Science for Education Today

2026. Том 16. № 5 http://sciforedu.ru ISSN 2658-6762

УДК 51-77+37.013+004.8
DOI: 10.15293/2658-6762.2605.07

Научная статья / Research Full Article
Язык статьи: русский / Article language: Russian

# Обоснование проектирования ИИ-интервенций в образовании через анализ установок педагогов и многослойную модель готовности

А. П. Глухов[1], Е. С. Синогина[1], М. А. Червонный[1]

[1] Томский государственный педагогический университет, Томск, Россия

***Проблема и цель.*** *Внедрение искусственного интеллекта в систему общего образования сопровождается устойчивым разрывом между декларируемой готовностью педагогов к использованию ИИ-инструментов и их реальной интеграцией в учебный процесс. Педагоги применяют искусственный интеллект преимущественно для рутинных задач, тогда как его потенциал для трансформации обучения и персонализации остается нереализованным, что создает риски когнитивного долга учащихся и ослабления профессиональной агентности учителя. Отсутствие эмпирически обоснованных моделей проектирования ИИ-интервенций, учитывающих установки педагогов и когнитивные риски, препятствует педагогически осмысленной интеграции искусственного интеллекта. Цель исследования – на основе эмпирического анализа установок, практик и барьеров использования искусственного интеллекта педагогами обосновать двухосевую модель «когнитивный оффлоуд – агентность» и четырехслойную модель готовности "AI Readiness – 4L", а также сформулировать архитектурные принципы ИИ-интервенций.*

***Методология.*** *Теоретическую рамку составил синтез концепции «Готовности системы к ИИ», моделей SAMR, SCOT, JTBD и TPACK, а также социально-когнитивной теории А. Бандуры. Эмпирическая база – смешанный дизайн (2024–2025 гг.) на материале четырех школ г. Томска. Количественный компонент: анкетирование педагогов (n = 118); качественный: интервью с руководителями (n = 3). Применены тематический анализ и метод кейс-стади.*

***Результаты.*** *Выявлен «парадокс готовности»: при позитивном отношении к искусственному интеллекту регулярно используют инструменты менее трети педагогов, большинство оценивают свои ИИ-компетенции как недостаточные. Установлена дифференциация управленческих позиций руководителей.*

*Эмпирически обоснована двухосевая модель «когнитивный оффлоуд – агентность» с четырьмя типами взаимодействия в системе «учащийся – искусственный интеллект – педагог».*

***Финансирование проекта:*** Исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда № 26-18-00832 по теме «Фундаментальные основы интеграции искусственного интеллекта в систему педагогического наставничества: разработка теоретической модели и механизмов персонализации образовательных траекторий».

***Библиографическая ссылка:*** Глухов А. П., Синогина Е. С., Червонный М. А. Обоснование проектирования ИИ-интервенций в образовании через анализ установок педагогов и многослойную модель готовности // Science for Education Today. – 2026. – Т. 16, № 5. – С. 131–157. DOI: http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2605.07

✉ *Автор для корреспонденции: Елена Станиславовна Синогина, sinogina2004@mail.ru*

*© А. П. Глухов, Е. С. Синогина, М. А. Червонный, 2026*

**© 2011–2026 Science for Education Today** **Все права защищены**

*Критический риск когнитивного долга возникает при сочетании высокого оффлоуда и низкой агентности. Разработана четырехслойная модель готовности "AI Readiness – 4L" (технологический, социальный, потребностный, компетентностный слои). Ключевым предиктором готовности выступают социально-организационные факторы, а не инфраструктура. Сформулированы архитектурные принципы ИИ-интервенций.*

***Заключение.*** *Предложенные модели и принципы создают основу для проектирования ИИ-интервенций, позволяющих использовать трансформационный потенциал технологии без утраты субъектности педагога и когнитивной автономии ученика, подтверждая необходимость перехода к педагогически опосредованному внедрению искусственного интеллекта.*

***Ключевые слова****: искусственный интеллект в образовании; установки педагогов; когнитивный долг; когнитивный оффлоуд; распределенная агентность; готовность к внедрению искусственного интеллекта; многослойная модель готовности; общеобразовательная школа; цифровая дидактика.*

