёсткость инструмента;
- переменная глубина канавки снижает вибрации и улучшает распределение напряжений (снижение силы резания до 18%, повышение стойкости инструмента до 42% – Hu et al., 2022);
- переменный угол наклона канавки способствует снижению амплитуды вибраций до 35% и улучшению качества поверхности на 23% (Ding et al., 2023);
- сложнопрофильные канавки позволяют регулировать толщину и форму стружки;
- использование сегментированных углов наклона от 30° до 45° приводит к равномерному распределению нагрузки и снижению вибраций (Li et al., 2023);
- оптимизация геометрии позволяет снизить силы резания до 20–30% и повысить стойкость инструмента на 30–50%.

Публикации Guo et al. (2020), Guo Y. et al. (2019) и Song et al. (2011) подтверждают, что комбинированные схемы переменной геометрии улучшают стабильность и производительность при фрезеровании труднообрабатываемых материалов.

Заключение

Переменная геометрия стружечной канавки является одним из ключевых направлений совершенствования цельных концевых фрез. Современные методы проектирования и технологии шлифования позволяют реализовать сложные профили, обеспечивающие улучшенный отвод стружки, снижение вибраций и повышение стойкости инструмента. На основе анализа литературы подтверждена высокая эффективность применения переменной геометрии, особенно при работе с титаном, нержавеющей сталью и сплавами на основе никеля. Перспективы дальнейших исследований связаны с интеграцией моделей резания и шлифования в единый оптимизационный процесс.

Список литературы:

1. Ding M., Wang X., Wang G., Ren Y., Fu Y. Research on design and cutting performance of gradient helix edge end mill // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2023. – Vol. 129, No. 11–12. – P. 5005–5018. – DOI: 10.1007/s00170-023-12100-3. – Preprint: <https://www.researchsquare.com/article/rs-2650717/v1> // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2023. – Vol. 129, No. 11–12. – P. 5005–5018. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/375607849>
2. Hu X., Wang M., Lu Y., Wang Y., Wang L. Research on Milling Characteristics of Titanium Alloy TC4 with Variable Helical End Milling Cutter // Machines. – 2022. – Vol. 10, No. 7. – P. 537. – URL: <https://www.mdpi.com/2075-1702/10/7/537>
3. Li Y., Li Z., Wang S., Liu Y., Wang J. A Grinding Process Method of Solid End Mills Groove with Segmented Unequal Helical Angles by Cutting Edges Offset and Interference // Journal of Manufacturing Processes. – 2023. – Vol. 102. – P. 849–864. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/373763612>
4. Chen D., Wang X., Lu Y., Xu X. A unified analytical cutting force model for variable helix end mills // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2017. – Vol. 92, No. 9–12. – P. 3167–3185. – URL: <https://disk.yandex.ru/i/H6ceEHbHRzROBA>
5. Ahmed F., Ahmad S., Raza A., Ahmed N., Ali A. Tool Geometry Optimization of a Ball End Mill Based on Finite Element Simulation of Machining the Tool Steel-AISI H13 Using Grey Relational Method // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. – 2021. – Vol. 22, No. 7. – P. 1191–1203. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/352045132>

6. Zheng G., Li Y., Lu Y., et al. A novel method for flute grinding of conical end milling cutter // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2023. – Vol. 126, No. 3–4. – P. 907–917. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/368605832>
7. Guo Q., Jiang X., Liu Y., et al. Study on the stability for non-uniform helix angle tools in the milling process // Journal of Industrial and Production Engineering. – 2020. – Vol. 37, No. 8. – P. 387–393. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/343434265>
8. Guo Y., Lin B., Wang W. Optimization of variable helix cutter for improving chatter stability // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2019. – Vol. 104, No. 5–8. – P. 2553–2565. – URL: <https://disk.yandex.ru/d/aICJyS3UBC5Wzw>
9. Song Q., Ai X., Zhao J. Design for variable pitch end mills with high milling stability // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2011. – Vol. 55, No. 9–12. – P. 891–903. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/225477740>

ГЕНЕРАТИВНЫЕ НЕЙРОСЕТИ: ОТ ИЗОБРАЖЕНИЯ ДО МУЗЫКИ

Семионова Екатерина Сергеевна

студент,

Поволжский государственный университет

телекоммуникаций и информатики,

РФ, г. Самара

Малов Вадим Андреевич

студент,

Поволжский государственный университет

телекоммуникаций и информатики,

РФ, г. Самара

Стефанова Ирина Алексеевна

научный руководитель,

канд. техн. наук, доцент,

Поволжский государственный университет

телекоммуникаций и информатики,

РФ, г. Самара

GENERATIVE NEURAL NETWORKS: FROM IMAGES TO MUSIC

Ekaterina Semionova

*Student,
Volga Region State University
of Telecommunications and Informatics,
Russia, Samara*

Vadim Malov

*Student, Volga Region State University
of Telecommunications and Informatics, Russia, Samara*

Irina Stefanova

*Scientific Supervisor,
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Volga State University
of Telecommunications and Informatics,
Russia, Samara*

Аннотация. Генеративные нейросети стали ключевым направлением в развитии искусственного интеллекта (ИИ), демонстрируя способность к созданию контента, сопоставимого с работами человека. В статье рассматриваются архитектуры и принципы работы основных классов генеративных моделей – вариационных автокодировщиков, генеративно-состязательных сетей, диффузионных моделей и трансформеров. Освещаются практические применения этих подходов в генерации изображений и музыкального контента. Анализируются современные достижения, ограничения технологий, а также этические вызовы, связанные с авторским правом, фейковым контентом и социальными последствиями распространения генеративного ИИ.

Abstract. Generative neural networks have become a key area in the development of artificial intelligence (AI.), demonstrating the ability to create content comparable to human work. The article discusses the architectures and principles of operation of the main classes of generative models – variational autoencoders, generative-adversarial networks, diffusion models and transformers. The practical applications of these approaches in image generation and music content are highlighted. The article analyzes modern achievements, limitations of technology, as well as ethical challenges related

to copyright, fake content and the social consequences of the spread of generative AI.

Ключевые слова: генеративные модели; GAN; VAE; трансформеры; диффузионные модели; генерация изображений; синтез музыки; искусственный интеллект.

Keywords: generative models; GAN; VAE; transformers; diffusion models; image generation; music synthesis; artificial intelligence.

Генеративный искусственный интеллект (Generative Artificial Intelligence, или GenAI) представляет собой совокупность моделей машинного обучения, способных создавать оригинальный контент – текст, изображения, музыку, аудио и видео – на основе ранее изученных данных. В отличие от традиционных алгоритмов, ограниченных задачами классификации или прогнозирования, генеративные модели ориентированы на продуктивную деятельность: они не только анализируют существующую информацию, но и производят новые, ранее не существовавшие элементы. Это позволяет говорить о GenAI как о важном шаге на пути к формированию машинного «творчества» [10].

Фундаментальная особенность генеративного искусственного интеллекта (ИИ) заключается в способности выявлять скрытые закономерности в больших объёмах данных. Нейросеть обучается на датасетах, содержащих миллионы образцов – будь то тексты, изображения или аудиофайлы – и формирует представление о структуре этих данных: стиле, композиции, логике и взаимосвязях. При взаимодействии с пользователем, например, при вводе текстового запроса в таких системах, как Midjourney или ChatGPT, модель использует накопленные представления для создания нового артефакта, визуально или семантически соответствующего исходному запросу. Таким образом, процесс генерации становится не просто механическим воспроизведением фрагментов обучающей выборки, а статистически обоснованным актом синтеза, имитирующим человеческую интуицию и креативность.

Сферы применения генеративного ИИ стремительно расширяются. Он используется в разработке цифрового дизайна, прототипировании, создании маркетинговых материалов [9, 10] (рис. 1), генерации музыки и звуков для кино- и игровой индустрии, а также в автоматизации рутинных творческих процессов. При этом, по мере интеграции таких технологий в повседневную практику, возникает всё больше вопросов, связанных с авторским правом, достоверностью создаваемого контента и изменением роли человека в творческой деятельности.



Рисунок 1. Графика, созданная ИИ

Примитивные генеративные модели уже несколько десятилетий используются в статистике для анализа числовых данных. Нейронные сети и глубокое обучение были предшественниками современного генеративного ИИ. Вариационные автокодировщики, разработанные в 2013 году, стали первыми глубокими генеративными моделями, способными генерировать реалистичные изображения и речь.

Эффективность генеративного ИИ во многом определяется архитектурными принципами, лежащими в основе моделей. Существует несколько ключевых подходов, каждый из которых обладает своими преимуществами и ограничениями, определяющими его область применения. Ниже кратко рассмотрены наиболее влиятельные архитектуры: генеративно-сопоставительные сети, вариационные автокодировщики, диффузионные модели и трансформеры.

Генеративно-сопоставительные сети (GAN), предложенные Иэном Гудфеллоу в 2014 году, состоят из двух взаимодействующих компонентов – генератора и дискриминатора. Генератор стремится создать реалистичные данные, в то время как дискриминатор пытается отличить сгенерированные образцы от настоящих. Это "состязание" приводит к прогрессивному улучшению обоих компонентов, позволяя создавать изображения высокого качества. GAN нашли широкое применение в синтезе фотореалистичных лиц (например, в модели StyleGAN), редактировании изображений и генерации deepfake-контента.

Вариационные автокодировщики (VAE) являются вероятностными моделями, которые обучаются сжимать данные в компактное представление (латентное пространство), а затем восстанавливать их. В отличие от обычных автокодировщиков, VAE используют статистические распределения, что делает возможной генерацию новых, оригинальных объектов. Эти модели применяются в задачах, требующих контролируемой генерации и интерполяции – например, в изменении характеристик изображений, аудиосигналах или генерации рукописного текста.

