УДК 378.147:004.8

МОДЕЛЬ TICII ИНТЕГРАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС: ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА И ПРАКТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Хаитов Умиджон Хамидович,
доцент кафедры искусственного интеллекта
и информационной безопасности
Бухарского государственного университета
u.h.hayitov@buxdu.uz
ORCID: 0000-0002-5342-7150

В статье проанализированы теоретические и практические основы интеграции технологий искусственного интеллекта (ИИ) в образовательный процесс. Предлагаемая модель TICII (Трансформация – Индивидуализация – Компетентность – Инклюзивность – Интеграция) охватывает этапы цифровой трансформации образовательной инфраструктуры, разработку персонализированных траекторий обучения, развитие аналитических и творческих компетенций, реализацию принципов инклюзивного образования и формирование единой цифровой экосистемы. Функциональные и практические этапы модели взаимосвязаны через механизм обратной связи и обеспечивают системную цифровизацию и инновационное управление образовательным процессом. Результаты исследования показывают, что внедрение модели TICII способствует повышению качества образования, укреплению личностно-ориентированных подходов и подготовке специалистов, обладающих современными цифровыми компетенциями.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, цифровое образование, модель TICII, образовательные инновации, индивидуальная траектория обучения, цифровая компетентность, инклюзивная среда.*

SUN’IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARINI TA’LIM JARAYONIGA INTEGRATSIYALASHNING TICII MODELI: NAZARIY ASOS VA AMALIY YO‘NALISHLAR

Maqolada sun’iy intellekt (SI) texnologiyalarini ta’lim jarayoniga integratsiyalashning nazariy va amaliy asoslari tahlil qilingan. Taklif etilayotgan TICII modeli (Transformatsiya – Individuallashtirish – Kompetensiya – Inklyuzivlik – Integratsiya) ta’lim infratuzilmasini raqamli transformatsiyalash qilish, individuallashtirilgan ta’lim trayektoriyalarini ishlab chiqish, analitik va ijodiy kompetensiyalarni rivojlantirish, inklyuziv ta’lim tamoyillarini amalga oshirish hamda yagona raqamli ekotizimni shakllantirish bosqichlarini qamrab oladi. Modelning funksional va amaliy bosqichlari teskari aloqa mexanizmi orqali o‘zaro bog‘langan bo‘lib, ta’lim jarayonini tizimli raqamlashtirish va innovatsion boshqarishni ta’minlaydi. Tadqiqot natijalari TICII modelini ta’lim jarayoniga joriy etish ta’lim sifatini oshirish, shaxsga yo‘naltirilgan yondashuvlarni mustahkamlash hamda zamonaviy raqamli kompetensiyalarga ega mutaxassislarni tayyorlashga xizmat qilishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: *sun’iy intellekt, raqamli ta’lim, TICII modeli, ta’lim innovatsiyalari, individuallashtirilgan ta’lim trayektoriyasi, raqamli kompetentlik, inklyuziv muhit.*

THE TICII MODEL FOR INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES INTO THE EDUCATIONAL PROCESS: THEORETICAL FOUNDATIONS AND PRACTICAL DIRECTIONS

This article analyzes the theoretical and practical foundations of integrating artificial intelligence (AI) technologies into the educational process. The proposed TICII model (Transformation – Individualization – Competence – Inclusivity – Integration) encompasses the stages of digital transformation of educational infrastructure, the development of personalized learning trajectories, the enhancement of analytical and creative competencies, the promotion of inclusive education principles, and the creation of a unified digital ecosystem. The model's functional and practical stages are interrelated through a feedback mechanism, ensuring systematic digitalization and innovative management of the learning process. The research results demonstrate that implementing the TICII model contributes to improving education quality, strengthening learner-centered approaches, and developing professionals equipped with modern digital competencies.

Keywords: *artificial intelligence, digital education, TICII model, educational innovation, personalized learning pathway, digital competence, inclusive environment.*

Введение. Технологии искусственного интеллекта (ИИ) сегодня охватывают практически все сферы общества, приобретая стратегическое значение не только для промышленности или здравоохранения, но и для системы образования – ключевой области формирования человеческого капитала [1]. В условиях глобализации и цифровой трансформации образовательный процесс переходит от традиционной модели к интеллектуальной, гибкой и индивидуализированной системе [2]. В этой связи применение ИИ в сфере образования становится не просто техническим новшеством, но научно-педагогической необходимостью.