## Постановка проблемы

Стремительное распространение генеративных моделей искусственного интеллекта (ИИ) в 2022–2026 гг. радикально трансформирует образовательный ландшафт. Согласно данным международного сравнительного исследования TALIS 2024, в странах ОЭСР 41 % учителей используют ИИ в своей преподавательской деятельности, при этом разброс показателей значителен – от 14 % во Франции до 75 % в Сингапуре и Объединенных Арабских Эмиратах [1]. Параллельно фиксируется рост обеспокоенности профессионального сообщества рисками для академической честности, утраты навыков самостоятельного мышления и перераспределения агентности в системе «педагог – ИИ – обучающийся». Как отмечает A. ElSayary, преподаватели и администраторы выражают обеспокоенность тем, что использование ChatGPT угрожает развитию у студентов критического мышления, креативности и навыков письма; среди ключевых вызовов также называются недостаток человеческого взаимодействия, предвзятость и неточность генерируемой информации [1].

Однако наличие технологических возможностей и нормативных предпосылок не гарантирует их педагогически осмысленной интеграции. Исследование P. Bui с соавторами показало, что среди финских студентов педагогических специальностей 27 % никогда не использовали генеративные ИИ-инструменты, а большинство применяли их лишь эпизодически. Авторы фиксируют значительный «разрыв принятия» – расхождение между знанием о технологии и ее реальным использованием в педагогической практике [2].

В российской образовательной системе внедрение ИИ-технологий регламентируется Указом Президента РФ № 490[2] и Национальной стратегией развития искусственного интеллекта[3], что создает нормативные предпосылки для их интеграции в школьную практику. Однако эмпирические исследования,

[1] OECD. Results from TALIS 2024: The State of Teaching. – Paris: OECD Publishing, 2025. – 306 p. – (TALIS). – DOI: https://doi.org/10.1787/90df6235-en

[2] Указ Президента Российской Федерации «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731

[3] Национальная стратегия развития искусственного интеллекта на период до 2030 г. URL: http://static.kremlin.ru/media/events/files/ru/AH4x6HgKWANwVtMOfPDhcbRpvd1HCCsv.pdf

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

проведенные на региональном уровне, фиксируют устойчивый разрыв между декларируемой готовностью педагогов и реальной интеграцией ИИ-технологий в дидактические практики: согласно данным опросов, лишь 37 % педагогов применяют ИИ ежедневно, тогда как 65 % используют цифровые технологии в целом [3]. Аналогичные результаты получены и в других российских исследованиях: доля педагогов, уже использующих ИИ-инструменты, варьируется от 13 до 40 % в зависимости от направления применения, при этом большинство учителей оценивают свои ИИ-компетенции как недостаточные (лишь 11 % оценивают их как высокие), а знания об ИИ носят фрагментарный характер [4; 5]. Эти данные свидетельствуют о системном характере «парадокса готовности» – устойчивого расхождения между позитивным отношением к потенциалу ИИ и низким уровнем его практического внедрения в образовательный процесс.

Как отмечает S. Eedelouei в систематическом обзоре факторов, влияющих на решение педагогов использовать генеративный ИИ, расхождение между готовностью учителей применять такие инструменты и избеганием интеграции ИИ на практике указывает на разрыв между агентными суждениями учителей и их агентными действиями [6].

Когнитивно-психологическая рамка анализа эффектов ИИ восходит к теории когнитивной нагрузки J. Sweller [7] и концепции когнитивного оффлоуда S. J. Gilbert, E. F. Risko, [8; 9]. Особое значение имеют исследования Y. Fan et al. [10], зафиксировавшие эффект «метакогнитивной лености» – диссоциацию между продуктивностью обучения с ИИ-поддержкой и качеством саморегуляции, а также нейровизуализационное исследование N. Kosmyna[4] с соавт., интерпретирующее снижение активности префронтальной коры как свидетельство «когнитивного долга»[5]. Систематизация данных эффектов применительно к образовательной практике представлена в обобщающей работе W. Holmes с соавт.[6], в которой выделяются риски снижения когнитивной автономии обучающихся и размывания профессиональной агентности педагога при нерефлексивном внедрении ИИ-инструментов. Данные положения легли в основу разработки предлагаемой в настоящем исследовании двухосевой модели «когнитивный оффлоуд – агентность».

