

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: КОНВЕРГЕНЦИЯ, ВЫЗОВЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Темиров Кудратали Абдувахоб угли, Дадамирзаев Музаффар
Гуломкодирович

Наманганский государственный технический университет
E-mail: 1t.q.a.1997@gmail.com, 2muzaffardadamir81@gmail.com
DOI: 10.61587/mmit.tiue.uz.v1i1.403

Аннотация: В данной статье рассматривается конвергенция трёх ключевых направлений современной компьютерной науки: информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), программной инженерии и искусственного интеллекта (ИИ). На основе анализа актуальных исследований, мировой статистики и практических кейсов выявлены системные взаимосвязи, определены технологические вызовы и предложены пути интеграции указанных дисциплин в контексте цифровой трансформации экономики и общества. Особое внимание уделяется методологии MLOps, архитектурам больших языковых моделей и современным практикам DevSecOps.

Ключевые слова: ИКТ, искусственный интеллект, программная инженерия, MLOps, DevOps, глубокое обучение, цифровая трансформация, большие языковые модели, конвергенция технологий.

MODERN INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES, SOFTWARE ENGINEERING, AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: CONVERGENCE, CHALLENGES, AND PROSPECTS

Kudratali Abduvakhob ugli Temirov , Muzaffar Gulomkodirovich Dadamirzayev

Namangan State Technical University
E-mail: 1t.q.a.1997@gmail.com, 2muzaffardadamir81@gmail.com

Abstract: This article examines the convergence of three key areas of modern computer science: Information and Communication Technologies (ICT), Software Engineering, and Artificial Intelligence (AI). Based on the analysis of current research, global statistics, and practical case studies, systemic interrelationships are identified, technological challenges are determined, and approaches for integrating these disciplines within the context of the digital transformation of the economy and society are proposed. Particular attention is paid to the MLOps methodology, large language model architectures, and modern DevSecOps practices.

Keywords: ICT, artificial intelligence, software engineering, MLOps, DevOps, deep learning, digital transformation, large language models, technology convergence.

ВВЕДЕНИЕ

Мы живём в эпоху, когда технологии перестали быть инструментом и превратились в среду обитания. Если двадцать лет назад компьютерные науки развивались относительно автономно - сетевые технологии сами по себе, разработка программного обеспечения сама по себе, а «искусственный интеллект» воспринимался как академическая абстракция, - то сегодня эти три области образуют неразрывный технологический континуум.

За последние годы объём мирового рынка искусственного интеллекта вырос почти в пять раз: с 50 млрд долларов в 2020 году до более чем 243 млрд в 2024-м. Число

специалистов в области машинного обучения увеличилось с 2,3 до 7,6 миллиона человек. Охват широкополосного интернета достиг 69% мирового населения, а парк IoT-устройств перешагнул отметку в 18 миллиардов единиц [6-7].

Именно на пересечении этих трёх дисциплин рождаются наиболее революционные решения нашего времени: от систем диагностики заболеваний по медицинским снимкам до генеративных моделей, способных писать код, создавать музыку и анализировать юридические документы.

Цель данной работы - системно охарактеризовать современное состояние ИКТ, программной инженерии и ИИ, проследить линии их конвергенции, обозначить ключевые технологические вызовы и наметить перспективные направления для исследований и практического внедрения.

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ИНФРАСТРУКТУРНЫЙ ФУНДАМЕНТ

Сетевая инфраструктура нового поколения

Переход к сетям пятого поколения (5G) ознаменовал не просто увеличение пропускной способности, но качественный сдвиг в парадигме коммуникаций. Задержка в сетях 5G снижена до 1 миллисекунды, что открывает возможности для промышленных систем управления в реальном времени, роботизированной хирургии и автономного транспорта [7].

Параллельно развивается концепция edge computing - вычислений на периферии сети. Вместо централизованной обработки данных в облаке предварительная аналитика выполняется непосредственно на граничных устройствах: промышленных контроллерах, медицинских датчиках, видеокамерах. Это сокращает latency, снижает нагрузку на магистральные каналы и повышает конфиденциальность данных.