Искусственный интеллект – это интеллектуальные системы, способные имитировать отдельные функции человеческого мышления: обучаться, анализировать данные, принимать решения и адаптироваться к условиям среды [3]. В образовательном процессе ИИ-инструменты позволяют анализировать индивидуальный уровень усвоения учащихся, формировать персонализированные учебные траектории, оптимизировать деятельность педагогов и автоматизировать административные процессы [4]. Тем самым ИИ выступает как эффективный инструмент повышения качества образования, создания инклюзивной учебной среды и подготовки обучающихся к современному рынку труда [5].

В Республике Узбекистан ведётся масштабная работа по цифровизации образования и внедрению ИИ. В «Концепции цифрового образования на 2020–2030 годы» технологии искусственного интеллекта определены как один из приоритетов повышения качества образования [6]. В этом контексте возникает потребность в разработке научно обоснованной модели их системной интеграции в образовательную деятельность. Цель настоящего исследования – разработать и обосновать модель TICII (Transformation – Individualization – Competence – Inclusivity – Integration) как системный подход к интеграции ИИ-технологий в образовательный процесс, описать её структурные компоненты, функциональные механизмы и критерии оценки эффективности.

Методология. Исследование проводилось с применением комплекса теоретических методов: системного анализа научной литературы по проблемам интеграции ИИ в образование, сравнительного анализа существующих моделей цифровизации образовательных систем, а также концептуального моделирования. При разработке модели TICII применялся структурно-функциональный подход, позволяющий охарактеризовать каждый компонент с точки зрения его функциональных задач и практической значимости. Математическое представление модели строилось на методах образовательной аналитики и коэффициентного анализа [15, 16].

Теоретическую базу составили труды ведущих международных исследователей в области педагогики, цифрового образования и искусственного интеллекта: UNESCO [1, 8], Holmes, Bialik & Fadel [2], Russell & Norvig [3], Luckin et al. [11], а также материалы ОЭСР [5] и Всемирного экономического форума [7]. Критерии отбора источников включали релевантность теме, год публикации (преимущественно 2014–2022) и индексирование в международных наукометрических базах (Scopus, Web of Science) либо принадлежность к официальным документам международных организаций.

Анализ включал выявление ключевых факторов, обусловливающих необходимость использования ИИ в образовании, и последующую концептуализацию этих факторов в форме взаимосвязанных компонентов модели TICII.

Результаты.

Факторы, определяющие необходимость интеграции ИИ в образование

Анализ научной литературы позволяет выделить пять ключевых факторов, обусловливающих необходимость применения ИИ-технологий в образовательных системах.

Во-первых, модернизация образования в условиях цифровой трансформации. Цифровые технологии формируют новую архитектуру образовательной системы. Платформы на основе ИИ обеспечивают мониторинг учебного процесса, прогнозирование результатов и принятие управленческих решений на основе данных [1].

Во-вторых, реализация личностно-ориентированного обучения. Технологии ИИ анализируют индивидуальные когнитивные особенности обучающихся и формируют адаптивные учебные траектории. Системы intelligent tutoring подбирают задания в соответствии с предыдущими результатами каждого учащегося [7].

В-третьих, подготовка кадров с цифровыми компетенциями. В современной экономике цифровая грамотность и навыки работы с ИИ являются ключевыми. Система образования должна обеспечить их формирование через ИИ-лаборатории, симуляции и виртуальные тренинги [7].

В-четвёртых, обеспечение качества, справедливости и инклюзивности. Системы преобразования речи в текст и распознавания изображений позволяют учащимся с ограниченными возможностями полноценно участвовать в образовательном процессе [8, 9].

В-пятых, интеграция деятельности педагога и учащегося через инновационные технологии. ИИ автоматизирует проверку работ, формирование учебных планов и анализ психоэмоционального состояния учащихся, высвобождая время педагога для творческой и аналитической деятельности [10].

Структура и содержание модели TICII

На основе анализа указанных факторов разработана модель TICII, объединяющая теоретические и практические направления внедрения AI-технологий в образование. Концептуальная структура модели представлена на рисунке 1 (звёздная модель), а её содержание и научные основы – в таблице 1.