Таким образом, при наличии значительного массива исследований, фиксирующих амбивалентность установок педагогов и когнитивные риски ИИ-интервенций, в научной литературе остается открытым вопрос о том, каким образом интеграция ИИ в образовательный процесс может быть организована так, чтобы, с одной стороны, использовать трансформационный потенциал технологии, а с другой – сохранить когнитивную автономию обучающихся и профессиональную агентность педагога. Отсутствие эмпирически обоснованной архитектуры ИИ-интервенций создает риск стихийного внедрения технологий с непредсказуемыми когнитивными и профессиональными последствиями.

[4] Kosmyna N., Hauptmann E., Yuan Y. T., Situ J., Liao X.-H., Beresnitzky A. V., Braunstein I., Maes P. Your Brain on ChatGPT: Accumulation of Cognitive Debt when Using an AI Assistant for Essay Writing Task // Arxiv. – 2025. – P. 2506.08872.

[5] Там же.

[6] Holmes W., Persson J., Chounta I.-A., Wasson B., Dimitrova V. Artificial Intelligence and Education: A critical view through the lens of human rights, democracy and the rule of law. – Strasbourg: Council of Europe Publishing, 2022. – 114 p. ISBN 978-92-871-9236-3. URL: https://rm.coe.int/prems-092922-gbr-2517-ai-and-education-txt-16x24-web/1680a956e3

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Цель исследования – на основе эмпирического анализа установок, практик и барьеров использования ИИ педагогами системы общего образования обосновать двухосевую модель «когнитивный оффлоуд – агентность» и четырехслойную модель готовности “AI Readiness – 4L”, а также сформулировать архитектурные принципы ИИ-интервенций, обеспечивающие сохранение когнитивной автономии обучающихся и профессиональной агентности педагога.

**Методология исследования**

Теоретико-методологическую основу исследования составил синтез нескольких взаимодополняющих подходов. Базовой рамкой послужила концепция «Готовности системы к ИИ» (Systems AI Readiness), определяющая готовность через три ключевых аспекта: практическое применение технологий, разработку правил их использования и формирование культуры сотрудничества и непрерывного обучения [11]. Для достижения комплексного характера оценки данная концепция была дополнена инфраструктурным критерием. Теоретическим инструментом, позволяющим оценить уровень трансформационного воздействия ИИ-технологий на учебный процесс, выступила модель SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition)[7] [12].

Дополнительными аналитическими рамками интерпретации эмпирических данных выступили: теория социального конструирования технологий (SCOT)[8], подход JTBD (Jobs-To-Be-Done)[9], модель TPACK и ее расширенная версия AI-TPACK [13][10]. Базовой психолого-педагогической парадигмой, задающей понимание субъектности и саморегуляции, послужила социально-когнитивная теория А. Бандуры [14] с ее положениями о механизмах личной и коллективной агентности.

Эмпирическое исследование проводилось в 2024–2025 гг. на базе четырех образовательных организаций г. Томска, отобранных по принципу типологического разнообразия, отражающего различные уровни инновационной активности: Гуманитарный лицей (углубленное изучение гуманитарных предметов), МАОУ СОШ № 53 (общеобразовательная школа с активным участием в программах цифровизации), МАОУ Заозерная СОШ № 16 (общеобразовательная школа с традиционным подходом) и частная школа «Эврика-развитие» (инновационные педагогические подходы). Данные организации представляют собой кейсы, репрезентирующие основные типы школ, выделяемые в рамках модели диффузии инноваций [15].

В исследовании применен смешанный дизайн [16], сочетающий количественные и качественные методы сбора и анализа данных для обеспечения методологической триангуляции и достоверности интерпретаций. Общий объем выборки составил 374 респондента: 253 обучающихся, 118 педагогов и 3 руководителя образовательных организаций.

[7] Christensen C. M., Hall T., Dillon K., Duncan D. S. Competing Against Luck: The Story of Innovation and Customer Choice. – New York: Harper Business, 2016. – 352 p.
Satheesh Kumar T.N. (2017). Book Review: Clayton M. Christensen, Taddy Hall, Karen Dillon and David S. Duncan, Competing Against Luck: The Story of Innovation and Customer Choice. Global Business Review, 18(3_suppl), S206–S209. DOI: https://doi.org/10.1177/0972150917700718

[8] Bijker W. E. Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change. – Cambridge, MA: MIT Press, 1995. – 380 p. – (Inside Technology). ISBN 0-262-02376-8.