Облачные экосистемы и гибридные архитектуры

Ни одна крупная организация сегодня не обходится без облачной инфраструктуры. Рынок облачных вычислений структурировался вокруг трёх крупнейших провайдеров - AWS, Microsoft Azure и Google Cloud, - однако реальная практика всё чаще подразумевает мультиоблачные и гибридные развёртывания.

Гибридная архитектура позволяет сочетать контроль над критичными данными (on-premise) с гибкостью публичного облака (масштабирование под нагрузку, доступ к специализированным GPU-кластерам для обучения ИИ-моделей). Стандартом де-факто для оркестрации контейнерных рабочих нагрузок стал Kubernetes [9-10].

Таблица 1

Сравнительная характеристика основных технологий ИИ

Технология	Точность (%)	Скорость обработки	Область применения
Глубокое обучение (DNN)	94–98	Высокая	Распознавание образов, NLP
Машинное обучение (ML)	85–92	Средняя	Классификация, регрессия
Экспертные системы	78–85	Низкая	Диагностика, правила
Нейросимволические системы	91–96	Средняя	Гибридные задачи
Генеративный ИИ (LLM)	90–97	Высокая	Текст, код, изображения

ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ: ОТ КАСКАДА К НЕПРЕРЫВНОЙ ПОСТАВКЕ

Эволюция методологий разработки

Программная инженерия прошла долгий путь от строгих каскадных моделей к гибким методологиям. Agile-манифест, сформулированный ещё в 2001 году, задал систему ценностей, в которой живые люди и их взаимодействие важнее процессов и инструментов, а реакция на изменения важнее следования плану.

Сегодня около 71% организаций, занимающихся разработкой программного обеспечения, используют те или иные Agile-практики. Scrum как наиболее распространённый фреймворк предлагает работу короткими итерациями (спринтами), ежедневные стендапы и регулярные ретроспективы [4].

DevOps и DevSecOps: культура непрерывной поставки

Практика DevOps стёрла традиционную границу между разработкой и эксплуатацией. Непрерывная интеграция и непрерывная поставка (CI/CD) позволяют командам выпускать обновления несколько раз в день, автоматически проверяя качество кода на каждом шаге.

Эволюция DevOps в сторону DevSecOps означает встраивание практик безопасности непосредственно в конвейер разработки: автоматическое сканирование уязвимостей, анализ зависимостей, тестирование на проникновение в рамках CI-пайплайна. Это смещение принципа «безопасность как дополнение» к «безопасность как требование с первого коммита» [12].

Таблица 2

Сравнение методологий программной инженерии

Методология	Ключевые характеристики	Применимость
Waterfall	Последовательность этапов, строгая документация	Стабильные требования, гос. проекты
Agile/Scrum	Итерации (спринты), гибкость, команды	Стартапы, web/mobile разработка
DevOps	CI/CD, автоматизация, мониторинг	Облачные сервисы, SaaS
MLOps	Версионирование моделей, пайплайны данных	AI/ML-продукты, аналитика
Extreme Programming (XP)	TDD, парное программирование, рефакторинг	Малые команды, быстрые релизы

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ: АРХИТЕКТУРЫ, ВОЗМОЖНОСТИ, ОГРАНИЧЕНИЯ

Глубокое обучение и трансформеры

Архитектура трансформера, предложенная в статье «Attention is All You Need» (Vaswani et al., 2017), произвела революцию в обработке последовательных данных. Механизм самовнимания (self-attention) позволил моделям улавливать дальние зависимости в тексте, что дало толчок к созданию больших языковых моделей (LLM): GPT, BERT, LLaMA и их последователей [2].

К 2024 году параметрическая сложность передовых LLM достигла сотен миллиардов параметров. Появились мультимодальные системы, совмещающие понимание текста, изображений, аудио и видео в единой архитектуре. Концепция RLHF

(обучение с подкреплением на основе обратной связи от людей) позволила существенно улучшить выравнивание поведения модели с человеческими ценностями [1,8].