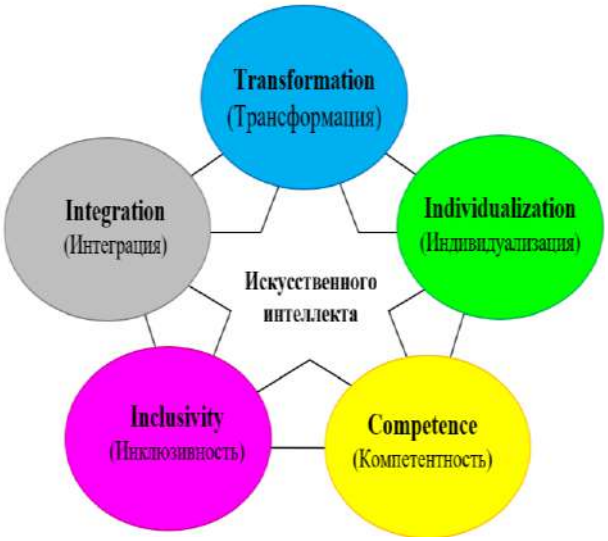


Рисунок 1. Звёздная модель TICII внедрения технологий искусственного интеллекта в образование

Модель TICII обеспечивает гармонизацию образовательной системы с требованиями цифрового общества, создавая условия для системного и человекоцентричного применения ИИ-технологий. Пять компонентов модели образуют взаимосвязанную концептуальную систему и формируют комплексную цифровую образовательную среду.

Таблица 1.

Содержание и научные основы модели TICII

Компонент модели	Содержание и научно-практическая значимость
Transformation (Трансформация)	Образовательная система обновляется на основе цифровой инфраструктуры. Платформы и AI-технологии обеспечивают автоматизацию процессов управления и мониторинга, формируя технологическую базу для интеграции искусственного интеллекта.
Individualization (Индивидуализация)	Разработка образовательных стратегий, адаптированных к индивидуальным потребностям и стилям обучения. Алгоритмы ИИ анализируют темп освоения и достижения обучающихся, формируя персонализированные траектории.
Competence (Компетентность)	Развитие цифровых, аналитических и креативных навыков. С помощью AI моделируются проблемные ситуации, формируются способности к самостоятельному принятию решений и инновационному мышлению.
Inclusivity (Инклюзивность)	Обеспечение равных возможностей для всех категорий обучающихся посредством систем распознавания речи, автоматического перевода и визуальной поддержки – реализация принципов справедливости в образовании.
Integration (Интеграция)	Объединение деятельности учителя, ученика, учебных программ и системы управления в единую цифровую экосистему, обеспечивающую непрерывность образовательного процесса и эффективную обратную связь.

Функциональные этапы модели TICII и механизм их взаимодействия

Этап трансформации – цифровая инфраструктура и автоматизация управления.

Инфраструктура образовательной системы полностью переводится в цифровой формат, а процессы управления автоматизируются на основе ИИ. Применение баз данных, образовательных платформ и аналитических систем обеспечивает прозрачность, оперативность и точность образовательного процесса, формируя технологический фундамент для последующих этапов [12].

Этап индивидуализации – персонализированная образовательная траектория.

Системы ИИ анализируют уровень знаний, скорость усвоения, когнитивные особенности и предпочтительные стили обучения каждого учащегося. На основе этих данных формируется индивидуальная образовательная траектория [2], а педагоги получают аналитические рекомендации для дифференцированной работы [11].

Этап компетентности – развитие аналитических и творческих навыков.

ИИ-инструменты моделируют проблемные ситуации, стимулируют аналитическое и творческое мышление обучающихся, формируют навыки самостоятельного принятия решений [13]. Искусственный интеллект выступает педагогическим партнёром для учителя и интеллектуальным ассистентом для учащегося, придавая образовательному процессу компетентностно-ориентированный характер.

Этап инклюзивности – справедливость и равенство возможностей.

Голосовые интерфейсы, системы автоматического перевода и визуальные вспомогательные платформы обеспечивают полноценное участие обучающихся с ограниченными возможностями, а также представителей различных культурных и языковых групп [14]. Тем самым реализуются принципы социальной справедливости и гуманистической педагогики в цифровой образовательной среде.

Этап интеграции – формирование единой цифровой экосистемы.

Учитель, учащийся, учебные программы, система управления и инструменты ИИ объединяются в единую цифровую экосистему с непрерывным обменом данными. Образовательная система приобретает способность к самоанализу, выявлению отклонений и постоянному совершенствованию [8].

Этапы взаимосвязаны через механизм обратной связи: трансформация создаёт инфраструктурную основу, индивидуализация запускает учащийся-центрированный процесс, компетентность наполняет его содержательной глубиной, инклюзивность обеспечивает социальную устойчивость, а интеграция синхронизирует все элементы в единую интеллектуальную систему [1].