[9] Christensen C. M., Hall T., Dillon K., Duncan D. S. Competing Against Luck: The Story of Innovation and Customer Choice. – New York: Harper Business, 2016. – 352 p.

[10] Rogers E. M. Diffusion of Innovations. – 5th ed. – New York: Free Press, 2003. – 551 p.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Количественный компонент исследования включал анкетирование педагогов. Разработанный структурированный опросник включал четыре содержательных блока: 1) профессиональные характеристики респондентов (стаж, предметная область, самооценка цифровой грамотности); 2) опыт использования цифровых технологий в целом; 3) практики использования ИИ в педагогической деятельности (контексты, решаемые задачи, частота применения); 4) барьеры и драйверы внедрения ИИ-технологий. Анкетирование проводилось в анонимном формате с использованием Google Forms в период с марта по май 2025 г. Количественный анализ опросных данных выполнялся в среде SPSS Statistics с применением методов дескриптивной статистики (частотный анализ, расчет процентных распределений), сравнительного анализа между типами образовательных организаций (критерий $\chi^2$ Пирсона) и корреляционного анализа (коэффициент ранговой корреляции Спирмена) для выявления взаимосвязей между переменными.

Качественный компонент включал полуструктурированные глубинные интервью с тремя руководителями образовательных организаций (директор и заместители директоров). Гид интервью охватывал следующие тематические блоки: оценка цифровой грамотности и опыта; знакомство с ИИ-технологиями и их применение в управленческой практике; стратегии внедрения ИИ в школе; барьеры и вызовы; потребности в поддержке. Интервью проводились в очном формате, продолжительностью 45–60 минут, с обязательной аудиозаписью и последующим стенографированием. Обработка качественных данных осуществлялась в соответствии с шестью фазами тематического анализа В. Браун и В. Кларк [17]: ознакомление с данными, генерация начальных кодов, поиск тем, их ревизия, определение и наименование, а также подготовка отчета (V. Braun, V. Clarke). На этапе генерации начальных кодов использовался подход, сходный с открытым кодированием для первоначальной разметки данных, с последующим выделением и проверкой тем.

Для углубленного анализа реальных практик внедрения ИИ был использован метод кейс-стади [17]. В качестве кейсов рассматривались пилотные проекты, развернутые на базе образовательных организаций г. Томска при участии Научно-образовательного центра цифровой дидактики и искусственного интеллекта в образовании Томского государственного педагогического университета (НОЦ ЦДИО ТГПУ) и отражающие различные дидактические стратегии интеграции ИИ. Анализ каждого кейса проводился с применением разработанной авторами четырехслойной модели “AI Readiness – 4L”, операционализирующей технологические (SAMR), социальные (SCOT), потребностные (JTBD) и компетентностные (AI-TPACK) аспекты внедрения.

Для содержательной интерпретации эмпирических данных и перехода от описательных статистик к структурным обобщениям авторами была применена процедура типологизации образовательных организаций на основе интегрального анализа инфраструктурной, компетентностной и мотивационно-психологической готовности к внедрению ИИ. В качестве теоретической основы типологизации использована модель диффузии инноваций Э. Роджерса [11], адаптированная к контексту

[11] Rogers E. M. Diffusion of Innovations. – 5th ed. – New York: Free Press, 2003. – 551 p.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

образовательных организаций[12], а также концепция «Готовности системы к ИИ» (Systems AI Readiness), предполагающая учет трех взаимосвязанных факторов: технологической инфраструктуры, кадровых компетенций и организационной культуры[13].

На основании данных анкетирования педагогов (n = 118), полуструктурированных интервью с руководителями (n = 3) и анализа материально-технического обеспечения были выделены четыре типа организаций:

1) инновационные лидеры – организации с высоким уровнем по всем трем параметрам: развитая инфраструктура, сформированные ИИ-компетенции педагогов, инновационная организационная культура, поддерживающая экспериментирование;

2) мотивированные последователи – организации с высокой материально-технической оснащенностью, но ограниченной компетентностной и мотивационной готовностью; ИИ используется эпизодически;

3) стабильные традиционалисты – организации со средними показателями по всем трем параметрам, внедряющие ИИ преимущественно формально, по внешнему требованию;

4) консервативные отстающие – организации с низкими показателями по всем трем параметрам, преимущественно школы в удаленных районах с ограниченным доступом к инфраструктуре.