MLOps: инженерия машинного обучения

Разрыв между «ноутбуком исследователя» и «моделью в продакшне» долго оставался одной из главных болезней индустрии. MLOps возник как дисциплина, заполняющая этот разрыв: версионирование данных и моделей, автоматизация экспериментов, мониторинг дрейфа данных, оркестрация пайплайнов обучения [3].

Инструменты вроде MLflow, Kubeflow, DVC и Weights & Biases сформировали экосистему, позволяющую воспроизводить эксперименты, откатывать модели и масштабировать вычисления. MLOps сегодня - это не набор инструментов, а культура и процесс, аналогичный DevOps для традиционного ПО [3,11].

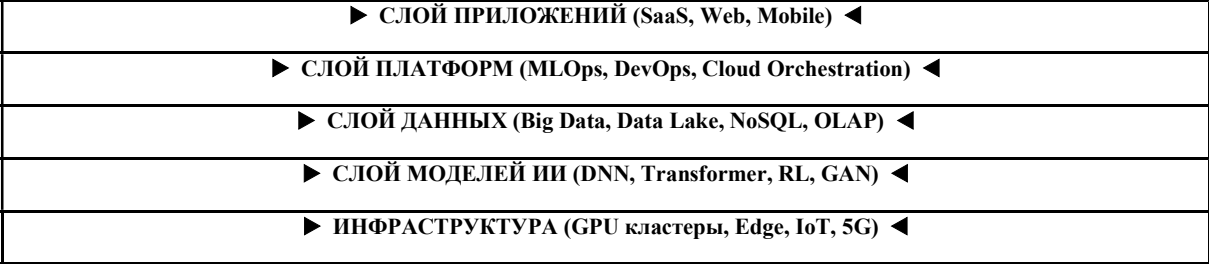


Рисунок 1. Многоуровневая архитектура современной ИИ-системы
Стрелки обозначают поток данных и управления между уровнями системы

КОНВЕРГЕНЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ: ЭФФЕКТЫ И СИНЕРГИЯ

Отраслевые эффекты внедрения ИИ

Наиболее наглядно конвергенция ИКТ, программной инженерии и ИИ прослеживается в отраслевых кейсах. Финансовый сектор лидирует по уровню внедрения ИИ-решений (94%), что объясняется наличием огромных объёмов структурированных исторических данных и экономической ценностью улучшения точности прогнозов хотя бы на десятки доли процента [6].

Здравоохранение занимает второе место (82%), активно применяя компьютерное зрение для диагностики по медицинским снимкам и NLP - для анализа клинических записей и ускорения поиска релевантных исследований. Образование, транспорт и государственное управление находятся в стадии активной цифровой трансформации.

Отрасль	Уровень внедрения ИИ (2024)	%
Здравоохранение	82%	82%
Образование	71%	71%
Финансы	94%	94%
Промышленность	67%	67%
Транспорт	78%	78%
Госуправление	59%	59%

Рисунок 2. Уровень внедрения ИИ по отраслям экономики (2025 г.)
Источник: составлено автором по данным McKinsey Global AI Survey 2024, Gartner [5].

Глобальная динамика рынка ИКТ и ИИ

Нижеприведённые данные иллюстрируют экспоненциальный рост ключевых показателей отрасли за период 2020–2024 годов. Особенно впечатляет динамика рынка ИИ: увеличение почти в пять раз за четыре года. Это опережает темпы роста любого другого технологического сектора в истории.