Математическое представление модели TICII

Математическая формализация позволяет измерять влияние каждого этапа на общую эффективность образовательной системы и прогнозировать динамические процессы [2]. Общая эффективность системы (E) выражается следующей формулой:

$$E = \alpha_T T + \alpha_{I1} I_1 + \alpha_C C + \alpha_{I2} I_2 + \alpha_{I3} I_3$$

где E – совокупная эффективность системы; T, I_1, C, I_2, I_3 – значения соответствующих этапов модели; α_i – коэффициенты их относительного влияния ($0 \leq \alpha_i \leq 1$). Подобный коэффициентный подход широко используется в образовательной аналитике [15].

Механизм обратной связи описывается следующим уравнением, демонстрирующим, что изменения на каждом этапе непосредственно влияют на рост эффективности в следующем периоде:

$$E_{n+1} = E_n + \Delta E = E_n + f(\Delta T, \Delta I_1, \Delta C, \Delta I_2, \Delta I_3)$$

Циклы обратной связи признаны ключевым механизмом адаптивного управления в образовании и являются отличительной чертой интеллектуальных образовательных экосистем [16].

Механизм практического внедрения модели TICII

Реализация модели в образовательной практике предусматривает пять последовательных этапов.

Этап 1 – формирование организационно-нормативной базы. Разработка нормативно-правовых документов, регулирующих применение ИИ; создание цифровой инфраструктуры; обеспечение безопасности данных и стандартов этического использования технологий [1].

Этап 2 – разработка педагогико-методической основы. Формирование дидактических подходов для каждого компонента модели TICII. Создание методических материалов по планированию уроков с применением ИИ, автоматизированному оцениванию и адаптации учебного процесса [11].

Этап 3 – пилотное внедрение ИИ-технологий. Апробация на отдельных предметах и модулях: адаптивные обучающие платформы, системы автоматического анализа, голосовые интерфейсы, чат-

боты и виртуальные ассистенты. По итогам анализируется опыт педагогов и учащихся, выявляются недостатки [2].

Этап 4 – создание системы цифрового мониторинга и аналитики. Регулярный мониторинг эффективности интеграции ИИ: данные об успеваемости, динамике качества и уровне цифровых компетенций педагогов обрабатываются в режиме реального времени [12].

Этап 5 – устойчивая интеграция и непрерывное совершенствование. ИИ-технологии внедряются на всех уровнях образования; учебный процесс превращается в интеллектуальную систему, способную к самоанализу и оперативному устранению отклонений [2].

Обсуждение.

Научно-практическое значение модели TICII

С научной точки зрения модель TICII предлагает многоэтапный механизм системной интеграции ИИ в образование, объединяя все компоненты учебного процесса в единую цифровую экосистему. Такой подход даёт возможность выстроить новую модель образования, в которой взаимодействие учащегося, педагога и системы управления осуществляется на основе интеллектуального анализа данных.

С практической точки зрения модель рассматривает ИИ не только как технологический инструмент, но и как социально-педагогический ресурс. Она способствует персонализации учебного процесса, повышению прозрачности оценивания и укреплению цифровых компетенций педагогов, а также обеспечивает реальные механизмы инклюзивности для всех категорий обучающихся. Модель TICII служит теоретической основой для обоснования политики цифровой трансформации образовательных систем и расширения исследований в области цифровой педагогики.

Критерии эффективности модели TICII

Для системной оценки результативности внедрения модели разработана совокупность критериев, каждый из которых соответствует определённому компоненту TICII и охватывает цифровые, педагогические и социальные аспекты образовательного процесса (таблица 2).

Таблица 2.

Критерии эффективности модели TICII в системе образования

Критерий	Содержание	Показатели
Критерий технологической готовности	Уровень технической и цифровой инфраструктуры для внедрения ИИ в учреждениях.	Количество платформ; степень интеграции с ИИ; показатель безопасности данных
Критерий педагогической адаптации	Способность педагогов эффективно применять инструменты ИИ в учебном процессе.	Компетентность педагогов; показатели повышения квалификации; частота применения ИИ
Критерий эффективности персонализации	Качество формирования учебных траекторий по индивидуальным потребностям учащихся.	Динамика успеваемости; результативность траекторий; уровень мотивации
Критерий развития компетенций	Степень формирования аналитических, цифровых и творческих навыков посредством ИИ.	Навыки решения задач; индекс самостоятельности; количество творческих проектов
Критерий инклюзивности и справедливости	Эффективность обеспечения равных образовательных возможностей для всех категорий.	Охват обучением лиц с ОВЗ; показатель языковой инклюзивности; доля адаптивных интерфейсов
Критерий устойчивости интеграции	Степень объединения всех элементов образовательной системы в единую AI-экосистему.	Непрерывность обмена данными; межсистемная синхронизация; точность управленческих решений

Совокупность критериев позволяет оценить не только результативность внедрения ИИ-технологий, но и уровень цифровой зрелости образовательных учреждений, компетентность педагогов и динамику когнитивного развития обучающихся [8]. Таким образом, модель TICII выступает инструментом комплексной оценки и управления качеством цифровой образовательной среды.