Критерием отнесения организации к тому или иному типу служило сочетание трех групп показателей: (1) доля педагогов, регулярно использующих ИИ-инструменты; (2) уровень самооценки ИИ-компетенций педагогов; (3) наличие/отсутствие институциональных регламентов и практик поддержки инноваций, выявленных в ходе интервью. Полученная типология позволила структурировать дальнейший анализ и обеспечить дифференцированный подход к формулировке рекомендаций, представленных в разделе «Обсуждение результатов».

Для оценки уровня трансформационного потенциала ИИ-инструментов в педагогической практике авторами была применена модель SAMR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition), предложенная Р. Пуэнтедурой[14]. В соответствии с логикой модели каждый из четырех уровней был операционализирован через конкретные виды педагогической деятельности, фиксируемые в опросных данных:

1. Substitution (замещение) – ИИ-инструмент используется как прямая замена существующего средства без функциональных изменений: замена печатных текстов на ИИ-сгенерированные, использование ИИ-переводчика вместо словаря, замена поиска в поисковике на диалог с чат-ботом.

2. Augmentation (улучшение) – ИИ-инструмент выполняет те же функции, но с улучшениями: автоматическая проверка тестов с мгновенной обратной связью, генерация персонализированных заданий, адаптивная подсказка при решении задач.

3. Modification (модификация) – ИИ позволяет существенно перепроектировать учебное задание: учащийся использует ИИ для сравнения нескольких вариантов решения, генерации гипотез, построения визуализаций или создания мультимедийного контента, который становится частью итогового продукта.

[12] Там же.

[13] Там же.

[14] Christensen C. M., Hall T., Dillon K., Duncan D. S. Competing Against Luck: The Story of Innovation and Customer Choice. – New York: Harper Business, 2016. – 352 p.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

4. Redefinition (переопределение) – ИИ создает принципиально новые, ранее недоступные виды учебной деятельности: совместная работа учащихся и ИИ над исследовательским проектом в реальном времени, использование ИИ для моделирования процессов, которые невозможно воспроизвести в классе, создание интерактивных симуляций и виртуальных лабораторий, управляемых ИИ.

На этапе разработки опросного инструментария для педагогов (п. 3 анкеты Практики использования ИИ в педагогической деятельности) каждый из перечисленных сценариев был включен в список вариантов ответа, а респондентам предлагалось отметить, какие из них они применяют. На этапе анализа каждому отмеченному сценарию был присвоен соответствующий уровень SAMR. Для каждого респондента определялся максимальный достигнутый уровень – трансформационная практика, которую он применяет. Распределение педагогов по уровням рассчитывалось как доля респондентов, чей максимальный уровень соответствует каждому из четырех уровней модели.

Для эмпирической верификации двухосевой модели «когнитивный оффлоуд – агентность» респонденты были распределены по четырем типологическим группам на основе двух бинарных измерений.

Уровень оффлоуда устанавливался по частоте использования ИИ (вопрос 2 анкеты): варианты «Целенаправленно активно изучаю...» и «Часто использую...» кодировались как «высокий оффлоуд»; варианты «Иногда использую...» и «Почти не сталкиваюсь» – как «низкий оффлоуд».

Уровень агентности определялся по двум индикаторам: (1) отношение к автоматическому оцениванию (вопрос 10) – позитивные ответы с оговоркой о надзоре интерпретировались как высокая агентность, негативные – как низкая; (2) наличие опасения «утраты навыков самостоятельного мышления» (вопрос 13) – фиксация данного опасения служила маркером низкой агентности. Итоговый уровень формировался по принципу «слабого звена»: низкая агентность фиксировалась при наличии хотя бы одного негативного индикатора.

Сочетание двух измерений образовало четыре типологические группы: «Расширенная когнитивность» (высокий оффлоуд / высокая агентность), «Делегирование» (высокий оффлоуд / низкая агентность), «Автономное обучение» (низкий оффлоуд / высокая агентность), «Зависимое обучение» (низкий оффлоуд / низкая агентность). Распределение респондентов по группам представлено в разделе «Результаты».