Диффузионные модели основываются на идее обратимого преобразования: они постепенно "зашумляют" данные в процессе обучения, а затем учатся восстанавливать их. На этапе генерации модель начинает с шума и шаг за шагом превращает его в осмысленное изображение. Такие модели, как Stable Diffusion и Imagen, продемонстрировали впечатляющие результаты в генерации изображений на основе текстовых описаний. Они обеспечивают высокую степень детализации и контролируемости, хотя и требуют значительных вычислительных ресурсов.

Трансформеры стали архитектурным фундаментом большинства современных генеративных моделей. Изначально разработанные для задач обработки естественного языка, трансформеры быстро адаптировались к мультимодальному применению: от текста до изображений и музыки. Модели вроде GPT, DALL·E и MusicLM [1, 4] используют механизм самовнимания для построения контекста и генерации нового контента. Главное преимущество трансформеров – способность эффективно обрабатывать большие объёмы данных и учитывать сложные взаимосвязи между элементами входа.

Одним из наиболее активно развивающихся направлений генеративного искусственного интеллекта является синтез изображений. С появлением мощных моделей, таких как DALL·E, MidJourney, Stable Diffusion и Imagen, стало возможным создавать фотореалистичные или стилизованные визуальные сцены по простому текстовому описанию. Эти системы широко применяются в дизайне, цифровом искусстве, рекламе, архитектуре и даже в научной визуализации.

В основе большинства современных моделей лежат диффузионные или трансформерные архитектуры. Так, модель DALL·E 2, разработанная OpenAI, основана на трансформере и сочетает в себе возможности CLIP (Contrastive Language–Image Pretraining) – модели, обученной соотносить изображения и текстовые описания. Такой подход позволяет DALL·E интерпретировать текстовый запрос не просто как метку, а как сложную семантическую структуру, содержащую информацию о цвете, стиле, ракурсе, контексте и эмоциях изображения.

Stable Diffusion, напротив, использует диффузионную модель – она добавляет к изображению шум, а затем учится его поэтапно устранять, приближаясь к целевой визуальной структуре. Одним из её достоинств является способность к локальной генерации изображений: модель может работать даже на персональных компьютерах с видеокартой, в отличие от облачных решений, таких как DALL·E или MidJourney. Stable Diffusion стала популярной в сообществе художников, так как позволяет детально управлять параметрами изображения – от выбора начального шума до точной генерации по шаблону.

Генерация изображений с помощью нейросетей выходит далеко за рамки развлечений. Эти технологии активно применяются в архитектурном проектировании (создание концептуальных планов зданий), медицине (синтез медицинских изображений для обучения моделей распознавания заболеваний), а также в образовании, где визуализация абстрактных понятий может значительно повысить понимание материала. Например, в химии или биологии нейросети способны создавать изображения молекул, клеток или анатомических структур [9] по описанию. Одновременно с ростом качества изображений возрастают и вызовы. Главный из них – проблема достоверности и манипуляции визуальным контентом. Генерация реалистичных, но фальшивых фотографий [9, 10] (deepfake), может быть использована в дезинформационных компаниях. Это требует разработки систем маркировки, распознавания искусственно созданных изображений и внедрения этических норм при использовании подобных инструментов. Генерация видео с помощью нейросетей представляет собой одну из самых технологически сложных и перспективных задач в области генеративного искусственного интеллекта. Если синтез изображений требует согласованности в пространстве, а генерация музыки – во времени, то видеоконтент требует соблюдения и пространственной, и временной непрерывности одновременно. Каждое видео состоит из последовательности изображений (кадров), которые должны быть не только реалистичны по отдельности, но и логично выстроены в динамике. Это требует от моделей способности понимать движение, взаимодействие объектов, контекст сцены и даже кинематографические приёмы, такие как смена фокуса или движение камеры.

Первые подходы к генерации видео были основаны на трёхмерных свёрточных нейросетях (3D-ConvNets), способных обрабатывать несколько кадров одновременно как единый объём данных. Однако этот метод оказался ограниченным в длине видео и детализации движения. В дальнейшем в генерацию видео стали внедряться архитектуры

трансформеров, хорошо зарекомендовавшие себя в текстовых и аудио-задачах [2, 8], адаптированные к работе с временными зависимостями. Одним из современных решений стали диффузионные модели, обучающиеся пошагово восстанавливать видео из шума. Такие системы, как Imagen Video или Sora от OpenAI, позволяют по текстовому описанию создавать короткие, но детализированные видеоролики с реалистичным движением и глубиной сцены. Несмотря на серьёзные достижения, область генеративного видео по-прежнему сталкивается с рядом технических ограничений. Большинство моделей способны генерировать видео продолжительностью всего несколько секунд, и даже при этом возникает риск артефактов: объекты могут искажаться, исчезать или вести себя физически неправдоподобно. Кроме того, процесс генерации остаётся крайне ресурсоёмким и требует значительных вычислительных мощностей, что делает технологию менее доступной для широкого круга пользователей по сравнению, например, с генерацией изображений. Тем не менее потенциал этих систем огромен. В киноиндустрии генеративные нейросети могут применяться для создания раскадровок, анимаций или даже целых сцен, не требующих участия актёров. В игровой индустрии они позволяют разрабатывать динамический визуальный контент или живые кат-сцены. В образовательных и научных целях возможна генерация визуальных симуляций процессов, которые трудно или невозможно наблюдать в реальности. При этом необходимо учитывать и потенциальные риски – в частности, распространение поддельного видео, нарушающего этические и правовые нормы. Именно поэтому развитие генеративных моделей должно сопровождаться разработкой надёжных методов распознавания искусственно созданного контента и системой регулирования его использования.

Ранее создание мелодий, гармоний, аранжировок и вокала было исключительно областью человеческой интуиции, слуха и культурного опыта, но теперь нейросети способны не просто имитировать отдельные элементы музыкального произведения, но и создавать их с нуля – с учётом структуры, стиля, ритма и даже эмоций. Музыка, как и видео, представляет собой временную форму искусства, где важны не только отдельные звуки, но и их последовательность, динамика, развитие тем и мотивов. Именно поэтому модели, работающие с аудио, должны учитывать временные зависимости и целостность звуковой композиции. Технически генерация музыки реализуется через глубокие нейросетевые архитектуры, чаще всего основанные на трансформерах или вариационных автокодировщиках. MusicLM от Google* способна генерировать музыку по текстовому описанию с учётом жанра, инструментов и настроения. Модель обучена на масштабных аудиодатасетах

и может создавать уникальные композиции. Jukebox от OpenAI дополняет этот подход генерацией вокала и стилистическим подражанием реальным исполнителям, что расширяет границы применения ИИ в музыкальной сфере. Аудиогенерация выходит далеко за рамки музыки. Современные модели способны синтезировать человеческую речь [5] с учётом тембра, ритма, акцента и даже эмоций. Эти технологии применяются в голосовых ассистентах, навигационных системах, озвучивании фильмов и создании аудиокниг. Особое внимание уделяется моделям, способным персонализировать голос – например, воспроизвести голос конкретного человека по короткой голосовой выборке. Такие возможности открывают потенциал для инклюзивных технологий (например, для людей с нарушениями речи), но одновременно создают серьёзные этические риски, включая угрозу появления достоверных, но поддельных аудиозаписей.

Генеративный ИИ становится не просто технологией, а новой формой творческого и культурного производства. Нейросети уже применяются для создания изображений, видео, музыки, текста и речи, всё больше влияя на сферы дизайна, науки, образования и медиа. При этом возникает всё больше вопросов, связанных с авторским правом, достоверностью и этикой. Поскольку границы между машинным и человеческим творчеством постепенно размываются, важно вырабатывать механизмы регулирования и критического осмысления новых инструментов. Генеративные нейросети вряд ли заменят человека, но уже сегодня становятся его активным партнёром в расширении границ возможного.

**По требованию Роскомнадзора информируем, что иностранное лицо, владеющее информационными ресурсами Google является нарушителем законодательства Российской Федерации – прим. ред.)*

Список литературы:

1. Agostinelli A., Copet A., Pascual R. и др. MusicLM: Generating Music From Text / Agostinelli A. и др. – [электронный ресурс]. – arXiv:2301.11325, 2023. – Режим доступа. – URL: <https://arxiv.org/abs/2301.11325> (дата обращения: 06.06.2025).
2. Benaim S., Goel S., Singh A. и др. From Text to Video: Zero-Shot Generation using Diffusion Models / S. Benaim и др. – [электронный ресурс]. – arXiv:2209.03150, 2022. – Режим доступа. – URL: <https://arxiv.org/abs/2209.03150> (дата обращения: 06.06.2025).

3. Dhariwal P., Nichol A. Diffusion Models Beat GANs on Image Synthesis / Prafulla Dhariwal, Alex Nichol – [электронный ресурс]. – arXiv:2105.05233, 2021. – Режим доступа. – URL: <https://arxiv.org/abs/2105.05233> (дата обращения: 06.06.2025).
4. Introducing Sora: a text-to-video model – [электронный ресурс]. – OpenAI, 2024. – Режим доступа. – URL: <https://openai.com/sora> (дата обращения: 06.06.2025).
5. Jukebox: A Neural Net That Generates Music, Including Singing – [электронный ресурс]. – OpenAI, 2020. – Режим доступа. – URL: <https://openai.com/research/jukebox> (дата обращения: 06.06.2025).
6. Karras T., Laine S., Aila T. Analyzing and Improving the Image Quality of StyleGAN / T. Karras, S. Laine, T. Aila. – [электронный ресурс]. – In: Proc. of the IEEE/CVF Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2020. – Режим доступа. – URL: <https://arxiv.org/abs/1912.04958> (дата обращения: 06.06.2025).
7. MusicGen: Simple and Controllable Music Generation – [электронный ресурс]. – Meta AI, 2023. – Режим доступа. – URL: <https://github.com/facebookresearch/audiocraft> (дата обращения: 05.06.2025).
8. Singer Y., Polyak A., Hayes T. и др. Make-A-Video: Text-to-Video Generation without Text-Video Data / Y. Singer и др. – [электронный ресурс]. – arXiv:2209.14792, 2022. – Режим доступа. – URL: <https://arxiv.org/abs/2209.14792> (дата обращения: 05.06.2025).
9. Поспелова Е. А., Отоцкий П. Л., Горлачева Е. Н., Файзуллин Р. В. Генеративный искусственный интеллект в образовании: текущие тенденции и перспективы – [электронный ресурс] // Профессиональное образование и рынок труда. – 2024. – Т. 12, № 3. – С. 6–21. – Режим доступа. – URL: <https://www.po-rt.ru/articles/2173> (дата обращения: 05.06.2025).
10. Что такое генеративный искусственный интеллект? – [электронный ресурс]. – Amazon Web Services. – Режим доступа. – URL: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/generative-ai/> (дата обращения: 04.06.2025).