Таблица 3

Динамика ключевых показателей рынка ИКТ и ИИ (2020–2024)

Показатель	2020	2022	2024
Объём рынка ИИ (млрд \$)	50.1	119.8	243.7
Число ML-специалистов (млн)	2.3	4.1	7.6
Охват ШПД (% населения)	57%	63%	69%
IoT-устройства (млрд шт.)	9.7	14.4	18.8
Инвестиции в ИКТ (трлн \$)	4.5	5.2	6.1

Источник: Statista, IDC, World Bank Digital Report 2024

Технологические вызовы конвергенции

Несмотря на очевидные успехи, конвергенция трёх технологических направлений порождает ряд серьёзных вызовов. Первый и, пожалуй, наиболее острый - проблема объяснимости ИИ (Explainable AI, XAI). Глубокие нейронные сети, демонстрируя высокую точность, функционируют как «чёрные ящики», что создаёт правовые и этические риски при применении в чувствительных областях - медицине, судопроизводстве, кредитовании [2,8].

Второй вызов - управление данными и конфиденциальность. Обучение LLM требует колоссальных массивов данных, часть которых может содержать персональную информацию. Регуляторные рамки - GDPR в Европе, отраслевые стандарты безопасности - ужесточаются, вынуждая разработчиков внедрять методы федеративного обучения и дифференциальной приватности.

Третий вызов носит кадровый характер: дефицит специалистов, способных работать на пересечении трёх дисциплин - понимающих сетевую инфраструктуру, владеющих инженерией ПО и разбирающихся в математических основах ML, - остаётся острой проблемой рынка труда [4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённый анализ позволяет констатировать: ИКТ, программная инженерия и искусственный интеллект сегодня - это не три параллельных трека, а три измерения единого технологического пространства. Продуктивные системы следующего десятилетия будут строиться на осознанном проектировании взаимодействий между этими уровнями.

Мы наблюдаем становление нового типа специалиста - «цифрового архитектора», для которого знания в области сетевых технологий, культура DevSecOps и понимание принципов работы трансформерных архитектур являются единым профессиональным ядром. Именно подготовка таких специалистов становится приоритетной задачей технических университетов.

К перспективным направлениям исследований автор относит: квантово-классические гибридные вычислительные системы; нейроморфные процессоры для

энергоэффективного выполнения ИИ-нагрузок на периферийных устройствах; архитектуры «ИИ как услуга» (AIaaS) с гарантиями конфиденциальности на уровне протокола; а также разработку международных стандартов этики и аудита ИИ-систем.

Конвергенция технологий - это не тенденция, которую можно игнорировать. Это реальность, к которой необходимо адаптировать исследовательские программы, учебные планы и корпоративные стратегии. Те организации и страны, которые сумеют выстроить экосистему, органично объединяющую все три домена, получат устойчивое конкурентное преимущество в цифровой экономике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L., & Polosukhin, I. (2017). Attention is All You Need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30, 5998–6008.
2. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
3. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
4. Bass, L., Clements, P., & Kazman, R. (2021). *Software Architecture in Practice* (4th ed.). Addison-Wesley.
5. Kleppmann, M. (2017). *Designing Data-Intensive Applications*. O'Reilly Media.
6. Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data Science for Business*. O'Reilly Media.
7. Humble, J., & Farley, D. (2010). *Continuous Delivery*. Addison-Wesley.
8. Sculley, D., Holt, G., Golovin, D., Davydov, E., Phillips, T., Ebner, D., Chaudhary, V., Young, M., Crespo, J.-F., & Dennison, D. (2015). Hidden Technical Debt in Machine Learning Systems. In *Proceedings of the 28th International Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2015)* (pp. 2503–2511). MIT Press.
9. Kim, M., Zimmermann, T., DeLine, R., & Begel, A. (2016). The emerging role of data scientists on software development teams. In *Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering (ICSE 2016)* (pp. 96–107). ACM. <https://doi.org/10.1145/2884781.2884783>
10. Gartner. (2024). *Top Technology Trends 2024*. Gartner Research Report. <https://www.gartner.com>
11. McKinsey Global Institute. (2024). *The state of AI in 2024*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com>
12. IDC. (2024). *Worldwide AI and Generative AI Spending Guide*. IDC Report. <https://www.idc.com>