## Результаты исследования

*Анализ дифференциации ИИ-компетенций педагогов в зависимости от типа образовательной организации*

Распределение педагогов по уровню ИИ-компетенций существенно различается между образовательными организациями (табл. 1). Для проверки статистической значимости этих различий был применен критерий $\chi^2$ Пирсона. Результаты подтверждают, что различия в распределении педагогов по категориям («активно применяют», «знакомы, но не применяют», «недостаточно компетентны», «незнакомы») между школами являются статистически значимыми ($\chi^2 = 11{,}24$, $p < 0{,}05$).

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

*Таблица 1*

**Распределение педагогов по уровню ИИ-компетенций, % от опрошенных**

*Table 1*

**Distribution of Teachers by Level of AI Competencies, % of Respondents**

| Образовательная организация | Активно применяют | Знакомы, но не применяют | Недостаточно компетентны | Незнакомы |
|---|---|---|---|---|
| Гуманитарный лицей (n = 12) | 58,3 | 16,7 | 25,0 | 0,0 |
| СОШ № 16 (n = 46) | 39,1 | 26,1 | 26,1 | 6,5 |
| СОШ № 53 (n = 49) | 32,7 | 28,6 | 36,7 | 2,0 |
| Эврика-развитие (n = 11) | 27,3 | 18,2 | 36,4 | 9,1 |

Наибольшая концентрация компетентных пользователей зафиксирована в Гуманитарном лицее (58,3 %), что в 2,1 раза выше, чем в школе «Эврика-развитие» (27,3 %). При этом «Эврика-развитие» характеризуется наибольшей долей педагогов, незнакомых с ИИ (9,1 %), и высокой долей тех, кто оценивает свои компетенции как недостаточные (36,4 %). Наименьшая доля недостаточно компетентных педагогов зафиксирована в СОШ № 16 (26,1 %), однако эта школа демонстрирует и наибольший разброс: при 39,1 % активных пользователей 6,5 % педагогов полностью не знакомы с ИИ-инструментами.

На основе интегрального анализа инфраструктурной, компетентностной и мотивационно-психологической готовности образовательные организации были отнесены к следующим типам:

–Гуманитарный лицей – инновационные лидеры (высокая доля применяющих ИИ – 58,3 %; развитая инфраструктура; рефлексивно-инновационная управленческая позиция);

–СОШ № 16 – мотивированные последователи (39,1 % применяющих; высокая оснащенность, но ограниченная компетентностная готовность);

–СОШ № 53 – стабильные традиционалисты (32,7 % применяющих; средние показатели по всем параметрам);

–«Эврика-развитие» – консервативные отстающие (27,3 % применяющих; наиболее развитая инфраструктура, но делегирующе-консервативная управленческая позиция, что подтверждает определяющую роль социально-организационных факторов).

Парадоксально, что школа с наиболее развитой цифровой инфраструктурой («Эврика-развитие») демонстрирует наименьший уровень практического применения ИИ педагогами. Это указывает на определяющую роль социально-организационных факторов – организационной культуры, типа педагогического лидерства и интерпретаций ИИ в коллективе[15] [3].

Анализ структуры опасений показывает существенное расхождение в интерпретации рисков, связанных с внедрением ИИ, между педагогами и школьниками.

[15] Bijker W. E. Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change. – Cambridge, MA: MIT Press, 1995. – 380 p. – (Inside Technology). ISBN 0-262-02376-8.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Для учителей доминирующими угрозами выступают академическая нечестность – 79 % респондентов; деградация навыков самостоятельного мышления учащихся – 71 %; получение недостоверной информации («галлюцинации» ИИ) – 54 %.

Ученики в качестве ключевых рисков называют преимущественно технические аспекты: недостоверность генерируемой информации («галлюцинации» ИИ) – 61 %; техническая зависимость и возможные сбои в работе систем – 38 %; риск академического преследования при обнаружении использования ИИ – 35 %.