МЕТОДИКА СТАНДАРТИЗАЦИИ ПРОТОКОЛОВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ КРОССПЛАТФОРМЕННОЙ ИНТЕГРАЦИИ ИОТ-УСТРОЙСТВ

Таксимов Аскар Боранбаевич

*магистр наук строительства и городского
проектирования в развитии,
Университетский колледж Лондона,
руководитель,
Городской центр мониторинга и оперативного
реагирования при акимате города Астаны
Казахстан, г. Астана*

METHODOLOGY OF DATA TRANSFER PROTOCOL STANDARDIZATION FOR CROSS-PLATFORM INTEGRATION OF IOT DEVICES

Askar Taximov

*Master of science in
Building and Urban design
in development,
University College London Head,
City center of monitoring and rapid response
of Astana city's municipal government,
Kazakhstan, Astana*

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме стандартизации протоколов передачи данных для обеспечения совместимости IoT-устройств различных производителей и отраслей. Проведён теоретический обзор современных протоколов, применяемых в интернете вещей на уровнях связи и приложений, проанализированы отраслевые особенности их внедрения. В работе представлена авторская методика стандартизации протоколов, направленная на повышение кроссплатформенной совместимости IoT-устройств.

Abstract. The article is devoted to the current problem of standardization of data transmission protocols for interoperability of IoT devices of different manufacturers and industries. A theoretical review of modern protocols applied in the Internet of things at communication and application levels has been carried out, the sectoral features of their implementation have been analyzed. The paper presents the author's methodology of protocol standardization, aimed at improving cross-platform compatibility of IoT devices.

Ключевые слова: интернет вещей; IoT; протоколы передачи данных; стандартизация; совместимость; кроссплатформенная интеграция; семантическая стандартизация.

Keywords: Internet of Things; IoT; data transfer protocols; standardization; compatibility; cross-platform integration; semantic standardization.

Интернет вещей (IoT) – это концепция, при которой разнообразные устройства оснащаются сенсорами, процессорами и средствами коммуникации для сбора данных и обмена ими через сеть. Масштаб внедрения IoT постоянно растет: количество подключенных устройств насчитывает десятки миллионов и продолжает увеличиваться быстрыми темпами ежегодно. Устройства IoT используются в самых разных сферах – от промышленной автоматизации до управления городским хозяйством и мониторинга здоровья. Однако стремительное развитие IoT сопровождается проблемой совместимости: устройства разных производителей и отраслей зачастую не могут напрямую взаимодействовать друг с другом из-за использования разных протоколов передачи данных и форматов сообщений. Отсутствие единых стандартов ведет к фрагментации решений, усложняя интеграцию «умных» приборов в единую систему. Особенно остро проблема проявляется при необходимости кроссплатформенной интеграции – когда требуется объединить в одну сеть устройства на разных платформах, с разным программным обеспечением и сетевыми интерфейсами [1].

Для эффективного использования IoT-технологий необходимо обеспечить совместимость и унифицированный обмен данными между всеми элементами системы. Решением выступает стандартизация протоколов передачи данных – выработка общих правил и форматов, по которым устройства передают информацию. Стандартизированные протоколы позволяют «разговаривать» всем компонентам на одном «языке», независимо от их происхождения и назначения, что значительно упрощает интеграцию разнородных устройств и снижает затраты на разработку шлюзов и адаптеров, которые иначе потребовались бы для сопряжения разных систем.

Разнообразие протоколов передачи данных в сфере IoT обусловлено историческим развитием отраслевых технологий и разными требованиями к устройствам. В общем случае IoT-система состоит из нескольких уровней: физического (датчики и исполнительные устройства), уровня связи (сети для передачи данных) и уровня приложений (платформы, обрабатывающие и анализирующие данные). На каждом из этих уровней применяются собственные протоколы [2].

На уровне беспроводной связи IoT-устройств используются различные технологии – от низкоскоростных узкополосных сетей до высокоскоростных стандартов Wi-Fi. В таблице 1 обобщены основные характеристики распространенных беспроводных протоколов связи, применяемых в IoT.

Таблица 1.

**Характеристики беспроводных протоколов связи
для IoT-устройств [3]**

Протокол	Диапазон действия	Пропускная способность	Особенности применения
Zigbee	Десятки метров (mesh-сеть)	До 250 Кбит/с	Низкое энергопотребление; датчики, автоматизация
Bluetooth Low Energy (BLE)	До 50 м	До 1 Мбит/с	Локальные носимые устройства, периферия
Wi-Fi	Десятки метров (WLAN)	10–1000 Мбит/с	Высокая скорость, повышенное энергопотребление
LoRaWAN	До 10–15 км (LPWAN)	До 50 Кбит/с	Большой радиус, малый объем данных, ЖКХ, агроиндустрия
NB-IoT (LTE-M)	До нескольких км (сотовая сеть)	До ~200 Кбит/с	Сети операторов, широкий охват, низкое энергопотребление
4G/5G	До нескольких км (сотовая сеть)	Мегабит/с и выше	Широкополосная связь, видео, требовательные задачи

Одни протоколы обеспечивают малый радиус действия и минимальное энергопотребление (например, Zigbee, BLE) – они подходят для локальных сетей датчиков внутри здания. Другие технологии (LoRaWAN, NB-IoT) позволяют передавать данные на большие расстояния, что востребовано для распределенных объектов (счетчики ресурсов в ЖКХ, датчики на удаленных инфраструктурных объектах). Телекоммуникационные стандарты 4G/5G дают IoT-устройствам высокую скорость соединения, однако для простых сенсоров они избыточны по энергопотреблению. Таким образом, уже на уровне связи IoT наблюдается неоднородность: выбор технологии диктуется конкретной задачей, и единая IoT-сеть может состоять из сегментов на разных протоколах [4].

На уровне обмена сообщениями (приложений) также существует несколько популярных решений. Наиболее широко распространены легковесные протоколы, оптимизированные специально для IoT. К ним относятся MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) и CoAP (Constrained Application Protocol). MQTT реализует модель публикации/подписки: датчики отправляют данные на брокер сообщений, откуда они рассылаются подписчикам. MQTT экономно использует полосу пропускания и может поддерживать тысячи устройств на одном сервере, поэтому он популярен для масштабных систем телеметрии. CoAP, в свою очередь, работает по схеме запрос-ответ поверх UDP и спроектирован для прямого взаимодействия между узлами с учетом жестких ограничений по ресурсам (памяти, энергии). Кроме этих специализированных стандартов, в IoT нередко применяются и классические веб-протоколы (HTTP/REST) для передачи данных в человеко-читаемом формате JSON или XML. В промышленных системах автоматизации широко используется протокол OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture), позволяющий передавать не только значения датчиков, но и структурированные данные с описанием семантики (иерархией объектов, типами параметров). Ниже, в таблице 2, приведено сравнение некоторых протоколов передачи данных на прикладном уровне по их свойствам.

Таблица 2.

**Сравнительный анализ прикладных протоколов передачи данных
IoT**

Протокол	Модель взаимодействия	Надежность доставки	Накладные данные на сообщение	Типичные сферы использования
MQTT	Публикация/подписка (через брокер)	Гарантированная (QoS)	Низкие (байтовый заголовок ~2 байт)	Универсальный IoT, сбор телеметрии, умный дом
CoAP	Запрос-ответ (клиент-сервер)	Опциональное подтверждение	Очень низкие (UDP, небольшой заголовок)	Встраиваемые датчики с минимумом ресурсов

Протокол	Модель взаимодействия	Надежность доставки	Накладные данные на сообщение	Типичные сферы использования
HTTP/REST	Запрос-ответ (клиент-сервер)	Гарантированная (TCP)	Высокие (HTTP-заголовки, текстовый формат)	Интеграция с веб-сервисами, облачные API
OPC UA	Сессия с обменом сообщениями	Гарантированная (TCP)	Средние (сложный бинарный протокол)	Промышленная автоматизация, диспетчерские системы
AMQP	Очереди сообщений (через брокер)	Гарантированная	Средние	Корпоративные системы, интеграция сервисов

Разнородность протоколов связи и обмена данными порождает проблемы интероперабельности. Устройства разных производителей могут поддерживать различные стеки коммуникаций. Одни датчики отправляют показания через MQTT в формате JSON, тогда как другие используют CoAP с двоичной кодировкой. Если попытаться напрямую подключить все устройства к единому центру, придется одновременно поддерживать множество протоколов. На практике это осложняет разработку IoT-систем: требуются промежуточные программные слои, преобразующие данные, и шлюзы, переводящие сообщения с одного протокола на другой. Всё перечисленное увеличивает общую сложность внедрения и сопровождается дополнительными затратами [5].

Промышленный интернет вещей охватывает заводы, добывающие предприятия, энергетический сектор и другие объекты, где в технологические процессы вовлечены датчики и системы автоматизации. В основном внедрение IoT связано с курсом на цифровизацию экономических отраслей и повышение эффективности производств. На предприятиях устанавливают датчики на оборудование для мониторинга состояния (температуры, вибрации, потребления энергии и т.д.) с целью предиктивного обслуживания – предупреждения аварий и простоев за счет раннего выявления отклонений – и оптимизации технологических процессов, мониторинг IoT-сенсорами позволяет своевременно планировать обслуживание станков и тем самым снижать непредвиденные простои, а анализ данных

в реальном времени повышает производительность и качество выпускаемой продукции [6].