Заключение. Модель TICII представляет собой концептуальный подход к системной, поэтапной и научно обоснованной интеграции ИИ-технологий в образование. Её ключевое

преимущество состоит в том, что процесс цифровой трансформации преобразуется в персонализированную, компетентностно-ориентированную, инклюзивную и интегрированную образовательную среду. Механизм обратной связи, заложенный в модели, обеспечивает непрерывное взаимодействие между учителем, учащимся и системой управления на основе ИИ, делая образовательный процесс более гибким, справедливым и инновационным. Модель TICII может служить научно-практическим инструментом при модернизации образовательных систем, формировании ИИ-ориентированных педагогических стратегий, а также при подготовке кадров с высоким уровнем цифровой компетентности. Дальнейшие исследования целесообразно направить на эмпирическую верификацию модели в образовательных учреждениях, разработку количественного инструментария для измерения предложенных критериев и сравнительный анализ с аналогичными концептуальными подходами в международной литературе.

Литература:

1. ЮНЕСКО. Рекомендация по этике искусственного интеллекта. – Париж: ЮНЕСКО, 2021.

2. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Искусственный интеллект в образовании: перспективы и последствия для преподавания и обучения. – Центр по разработке учебных программ (Center for Curriculum Redesign), 2019.

3. Russell S., Norvig P. Искусственный интеллект: современный подход. 4-е изд. – Харлоу: Pearson Education, 2020.

4. Huang J., Saleh S., Liu Y. Обзор применения искусственного интеллекта в образовании // Academic Journal of Interdisciplinary Studies. – 2021. – Т. 10. – № 3.

5. ОЭСР. Искусственный интеллект в обществе: возможности и вызовы для образования. – Париж: OECD Publishing, 2021.

6. Министерство дошкольного и школьного образования Республики Узбекистан. Концепция развития цифрового образования на 2020–2030 годы. – Ташкент: Правительство Республики Узбекистан, 2023.

7. Всемирный экономический форум. Доклад «Будущее рабочих мест – 2020». – Женева: WEF, 2020.

8. Miao F., Holmes W. Искусственный интеллект и образование: рекомендации для разработчиков образовательной политики. – 2021.

9. Al-Azawei A., Lundqvist K. Применение искусственного интеллекта для инклюзивного образования: систематический обзор // Education and Information Technologies. – 2022. – Т. 27. – № 6. – С. 7781–7803.

10. Zawacki-Richter O. и др. Систематический обзор исследований применения искусственного интеллекта в высшем образовании: где находятся преподаватели? // International Journal of Educational Technology in Higher Education. – 2019. – Т. 16. – № 1. – С. 1-27.

11. Luckin R., Holmes W., Griffiths M., Forcier L.B. Освобождённый интеллект: аргументы в пользу использования ИИ в образовании. – Лондон: Pearson, 2016.

12. Shiohira K. Понимание влияния искусственного интеллекта на развитие навыков. Образование 2030 // Международный центр ЮНЕСКО-ЮНЕВОК по техническому и профессиональному образованию и обучению. – 2021.

13. Huang X. Цели формирования ключевых компетенций учащихся на основе образования в области искусственного интеллекта в Китае // Education and Information Technologies. – 2021. – Т. 26. – № 5. – С. 5127–5147.

14. Mitiku W., Alemu Y., Mengsitu S. Проблемы и возможности внедрения инклюзивного образования // Asian Journal of Humanity, Art and Literature. – 2014. – Т. 1. – № 2. – С. 118–135.

15. Baker R. S., Inventado P.S. Интеллектуальный анализ образовательных данных и учебная аналитика // Learning Analytics. – Springer, 2014. – С. 61–75.

16. Roll I., Wylie R. Эволюция и революция искусственного интеллекта в образовании // International Journal of Artificial Intelligence in Education. – 2016. – Т. 26. – № 2. – С. 582–599.