Различия в восприятии рисков между педагогами и учащимися составляют от 16 до 44 процентных пунктов в зависимости от типа риска ($\chi^2 = 14{,}32$, $p < 0{,}001$) – 79 % педагогов видят угрозу академической честности против 35 % учащихся; 71 % педагогов опасаются деградации навыков самостоятельного мышления против 12 % учащихся. Учащиеся чаще идентифицируют технические риски: 61 % отмечают недостоверность информации («галлюцинации» ИИ) против 54 % педагогов. Различия в восприятии рисков коррелируют с частотой использования ИИ педагогами: в школах, где расхождение между позициями учителей и учеников минимально (Гуманитарный лицей), доля активно применяющих ИИ составляет 58,3 %, тогда как при максимальном расхождении («Эврика-развитие») – 27,3 %.

Структурно-логическая систематизация выявленных барьеров представлена в таблице 2.

*Таблица 2*

**Структура барьеров использования ИИ-технологий в педагогическом сообществе**

*Table 2*

**Structure of Barriers to the Use of AI Technologies in the Pedagogical Community**

| Группа участников | Основные барьеры | Доля в опросе |
|---|---|---|
| Руководители | Высокая рабочая нагрузка; делегирование технических задач; неопределенность регулирования | Все 3 информанта отметили перегрузку как ключевой барьер |
| Учителя | Недостаток знаний об ИИ; нехватка времени на освоение; отсутствие методических материалов; этические опасения | 25,0–36,7 % – дефицит знаний; до 40 % – временной дефицит |
| Ученики (для сравнения) | Возможные ошибки ИИ в оценке знаний; утрата навыков самостоятельного мышления | 19,8–27,4 % – обеспокоенность ошибками; 9,4–12,3 % – риски для самостоятельности |

Глубинные интервью с тремя руководителями образовательных организаций выявили значительную вариативность управленческих установок. Анализ позволил выделить три типа позиций руководителей (табл. 3).

*Таблица 3*

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

**Типология управленческих установок руководителей в отношении ИИ**

*Table 3*

**Typology of School Leaders' Managerial Attitudes Toward AI**

| Тип позиции | Содержательная характеристика | Стратегия | Ключевые риски |
|---|---|---|---|
| Рефлексивно-инновационная | Осознание процессуальности развития цифровых компетенций; готовность к непрерывному обучению | Личное освоение ИИ; стимулирование педагогов; пилотирование новых решений | Перегрузка административной работой |
| Прагматично-управленческая | Самооценка цифровых компетенций «выше среднего»; четкое разграничение управленческих и образовательных задач | Использование ИИ для административных задач; постепенное распространение в коллективе | Дефицит интуитивных интерфейсов |
| Делегирующе-консервативная | Самооценка «на уровне начинающего»; стратегия делегирования технических задач специалистам | Опора на внешних специалистов и учителей информатики; фокус на руководстве, а не исполнении | Ограничение собственных ИИ-компетенций; зависимость от исполнителей |

Качественный анализ интервью с руководителями (табл. 3) показывает, что ключевым дифференцирующим фактором выступают социокультурные нормы, сложившиеся в организации, и доминирующие интерпретации ИИ – воспринимается ли он как угроза профессиональной идентичности, как административный инструмент или как дидактический ресурс. В организациях, где руководство транслирует установку на непрерывное профессиональное развитие и допускает экспериментирование, наблюдается более высокая вовлеченность педагогов в использование ИИ даже при сопоставимой материальной базе.

Для выявления внутренней структуры социальных установок был проведен корреляционный анализ Спирмена. Установлены следующие статистически значимые взаимосвязи.

1. Связь осведомленности и доверия. Выявлена прямая корреляционная связь между уровнем осведомленности об ИИ и позитивным отношением к автоматическому оцениванию ($\rho = 0{,}34$; $p < 0{,}01$). Чем лучше ученик знаком с технологией, тем выше его доверие к ИИ-оценке. При этом отрицательная корреляция зафиксирована между интересом к генеративным нейросетям и страхом утраты навыков самостоятельного мышления ($\rho = -0{,}29$; $p < 0{,}05$). Активные пользователи ИИ парадоксальным образом меньше боятся «когнитивной атрофии», чем те, кто с ИИ незнаком.