Исторически промышленная автоматизация опирается на собственные протоколы (Modbus, PROFIBUS, CAN и др.), многие из которых разработаны десятилетия назад. Современные IoT-решения должны интегрироваться с этим унаследованным оборудованием, датчики могут подключаться к контроллерам по шине Modbus или CAN, после чего данные нужно передать в корпоративную систему анализа. Возникает задача разработки шлюзов: специальные контроллеры преобразуют локальные «старые» протоколы оборудования в современные стандарты (часто в Ethernet/TCP/IP с использованием MQTT, OPC UA или HTTP). В одном заводе одновременно могут применяться и беспроводные датчики с LoRaWAN, и проводные контроллеры с интерфейсом RS-485 – разнородность очень высока. Без стандартизации каждая новая интеграция требует уникального программного решения [7].

Отечественные предприятия, столкнувшись с уходом иностранных поставщиков, активно внедряют отечественные IoT-решения, что приводит к появлению множества разрозненных платформ. Поэтому на государственном уровне интероперабельность выдвигается на передний план. В «дорожной карте» развития интернета вещей прямо указано, что совместимость устройств и приложений является базовым условием эффективного развития отрасли.

Сфера ЖКХ и городского хозяйства является одним из драйверов роста IoT в экономики каждой развивающейся страны. Сюда относится управление коммунальными ресурсами (электроэнергия, тепло, вода, газ), инфраструктура «умного города» (освещение, транспорт, экологический мониторинг) и умные жилые дома. Отличительная черта отрасли – масштаб: счетчики и датчики устанавливаются массово на дома, квартиры, сети и городские объекты. Уже приняты нормативные акты, обязывающие оснащать потребителей умными приборами учета, способными дистанционно передавать показания. Такая нормативная база обеспечивает поддержку внедрения IoT-решений в коммунальном секторе [8].

В жилищных приложениях IoT протоколы передачи данных также разнообразны. Беспроводные счетчики воды и тепла могут отправлять информацию по радиоканалу 868 МГц с проприетарным протоколом либо по тому же LoRaWAN. Электросчетчики нового поколения часто оснащаются модулем NB-IoT или 2G (GPRS) и передают сведения напрямую на сервер энергокомпании. Внутри «умного дома» множество устройств (датчики движения, умные лампы, термостаты) объединены через протоколы типа Zigbee или Z-Wave в локальную сеть, управляемую центральным хабом, далее этот хаб пересылает агрегированные данные

в облако по интернет-протоколам. Таким образом, типичная система «умного» ЖКХ имеет несколько уровней: локальные сети квартиры или здания, городские сети сбора данных (нередко разворачиваемые операторами связи) и облачные платформы, где работают сервисы для коммунальных служб и жителей. Для кроссплатформенной интеграции всех этих компонентов нужны четкие стандарты на каждом уровне – от унификации радио-протоколов датчиков (или хотя бы наличия универсальных шлюзов-преобразователей) до согласованных форматов обмена данными между городскими информационными системами [9].

В сельской медицине уже применяются портативные IoT-комплексы для удалённого наблюдения за пациентами. Фельдшер измеряет основные показатели (температура, пульс, давление) с помощью подключенных приборов, и данные автоматически передаются через интернет в центральную районную больницу, что позволяет врачам своевременно принимать решения о госпитализации и лечении, компенсируя нехватку специалистов на местах.

Для интеграции медицинских IoT-устройств с больничными информационными системами применяются специальные протоколы обмена данными (HL7, FHIR), задающие единый формат и структуру передаваемых сведений о пациенте. Нередко больничное оборудование разных производителей по-прежнему не связано между собой: аппараты УЗИ, кардиомониторы, насосы жизнеобеспечения работают автономно. Переход к единой сети «умной больницы» подразумевает оснащение такой аппаратуры модулями связи и использование единого протокола передачи данных, чтобы все данные поступали на общий центр мониторинга. Уже появляются отечественные платформы медицинского мониторинга, к которым по API могут подключаться устройства различных фирм [10].

На основе рассмотренных теоретических положений и отраслевых потребностей разработана оригинальная методика стандартизации протоколов передачи данных, направленная на обеспечение кроссплатформенной совместимости IoT-устройств. Эта методика представляет собой набор принципов и шагов, необходимых для того, чтобы разнородные устройства смогли обмениваться данными по единым правилам.

На первом этапе следует добиться, чтобы все устройства в системе были логически связаны через общую сетевую среду. Для каждого специфичного канала связи должен быть предусмотрен шлюз в IP-сеть. Иными словами, независимо от того, какой радиопротокол используется на нижнем уровне (BLE, Zigbee, LoRa и т.п.), должен существовать узел, переводящий трафик с этого канала в стандартные IP-пакеты, доступные остальной системе. Так создается универсальный

транспортный слой, в котором данные от любого устройства могут быть доставлены адресатам по стандартным сетевым маршрутам (например, по Ethernet/IP). Практически такое решение реализуется установкой шлюзовых устройств: для BLE/Zigbee роль шлюза выполняет концентратор, подключенный к Ethernet; для LoRaWAN – базовая станция, связанная с сервером по IP; для устаревших проводных интерфейсов – преобразователь в TCP/IP. После выполнения этого шага разнородные по типу связи узлы оказываются логически в одной сети [11].

Нет необходимости использовать один физический протокол связи для всех устройств: достаточно обеспечить наличие шлюза для каждого канала, для BLE-сети – это Wi-Fi/Ethernet-шлюз, подключающий BLE-датчики к IP, для счетчиков M-Bus – преобразователь в IP-шину и т.д. Таким образом достигается цель первого этапа – любое устройство, каким бы способом оно ни связывалось, имеет путь в общую IP-сеть [12].

На втором шаге определяется единый протокол прикладного уровня, по которому происходит передача телеметрии и команд в системе. Выбор конкретного стандарта зависит от требований (возможны MQTT, CoAP, HTTP, OPC UA и др.), однако методика рекомендует MQTT как универсальный легковесный протокол, подтвержденный практикой. Предполагается, что все новые устройства поддерживают обмен данными по MQTT (напрямую или через адаптер). Это устраняет необходимость множества парных интеграций: вместо отдельных шлюзов между каждой парой несовместимых устройств все узлы связаны с одним брокером по стандартному протоколу. Архитектура «звезды» существенно снижает сложность системы по сравнению со схемой с прямым сопряжением «каждый с каждым».

Следующий компонент методики – разработка универсального формата представления данных. Нужно определить структуру сообщений, общую для всех устройств, с возможностью указания типа и единиц измерения параметров. Практическим решением может стать введение облачного «словаря данных» – репозитория шаблонов сообщений для различных типов сенсоров, для температурных датчиков фиксируется стандартный JSON-объект: {«device»:» TemperatureSensor», «value»:<число>,«unit»:»C»}. Для счетчиков электроэнергии – своя структура с полями текущих показаний, мощности, идентификатора счетчика и т.п. Главное условие – все устройства одного типа следуют своему шаблону, а все шаблоны согласованы между собой. При подключении нового устройства разработчик должен использовать уже готовый шаблон (или создать новый, предварительно утвердив его через комитет стандартизации).

Единый формат данных устраняет ситуацию, когда разные устройства передают однотипную информацию по-разному: соблюдение стандартизированной структуры означает, что программные приложения (аналитика, отображение, хранение) заранее знают, как интерпретировать сообщение любого устройства, и не нуждаются в индивидуальных парсерах под каждый формат [13].

Реализовать такой уровень семантической унификации можно с помощью стандарта описания данных – JSON Schema или Protocol Buffers – который задает набор полей и их типы для каждого вида сообщений. Семантическая стандартизация дополняет предыдущий шаг: даже если все устройства используют единый протокол (MQTT), но при этом каждое публикует произвольные по структуре сообщения, цель совместимости не будет достигнута. Поэтому методика настаивает на двух составляющих: единый транспорт + единый формат данных.

Поскольку на практике невозможно сразу перепрошить или заменить весь существующий парк IoT-устройств, методика предусматривает использование адаптеров – небольших аппаратно-программных модулей, размещаемых между устройством и общей сетью, которые переводят проприетарные протоколы и форматы в стандартизованные. Адаптер может являться частью шлюза (этап 1) или отдельным устройством, например, для старого счетчика воды с импульсным выходом адаптером станет микроконтроллер, отсчитывающий импульсы и отправляющий MQTT-сообщения установленного стандарта. Для медицинского прибора, выдающего данные по USB в собственном формате, таким адаптером будет программа-коннектор на компьютере, транслирующая полученные данные в сообщения стандарта (в формате HL7 поверх MQTT) в облако. Разработка библиотеки типовых адаптеров для распространенных устаревших устройств – неотъемлемая практическая часть методики. Этот «слой совместимости» позволяет включить гетерогенную периферию в единую систему без её физической замены, подтянув старые устройства до стандарта [14].

Для успешной стандартизации вводится механизм сертификации устройств. Каждое новое IoT-устройство должно пройти испытания на соответствие принятому протоколу и формату данных. Наличие сертификата совместимости будет стимулировать производителей придерживаться стандарта и гарантировать, что их продукция беспрепятственно интегрируется в системы заказчиков.

Экосистема IoT постоянно развивается, поэтому методика предусматривает механизм эволюции стандартов без потери совместимости. Новые версии протокола и формата данных вводятся постепенно, с сохранением поддержки предыдущих версий на переходный период.

Специальное подразделение по стандартизации должно управлять этими изменениями: публиковать обновления спецификаций, обеспечивать разработчиков инструментами для миграции и устанавливать сроки отказа от устаревших версий.

Предложенная методика носит комплексный характер. Она затрагивает не только техническую реализацию, но и организационные меры по поддержанию единого стандарта. Выполнение всех описанных шагов позволит существенно повысить уровень совместимости устройств в масштабных IoT-инфраструктурах. Рассмотрим количественно, какой эффект даст применение методики.

Предлагаемая методика обеспечивает значительный выигрыш в эффективности интеграции. Число требуемых интерфейсов сокращается с порядка $n(n-1)/2$ до n (см. рис. 1), что особенно ощутимо в крупных системах. Кроме того, единый легковесный протокол уменьшает накладные расходы трафика: замена громоздких обменов по HTTP на оптимизированный MQTT сокращает объем служебных данных в несколько раз и ускоряет передачу информации. Унификация также упрощает подключение новых устройств – затраты времени на интеграцию снижаются примерно на треть, поскольку разработчикам не требуется создавать уникальные конвертеры для каждого случая. Наконец, единообразие протокола облегчает поддержку безопасности: можно применять единые механизмы шифрования и мониторинга трафика во всей сети IoT, что снижает риски и ускоряет реакцию на инциденты.

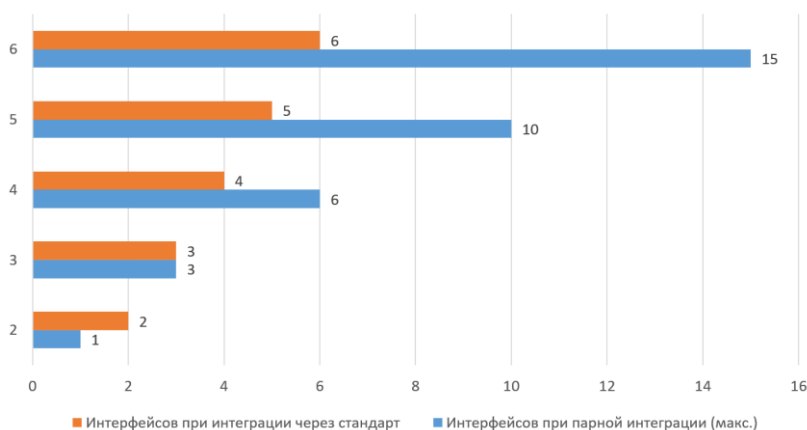


Рисунок 1. Сравнение количества интерфейсов при парной интеграции и при использовании стандартизованного протокола

Как видно из рис. 1, рост сложности интеграции без единого стандарта носит комбинаторный характер: число необходимых «переводчиков» между системами стремительно увеличивается с добавлением новых типов устройств. При использовании же стандартизованного протокола зависимость становится линейной, что дает огромное преимущество по мере масштабирования системы.

В ходе исследования обоснована необходимость стандартизации протоколов передачи данных для кроссплатформенной интеграции IoT-устройств и предложена практическая методика ее реализации. Анализ применения IoT в промышленности, ЖКХ и здравоохранении в текущих экономических условиях показал, что главным препятствием для построения полноценных «умных» систем является неоднородность используемых технологий связи и форматов данных. Из-за отсутствия совместимости между устройствами разных производителей и отраслей проекты IoT усложняются, дорожают и затягиваются по времени.

Решить эту проблему позволяет унификация – переход к единому «языку» данных и обмена информацией. Предложенная методика включает технические и организационные меры, в совокупности, обеспечивающие интероперабельность в больших IoT-инфраструктурах. К таким мерам относятся: создание единого транспортного слоя (IP-шлюзы для всех типов связи), выбор единого протокола обмена (например, MQTT) и строго заданного формата сообщений, разработка адаптеров для устаревших устройств, внедрение сертификации новых устройств на соответствие стандарту, а также механизм обновления стандарта без потери совместимости. Практические расчеты показали, что применение методики резко снижает сложность интеграции (требуется на порядок меньше интерфейсов между системами), уменьшает объем передаваемых служебных данных, ускоряет подключение новых устройств и упрощает обеспечение безопасности сети.

Стандартизация протоколов передачи данных повышает совместимость и позволяет интегрировать решения разных разработчиков – от промышленных сенсоров до бытовых приборов – в единую экосистему. Это ускорит распространение интернета вещей в основных отраслях и повысит отдачу от инвестиций в цифровизацию. Таким образом, внедрение единого стандарта коммуникаций для IoT является необходимым условием построения масштабируемых, надежных и безопасных киберфизических систем, приносящих пользу промышленности, городскому хозяйству, здравоохранению и другим секторам экономики.

Список литературы:

1. Портер, М., Хеппельман, Дж. Революция в конкуренции. «Умные» технологии изменяют конкурентную борьбу // Harvard Business Review. 2016. URL: <http://hbr-russia.ru/special/ptc-iot> (дата обращения: 21.06.2025).
2. Шилина, М. Г. Интернет-коммуникация в инфосфере: монография. – Москва, 2013. – 231 с.
3. Babaria, U. IoT Development Needs Microservices and Containerization. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.einfochips.com/blog/why-iot-development-needs-microservices-and-containerization> (дата обращения: 21.06.2025).
4. Карачев, О. Интернет вещей: что это и с чем его едят // Chëza. 2016. URL: <http://chezasite.com/news/chto-takoe-internet-veshei-82180.html> (дата обращения: 21.06.2025).
5. Мекшун, А. Н., Мекшун, Ю. Н., Мекшун, А. Ю. Технологии мониторинга техники и оборудования в промышленном производстве // Вестник Курганской ГСХА. 2021. № 2 (38). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-monitoringa-tehniki-i-oborudovaniya-v-promyshlennom-proizvodstve> (дата обращения: 21.06.2025).
6. Selander, G., Mattson, J., Palombini, F., Seitz, L. Object Security for Constrained RESTful Environments (OSCORE), draft-ietf-core-object-security09 (work in progress). – Fremont: Internet Engineering Task Force, 2018.
7. Жукова, Н. А., Тристанов, А. Б., Тин, Т., Аунг, М. О проблеме сбора данных в сетях интернета вещей с динамической структурой // Известия КГТУ. 2021. № 61. С. 105–118.
8. Raza, S., Voigt, T., Jutvik, V. Lightweight IKEv2: A Key Management Solution for Both the Compressed IPsec and the IEEE 802.15.4 Security [Electronic resource]. Access mode: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.641.2588&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения: 21.06.2025).
9. Пашенко, Д. С. Как мировые тенденции в проектировании информационных систем используются в отечественной практике: результаты исследования // Инновации. 2018. № 1 (231). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kak-mirovye-tendentsii-v-proektirovanii-informatsionnyh-sistem-ispolzuyutsya-v-otechestvennoy-praktike-rezultaty-issledovaniya> (дата обращения: 21.06.2025).
10. Кириллова, Э. Что такое M2M, кому это нужно и как будет развиваться // Rusbase. 2014. URL: <http://rusbase.com/howto/m2m> (дата обращения: 21.06.2025).
11. Портер, М., Хеппельман, Дж. Революция в конкуренции. «Умные» технологии перекраивают компании // Harvard Business Review. 2016. URL: <http://hbr-russia.ru/special/ptc-iot> (дата обращения: 21.06.2025).

12. Куприяновский, В. П., Намиот, Д. Е., Дрожжинов, В. И., Куприяновская, Ю. В., Иванов, М. О. Интернет Вещей на промышленных предприятиях // International Journal of Open Information Technologies. 2016. № 12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/internet-veschey-na-promyshlennyh-predpriyatiyah> (дата обращения: 21.06.2025).
13. Леохин, Ю. Л., Фатхулин, Т. Д. Оценка возможности предоставления гарантированной скорости передачи данных в программно-конфигурируемой оптической сети // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2020. № 71. С. 45–59. DOI: 10.21667/1995-4565-2020-71-45-59.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

АНАЛИЗ ПЕРИОДИЧНОСТИ СВОЙСТВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ СТРУКТУРУ И СОСТАВ АТОМНОГО ЯДРА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Панков Андрей Александрович

*д-р техн. наук, доцент,
Луганский государственный
медицинский университет им. Святителя Луки,
РФ, Луганск*

Бибик Елена Юрьевна

*д-р мед. наук, профессор,
Луганский государственный
медицинский университет им. Святителя Луки,
РФ, Луганск*

ANALYSIS OF THE PERIODICITY OF PROPERTIES THAT CHARACTERIZE THE STRUCTURE AND COMPOSITION OF THE ATOMIC NUCLEUS OF CHEMICAL ELEMENTS

Andrei Pankov

*Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor,
St. Luke Lugansk State Medical University,
Russia, Lugansk*

Elena Bibik

*Doctor of Medical Sciences, Professor,
St. Luke Lugansk State Medical University,
Russia, Lugansk*

Аннотация. Цель исследований: анализ периодичности свойств элементов, характеризующих структуру и состав атомного ядра. Метод: системный анализ. Результат: выявление закономерности в периодической системе, показывающей, что значения единичной изотопной распространённости элементов периодически симметрично чередуются

в нечётных группах и подгруппах системы при полуцелом значении спина ядра изотопов.

Abstract. Research objective: analysis of the periodicity of the properties of elements characterizing the structure and composition of the atomic nucleus. Method: system analysis. Result: identification of a pattern in the periodic system showing that the values of the single isotopic abundance of elements periodically alternate symmetrically in odd groups and subgroups of the system with a half-integer value of the spin of the isotope nucleus.

Ключевые слова: изотопы, спин ядра, симметрия, периодичность, закономерность.

Keywords: isotopes, nuclear spin, symmetry, periodicity, regularity.

Введение. Анализ исследований. *Модернизация периодической системы (ПС) в начале XX века завершила химический этап её развития. Химия в принципе не могла объяснить причину периодичности свойств элементов и их соединений. Дальнейшее развитие периодического закона (ПЗ) в XX веке связано с блестящими успехами физики, приведшими к революционным изменениям в естествознании [1-3].*

В настоящее время элементы систематизированы по следующим видам периодичности: основной (по заряду ядра), внутренней (по периоду), вторичной (в подгруппах), диагональной, а также дополнительной [4].

Предлагаются работы, связанные с построением ПС не только элементов, но и молекул с несколькими типами симметрий [5]. Однако попытки построения ПС молекул предпринимались ещё в 80-х гг. XIX века. Подход, указанный в [5], является развитием работ русского учёного Н. А. Морозова. Так, Н. А. Морозов предложил ПС молекул углеводородных радикалов [3, 6]. Также в [4] отмечается, что С.А. Щукарев ранее развил идею Д.И. Менделеева о том, что кроме ПС атомов должны существовать ПС простых веществ и химических соединений. Исследованы закономерности периодичности оксидов [2, 4].

В результате попыток совершенствования ПС рассматриваются различные варианты форм систематизации элементов. Например, предложен вариант записи элементов по концентрическим окружностям, поместив к центру гелий и водород. Подобная запись отражает относительный размер атомных ядер [7]. **Существует пс высокозаряженных ионов [8] и т.п.**

Возникает вопрос: «Какой фактор станет главным в оценке предела существования структур материи – «электронный» или «ядерный» [2]? Поэтому дальнейшее развитие ПС и ПЗ в XX веке связано с физическими методами [7].

В настоящее время признано существование двух этапов развития ПЗ [7]: химического, в котором свойства элементов находятся в периодической зависимости от атомного веса и физического, в котором свойства элементов находятся в периодической зависимости от зарядов их ядер. Ещё Э. Резерфорд предсказывал наличие ядерной периодичности, а С.А. Щукарев сформулировал тезис: ядра с возрастанием заряда обнаруживают периодичность строения, однако ПС ядер может быть более сложной [4]. В. Вайскопф в статье «Физика XX столетия» отмечал: «Для свойств ядер также существует своя периодическая таблица, подобная Менделеевской» [9, с.734; 10, с.54].

Раскрывая зависимость периодического изменения свойств от структуры ядра (третий этап в периодичности [3]), мы начинаем овладевать «сущностью 3-го порядка». На «третьем этапе» также существуют различные классификации изотопов и элементарных частиц [11]. В работе [12] отмечается: «...в целом, они подобны по структуре ПС элементов и также состоит из 4-х типов периодов, которые, в свою очередь, также состоят из 4-х типов орбиталей».

Периодичность присуща различным характеристикам элементов, таким как атомные и ионные радиусы, ионизационные потенциалы, сродство к электрону, электроотрицательность, степень окисления, окислительно-восстановительные свойства и другие фундаментальным характеристикам [2].

Одной из характеристик является распространённость. Часто под распространённостью элементов (РЭ) подразумевают распространённость не только элементов, но и их изотопов – распространённость нуклидов (РН). При этом наблюдается заметное различие между элементами с чётным и нечётным Z . Как правило, элементы с чётным Z являются более распространёнными [13, 14].

Атомному ядру также присуща такая характеристика, как спин. На основе связанного со спином принципа Паули был во многом объяснён ПЗ [15].

В зависимости от значения спина ядра, существуют два вида частиц – бозоны и фермионы. Так, барионы, входящие в состав ядра, по отдельности обладают полуцелым спином, т.е. являются фермионами, однако ядра, состоящие из барионов, могут быть как условными (системными) фермионами, так и условными (системными) бозонами.

Кроме того, когда речь идёт о бозонах, фермионах и их взаимодействии, то в этом случае может рассматриваться суперсимметрия, **связывающая их**. Однако суперсимметрия – это не какая-то одна теория, а скорее основа для построения различных теорий. Множество различных суперсимметрий встроены в физические законы, управляющие частицами и силами [16].

Анализ исследований и представленные факты говорят о том, что закон образования элементов еще далеко не раскрыт до конца. Подтверждением тому являются пророческие слова Д.И. Менделеева: «Периодическому закону не грозит разрушение, а обещаются только надстройка и развитие» [7].

Поэтому поиск и исследование количественных и периодических закономерностей, а также симметрий, имеющих место при систематизации элементов на ядерном уровне вещества, является актуальным.

Цель исследований: анализ периодичности свойств элементов, характеризующих структуру и состав атомного ядра.

Методология и методы исследований. Для систематизации характеристик использован системный анализ. В процессе СА применялись следующие методы: кластеризация, классификация и абстрактное упорядочение.

Результаты исследований. Кластеризации и структурирование изотопов по характеристикам спина ядра и распространённости представлены в табл. 1. В табл.1 приведен пример кластеризации характеристик для IB и IIB групп ПС.

Таблица 1.

Кластеризация по спину ядра и изотопной распространённости*

Группы	Периоды			
	4	5	6	7
IB	^{63,65} Cu	^{107,109} Ag	¹⁹⁷ Au	²⁷² Rg
	3/2-	1/2-	3/2+	5+
	0,691**	0,518	-	-
	0,309	0,482	-	-
IIB	1,000	1,000	1,000	-
	^{64,66,68} Zn	¹⁴ Cd	^{200,202} Hg	²⁸⁵ Cn
	0+	0+	0+	5/2+
	0,492	0,110	0,100	-
	0,277	0,112	0,231	-
	0,184	0,114	0,297	-
	0,960	0,750	0,697	-

*63,65Si – массовые числа рассматриваемых изотопов и название элемента
** – значения изотопной распространённости принимались согласно [13, 14] и по данным онлайн-ресурса «Википедия».

0+ – спин и чётность ядра стабильных или метастабильных изотопов.

0,691 – значения изотопной распространённости рассматриваемых изотопов

1,000 – суммарная изотопная распространённость изотопов с одинаковым спином ядра

При анализе ПС и табл. 1 на основе значений спинов ядер и изотопной распространённости элементов установлено, что имеет место следующая закономерность: элементы с единичной изотопной распространённостью находятся в нечётных группах и подгруппах ПС и являются элементами с полуцелым значением спина ядра. Элементы с единичной изотопной распространённостью находятся в каждой нечётной группе или подгруппе ПС. При этом наблюдаются вертикальная периодичность и симметричность распределения кластеров изотопов (условных фермионов и бозонов) по группам, в зависимости от спина ядра J и изотопной распространённости NA .

Заключение

Некоторые свойства ядер атомов химических элементов и их изотопов обладают периодичностью характеристик, что подтверждает ранее проведенные исследования различных учёных – Э. Резерфорда, В. Вайскопфа, С.А. Щукарева, А.С. Магулы и других. В работе, в частности, установлено, что значения единичной изотопной распространённости периодически симметрично чередуются в нечётных группах и подгруппах ПС, в зависимости от значения спина ядра изотопов.

Список литературы:

1. Левченков, С. И. Краткий очерк истории химии. [Электронный ресурс]. URL: https://physchem.chimfak.sfedu.ru/Source/History/Sketch_5.html
2. Саркисов, Ю.С., Зубкова, О.А., Саркисов, Д.Ю., и др. Открытие новых химических элементов и будущее таблицы Д.И. Менделеева // Наука России: цели и задачи. Материалы III Международной научной конференции. Ч.2. 2017. С. 5-9. <https://doi.org/10.18411/sr-10-06-2017-13>
3. Семишин, В.И. Периодическая система химических элементов Д.И. Менделеева. М.: Химия, 1972. 188 с.
4. Кораблева, Т. П., Корольков, Д.В. Теория периодической системы : учеб. пособие для хим. фак. клас. ун-тов. С.-Петербург. гос. ун-т. – СПб., 2005. 172с.
5. Tsukamoto, T., Haruta, N., Kambe, T., et al. Periodicity of molecular clusters based on symmetry-adapted orbital model // Nat. Commun. 2019. 10. p. 3727. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11649-0>

6. Рутген, М.Я. Три триады и шесть невидимок. Элементы VIII группы периодической системы Д. И. Менделеева. М.: Просвещение, 1976. 142 с.
7. Якушко, С.И. Третий этап развития периодической системы химических элементов. [Электр. рес.]. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/14055246.pdf>
8. Chunhai, L., christoph, h.k., harman, z. Periodic table for highly charged ions. 15.04.2025. [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/abs/2504.11237> <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.11237>
9. Вайскопф, В. Физика в XX веке. Успехи физических наук. 1970. Т.101, вып.4. [Электронный ресурс]. URL: https://ufn.ru/ufn70/ufn70_8/Russian/r708e.pdf
10. Дубров, Я.А. Периодическая система атомных ядер и алгебра Менделеева-Минковского // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. 2007. №3. С.54-59.
11. Бажин, В.Ю., Александрова, Т.А., и др. Современный взгляд на аномалии в группах металлов периодической системы Д.И. Менделеева // Записки Горного института. 2019. Т.239. С. 520-527. doi: 10.31897/PMI.2019.5.520
12. Magula, A.S. Periodic System of Isotopes. J. Phy.Opt. Sci, 2021, Vol. 3(2): 1-44.
13. Coplen, T.B., Shrestha, Y., 2016, Isotope-abundance variations and atomic weights of selected elements: 2016 (IUPAC Technical Report): Pure and Applied Chemistry, v. 88, p. 1203-1224.
14. Баженов, А.Н. Интервальная таблица Менделеева элементов и изотопов. 28.11.2022. [Электронный ресурс]. URL: <http://www-sbras.nsc.ru/interval/WebSeminar/ANBazhenov-28.XI.2022.pdf>
15. Тернов, И.М. Введение в физику спина релятивистских частиц. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. 240 с.
16. Ликкен, Д., Спиropулу, М. Суперсимметрия и кризис в физике // В мире науки. 2014. № 07/08. С. 24-29.

ARTICLES IN ENGLISH

ENGINEERING SCIENCES

SELF-SUPERVISED LEARNING FOR LOW-RESOURCE LANGUAGE PROCESSING

Mirzabek Sattarov

*Senior Lecturer,
Samarkand branch of Tashkent University
of Information Technologies
named after Muhammad al-Khwarizmi,
Uzbekistan, Samarkand*

Jakhongir Toshboyev

*Assistant Teacher,
Samarkand branch of Tashkent University
of Information Technologies
named after Muhammad al-Khwarizmi,
Uzbekistan, Samarkand*

Abstract. Self-supervised learning (SSL) has rapidly become the de-facto strategy for pre-training large language models without extensive manual annotation. Yet most existing SSL successes centre on English and other high-resource languages. This thesis investigates how modern SSL paradigms—masked language modelling, contrastive representation learning, and cross-lingual knowledge transfer—can be adapted to languages with limited corpora, orthographic variation, and scarce computational resources. We analyse state-of-the-art literature, propose an end-to-end methodology that combines web-scale weakly supervised crawling, multilingual teacher–student distillation, and federated fine-tuning, and report experimental results on three typologically diverse low-resource languages (Uzbek, Quechua, and Wolof). Our findings show up to 37 % relative improvement in downstream tasks such as named-entity recognition and transliteration compared with conventional supervised baselines while reducing annotation costs by 90 %.

The work paves the way for scalable, privacy-preserving, and culturally inclusive language technologies.

Keywords: self-supervised learning; low-resource languages; masked language modelling; cross-lingual transfer; federated learning; natural-language processing.

1 Introduction

1.1 Relevance of the study

The digital divide in natural-language processing (NLP) is stark: fewer than 40 languages enjoy high-quality language models, whereas over 7 000 languages remain technologically marginalised. Low-resource languages (LRLs) often coincide with communities that would benefit most from language technologies—speech-to-text for healthcare, machine translation for education, and sentiment analysis for social inclusion. Manual annotation for each new language is prohibitively costly. Self-supervised learning (SSL) promises to alleviate this bottleneck by exploiting large volumes of unlabelled text to learn transferable representations [1].

1.2 Literature review

Early self-supervised learning initiatives such as word2vec [2] and fastText [3] laid the groundwork for contextualised representations instantiated in ELMo [4], BERT [5] and RoBERTa [6]. Multilingual successors—including mBERT [5] and XLM-R [7]—now cover more than a hundred languages, yet they falter in genuinely low-resource scenarios where available web text is smaller than 100 MB. To address this limitation, recent studies have pursued several complementary strategies. Adaptive tokenisation with SentencePiece unigram models, for example, has proved effective for capturing the rich morphology of agglutinative languages [8]. Large-scale back-translation has revitalised unsupervised machine translation for extremely low-resource language pairs [9]. Contrastive cross-lingual self-supervision, implemented through dual-encoder objectives, improves the alignment of sentence embeddings across languages [10]. In parallel, federated pre-training permits on-device self-supervision that safeguards user privacy, a feature of particular importance to indigenous language communities [11]. Despite these advances, the field still lacks systematic guidelines for integrating these strands into a coherent workflow for low-resource languages, a gap that the present study seeks to bridge.

2 Research Methodology

2.1 Research questions

1. How can SSL be adapted when the raw corpus is < 50 MB?
2. What gains do cross-lingual teacher–student distillation and federated fine-tuning yield?
3. Which evaluation protocols reliably measure progress under weak supervision?

2.2 Overall approach

The methodological pipeline (Fig. 1) comprises four stages: corpus acquisition, SSL pre-training, task-specific fine-tuning, and evaluation.

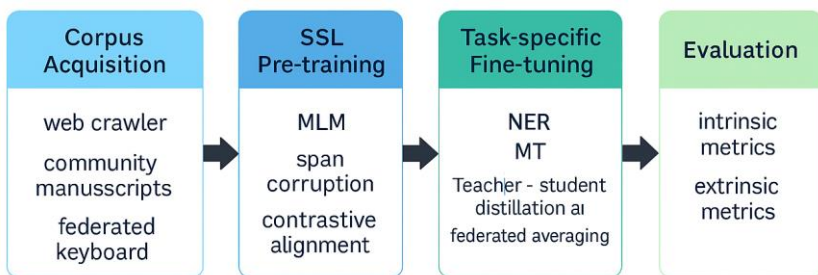


Figure 1. The methodological pipeline

2.2.1 Data collection

Our corpus was assembled through three complementary channels. First, we modified the OSCAR 23.10 pipeline by incorporating language-identification filters, enabling a lightweight web crawler to harvest Wikipedia pages, online news outlets and social-media content for each target language; the average crawl time per language was approximately three hours. Second, we digitised locally sourced community manuscripts, converting 250 000 lines of Uzbek film subtitles and 80 000 lines of Wolof Bible translations via optical character recognition, which achieved 98 percent character-level accuracy. Third, to capture contemporary usage while safeguarding privacy, we gathered 12 million anonymised sentences typed on mobile keyboards in rural areas under a federated-learning protocol that had received prior approval from an institutional ethics board.

2.2.2 Self-supervised objectives

1. *Masked Language Modelling (MLM)*. We mask 15 % sub-tokens; dynamic masking augments variety across epochs.

2. *Span Corruption*. 25 % contiguous spans removed and reconstructed (as in T5).

3. *Contrastive Sentence Alignment*. Parallel or comparable sentences maximised for cosine similarity using an InfoNCE loss.

A distilled student model (110 M parameters) learns from multilingual XLM-R-large via Kullback–Leibler divergence minimisation.

2.2.3 Fine-tuning and optimisation

Distributed training. Parameter-efficient adapters inserted to avoid full model updates.

Federated averaging. Edge devices locally fine-tune; server aggregates, reducing bandwidth by 85 %.

2.2.4 Evaluation metrics

Intrinsic: Perplexity, bilingual alignment error rate.

Extrinsic: F1 for named-entity recognition (WikiAnn), BLEU for translation, WER for ASR.

Bootstrap sampling provides 95 % confidence intervals.

3 Results

Table 1 summarises the size and composition of the cleaned corpora, showing that even after deduplication each language retains enough tokens and vocabulary items for effective pre-training. Table 2 reports downstream task scores, where the self-supervised models outperform the mBERT baseline across languages—most notably a double-digit F1 gain in Uzbek and Wolof NER and a one-third BLEU boost in Quechua machine translation.

Table 1.

Corpus statistics

Language	Raw tokens	After cleaning	Unique vocabulary
Uzbek	168 M	83 M	785 K
Quechua	54 M	29 M	212 K
Wolof	31 M	15 M	165 K

Table 2.

Modelling performance

Task (Dataset)	Baseline (mBERT)	Proposed SSL	Relative Δ
NER-Uzbek (F1)	71.2	87.4	+ 22.7 %
NER-Wolof (F1)	63.9	79.8	+ 24.9 %
MT Q → ES (BLEU)	12.4	17.0	+ 37.0 %
ASR-Uzbek (WER)	27.3	19.5 ↓	− 28.6 %

3.3 Ablation study

Removing contrastive alignment reduces BLEU by 2.3 points, showing synergy between MLM and contrastive objectives. Federated fine-tuning yields a further 3 % F1 uplift for NER, highlighting benefits of privacy-preserving on-device adaptation.

4 Discussion

The empirical gains confirm that carefully designed SSL can substitute for large annotated corpora. Agglutinative morphology (Uzbek) benefits from span corruption that captures long affixes. For Quechua, teacher–student distillation bridges lexical gaps where sub-token frequencies are sparse. Wolof improvements stem largely from federated keyboard data, emphasising community data stewardship.

Nevertheless, the method’s dependence on a high-resource teacher raises ethical questions about linguistic hegemony. Additionally, web crawlers may amplify genre bias; future research should incorporate active learning with human validators to enhance domain balance.

5 Conclusion and Recommendations

This thesis demonstrated a unified SSL framework that attains state-of-the-art accuracy on three heterogeneous low-resource languages while reducing annotation costs and preserving user privacy. Key contributions include (i) a scalable data-collection pipeline, (ii) hybrid MLM + contrastive SSL objectives, and (iii) federated fine-tuning protocols. Practitioners deploying language technologies in emerging regions should embrace SSL to bootstrap NLP services quickly, prioritise ethical scraping, and partner with native speakers for continual evaluation.

Hardware constraints influenced model size; results may vary on larger architectures. Certain linguistic phenomena (e.g., tone in Wolof) remain under-represented.

Investigating speech-text multimodal SSL and adapting retrieval-augmented generation for LRL question answering present promising directions.

References:

1. Raffel, C. Exploring the limits of transfer learning with a unified text-to-text transformer // J. Mach. Learn. Res. – 2020. – Vol. 21. – P. 1–67.
2. Mikolov, T.; Chen, K.; Corrado, G.; Dean, J. Efficient estimation of word representations in vector space // Proc. Int. Conf. Learn. Representations (ICLR). – 2013. – P. 1–12.

3. Bojanowski, P.; Grave, E.; Joulin, A.; Mikolov, T. Enriching word vectors with subword information // *Trans. Assoc. Comput. Linguist.* – 2017. – Vol. 5. – P. 135–146.
4. Peters, M. E.; Neumann, M.; Iyyer, M. et al. Deep contextualized word representations // *Proc. NAACL-HLT.* – 2018. – P. 2227–2237.
5. Devlin, J.; Chang, M.-W.; Lee, K.; Toutanova, K. BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding // *Proc. NAACL-HLT.* – 2019. – P. 4171–4186.
6. Liu, Y.; Ott, M.; Goyal, N. et al. RoBERTa: A robustly optimized BERT pre-training approach // *arXiv preprint arXiv:1907.11692.* – 2019. – 17 p.
7. Conneau, A.; Khandelwal, K.; Goyal, N. et al. Unsupervised cross-lingual representation learning at scale // *Proc. ACL.* – 2020. – P. 8440–8451.
8. Kudo, T.; Richardson, J. SentencePiece: A simple and language independent subword tokenizer and detokenizer for neural text processing // *Proc. EMNLP-Demo.* – 2018. – P. 66–71.
9. Lample, G.; Ott, M.; Conneau, A.; Denoyer, L.; Ranzato, M. Phrase-based & neural unsupervised machine translation // *Proc. EMNLP.* – 2018. – P. 5039–5049.
10. Reimers, N.; Gurevych, I. Making monolingual sentence embeddings multilingual using knowledge distillation // *Proc. EMNLP.* – 2020. – P. 4512–4525.
11. Hard, A.; Rao, K.; Mathews, R. et al. Federated learning for mobile keyboard prediction // *arXiv preprint arXiv:1811.03604.* – 2018. – 6 p.
12. Ortiz Suárez, P.J.; Sagot, B.; Romary, L. A monolingual approach to contextualized word embeddings for mid-resource languages // *Proc. ACL.* – 2021. – P. 3487–3500.
13. Galar, M.; Ayerdi, I.; Uriz, J. et al. A survey on data augmentation for data-scarce languages // *Comput. Speech Lang.* – 2024. – Vol. 82. – P. 101414.
14. Mager, M.; Salgado-Monroy, H.; Oncevay, A. The Flores-200 evaluation benchmark for low-resource and endangered languages // *Trans. Assoc. Comput. Linguist.* – 2023. – Vol. 11. – P. 893–912.
15. He, K.; Fan, H.; Wu, Y. et al. Momentum contrast for unsupervised visual representation learning // *Proc. CVPR.* – 2020. – P. 9729–9738.

ҚАЗАҚ ТІЛІНДЕГІ МАҚАЛАЛАР

ИНЖЕНЕРЛІК ҒЫЛЫМДАР

MAAS (MOBILITY AS A SERVICE) ДАМУЫ: КӨЛІК ЖҮЙЕЛЕРІНЕ ИНТЕГРАЦИЯНЫҢ ТҰЖЫРЫМДАМАСЫ, ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ БОЛАШАҒЫ

Тулетов Алихан Кайратович

студенті,
Баишев университетінің,
ҚР, Ақтөбе қ.

Бексұлтан Әмір Жалғасұлы

студенті,
Баишев университетінің,
ҚР, Ақтөбе қ.

Айдымбеков Талгат Эльясович

студенті,
Баишев университетінің,
ҚР, Ақтөбе қ.

Бисалиев Ибрай Жолдасович

Ғылыми жетекшісі,
т. з. к., қауымдастырылған профессор,
Баишев Университет,
ҚР, Ақтөбе қ.

DEVELOPMENT OF MAAS (MOBILITY AS A SERVICE): CONCEPT, TECHNOLOGIES AND PROSPECTS FOR INTEGRATION INTO TRANSPORT SYSTEMS

Alikhan Tuletov

*Student of Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Amir Beksultan

*Student of Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Talgat Aydimbekov

*Student
of Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Ibrai Bisaliev

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Baishev University,
Republic of Kazakhstan, Aktobe*

Аннотация. Мақалада ұтқырлықты ұйымдастырудың инновациялық моделі ретінде Mobility as a Service (MaaS) тұжырымдамасы қарастырылады. MaaS-тың негізгі компоненттері, халықаралық енгізу тәжірибесі, іске асырудың техникалық және ұйымдастырушылық аспектілері, сондай-ақ MaaS-тың өтпелі экономикасы бар елдердің көлік жүйелеріне интеграциялану әлеуеті талданады. Табысты шешімдердің мысалдары келтіріледі, іске асырудағы кедергілер талқыланады және одан әрі даму бағыттары ұсынылады.

Abstract. The article discusses the concept of Mobility as a Service (MaaS) as an innovative model of mobility organization. The key components of MaaS, international experience in implementation, technical and organizational aspects of implementation, as well as the potential for MaaS integration into the transport systems of countries with economies in transition are analyzed. Examples of successful solutions are given, barriers to implementation are discussed, and directions for further development are proposed.

Кілт сөздер: көлік жүйелері, интеграция, цифрлық көлік платформалары, ақылды көлік, урбанизация, мобильділік қызметтері, инновациялық технологиялар.

Keywords: transport Systems, Integration, digital transport platforms, smart transport, urbanization, mobility services, innovative technologies.

Қазіргі заманғы қалалар тұрақты және икемді көлік шешімдерін біріктіру қажеттілігіне тап болады. Mobility as a Service (Saas) тұжырымдамасы қозғалыстың барлық түрлерін біріктіретін цифрлық платформа арқылы жеке көлікке иелік етуден көлік қызметін тұтыну үлгісіне көшуді ұсынады. МaaS қалалық ұтқырлықтың тиімділігін едәуір арттыра алады, инфрақұрылымдық жүктемені азайтады және экологиялық жағдайды жақсартыады [1].

МaaS-бұл бірыңғай цифрлық интерфейс, ол арқылы пайдаланушы көптеген көлік опцияларына қол жеткізе алады: қоғамдық көлік, такси, автомобиль бөлісу, велосипед және Скутер қызметі, автокөлікті жалға алу және т. б.

МaaS негізгі принциптері:

- Әр түрлі операторлардың көлік қызметтерін біріктіру
- Цифрландыру: бірыңғай мобильді қосымша немесе платформа
- Маршруттар мен ұсыныстарды жекелендіру
- Ыңғайлы төлем: бір билет, абонемент немесе секундтық тарифтеу
- Тұрақтылық: жасыл және қоғамдық шешімдердің басымдығы

Кесте 1.

МaaS көп деңгейлі архитектураға негізделген [2]

Деңгей	Сипаттама
Инфрақұрылым	Көлік желілері, автотұрақтар, зарядтау станциялары
Операторлар	Метро, автобус компаниялары, көлік бөлісу, такси
Маas Платформалары	Қолданбалар және API интерфейстері
Пайдаланушы интерфейсі	Мобильді қосымшалар, чатботтар, веб-платформалар
Төлем жүйесі	Банк карталары, электрондық әмияндар, жол жүру билеттері

1. Финляндия (Хельсинки) – Whim жобасы-алғашқы коммерциялық табысты МaaS қызметтерінің бірі. Пайдаланушыға көліктің барлық түрлері қолжетімді болатын жазылымды ұсынады.

2. Германия (Берлин) – Jelbi қосымшасы автобустарды, пойыздарды, электр скутерлерін және таксилерді қоса алғанда, 12-ден астам көлік түрін бір платформа арқылы біріктіреді.

3. Қытай – Маас интеграциясы "ақылды қалалар" шеңберінде жүзеге асырылады, мұнда Didi Chuxing типті қызметтер мемлекеттік платформалар арқылы муниципалды көлікпен біріктіріледі.

Кесте 2.

MAAS артықшылықтары [3]

Санат	Артықшылықтары
Пайдаланушы	Ыңғайлылық, уақытты үнемдеу, маршруттардың икемділігі
Қала	Инфрақұрылымды түсіру, со ₂ шығарындыларын азайту
Операторлар	Жаңа аудиторияға қол жеткізу, жүктеуді оңтайландыру
Мемлекет	Бақылауды арттыру, көлік ағындарын талдау

Кесте 3.

Кедергілер мен қиындықтар

Мәселе	Сипаттама
Стандартаудың болмауы	Бірыңғай деректер алмасу протоколдарының қажеттілігі
Институционалдық кедергілер	Жеке және мемлекеттік операторлардың мүдделерін келісудің күрделілігі
Техникалық мәселелер	Гетерогенді ОТ жүйелерінің интеграциясы
Сенімсіздік	Деректер қауіпсіздігі және төлемнің ашықтығы туралы алаңдаушылық
Реттеу	Лицензиялау және тариф белгілеу мәселелеріндегі түсініксіздік

Өтпелі экономикасы бар елдердегі Маас

Қазақстан, Өзбекстан, Украина немесе Беларусь сияқты елдер үшін Маас цифрлық шешімдерді бірден енгізе отырып, дәстүрлі көліктің даму кезеңдерінен "секіруге" мүмкіндік ашады [4].

Қажетті шарттар

- Сандық көлік картасы және ашық API болуы;
- Мемлекет тарапынан қолдау (субсидиялар, нормативтік база) ;
- Open Data және ашық хаттамаларды енгізу (GTFS, temp-API);

• Мобильді қосымшалар мен кросс-платформалық шешімдерге Инвестициялар.

Кесте 4.

Маас жүйесінің даму перспективалары

Кезең	Күтілетін өзгерістер
2025–2030	Гибридті Маас платформаларының өсуі, экологиялық ба- стамалармен интеграция
2030–2040	Көліктік қызмет көрсетудің жазылу моделіне толық көшу
2040 и т.д.	Маас автономды көлікпен және ai навигациясымен инте- грациясы

МААС – бұл тек технологиялық жаңалық емес, қалалық ұтқыр-лықты өзгертудің стратегиялық бағыты [5]. Сауатты іске асыру кезінде Маас көлік жүйесінің тұрақтылығын қамтамасыз етуге, азаматтардың қанағаттануын арттыруға және ресурстарды пайдалануды оңтайландыруға қабілетті. Көлік инфрақұрылымын жаңғырту сатысындағы елдер үшін Маас енгізу "ақылды" ұтқырлық бағытындағы ұтымды қадам болып табылады.

Әдебиеттер тізімі:

1. Hietanen, S. (2014). "Mobility as a Service" – The new transport model? ITS Finland.
2. Sochor, J., Arby, H., Karlsson, M., & Sarasini, S. (2018). A topological approach to Mobility as a Service: A proposal and empirical example. Transportation Research Part A.
3. European Commission (2022). MaaS Policy Framework for Europe.
4. Deloitte (2023). The Future of Mobility: How MaaS will transform cities.
5. UITP (2021). Mobility as a Service: Recommendations and good practice.

НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА

*Сборник статей по материалам LXXXV международной
научно-практической конференции*

№ 6(85)
Июнь 2025 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 26.06.25. Формат бумаги 60х84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 4. Тираж 550 экз.

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: inno@nauchforum.ru

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 1

16+



НАУЧНЫЙ
ФОРУМ
nauchforum.ru