2. Демографические различия. Обнаружена связь между полом и отношением к ИИ: юноши демонстрируют более позитивное отношение к автоматическому оцениванию и чат-ботам, чем девушки ($\chi^2 = 4{,}26$; $p < 0{,}05$). Установлена корреляция возраста с готовностью изучать ИИ: чем старше ученик (9 → 11 класс), тем выше его мотивация к изучению ИИ ($\rho = 0{,}21$; $p < 0{,}05$).

3. Выявлена статистически значимая связь между профессиональными планами учащихся и их установками по отношению к ИИ: школьники, планирующие связать будущее с IT/технологиями, в 2,5 раза чаще демонстрируют позитивное отношение к ИИ по

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

сравнению с учащимися гуманитарных профилей ($\chi^2 = 8{,}74$, $p < 0{,}01$); доля опасений по поводу когнитивной атрофии в группе IT-ориентированных составляет 9,4 % против 32,7 % в группе гуманитариев. Профессиональная идентичность является более сильным предиктором позитивного отношения к ИИ, чем образовательный опыт: отношение шансов (OR) для IT-ориентированных учащихся составляет 3,2 (95 % CI: 1,8–5,6, $p < 0{,}01$).

4. Внутренние корреляции установок. Установлена положительная корреляция между отношением к автоматическому оцениванию и отношению к чат-ботам ($\rho = 0{,}41$; $p < 0{,}01$), что свидетельствует о существовании общего фактора «доверия к ИИ-технологиям». При этом отношение к чат-ботам положительно коррелирует с готовностью изучать ИИ ($\rho = 0{,}37$; $p < 0{,}05$).

Для перехода от описательных статистик к структурному анализу практик использования ИИ была построена типологическая матрица взаимодействия в системе «обучающийся – ИИ – педагог» на основе двух измерений: уровня когнитивного оффлоуда (частота и глубина делегирования мыслительных операций ИИ) и уровня агентности обучающегося (способность сохранять целеполагание, контроль и критическую оценку результатов). Критерии выделения типологических групп описаны в разделе «Методология».

Распределение обучающихся по четырем типологическим группам представлено на рисунке.

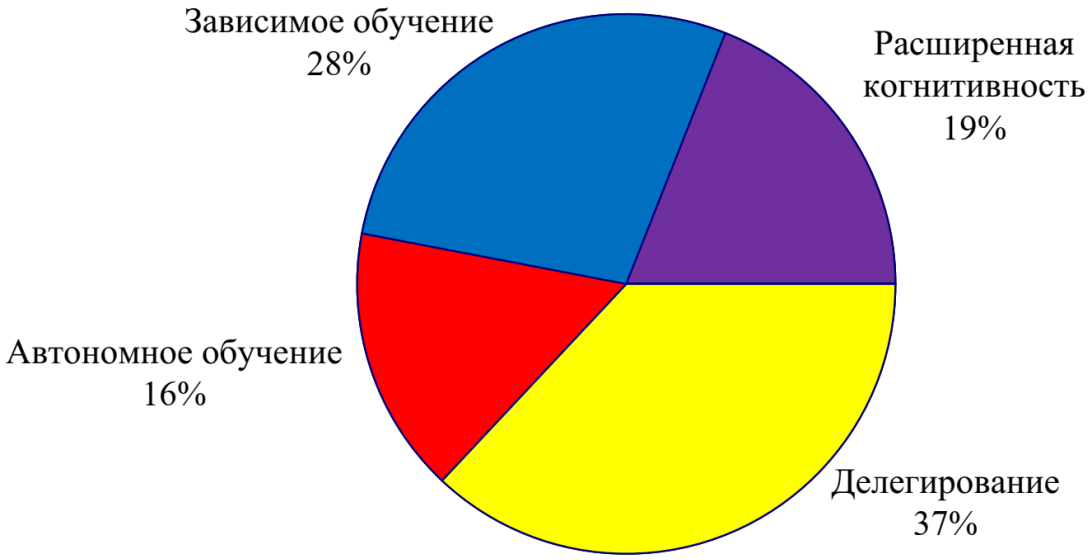



*Рис.* Распределение обучающихся по типологическим группам взаимодействия с ИИ
*Fig.* Distribution of Students by Typological Groups of AI Interaction

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

«Расширенная когнитивность» (высокий оффлоуд / высокая агентность) – 19,37 % респондентов. Обучающиеся этой группы активно используют ИИ-инструменты, но сохраняют контроль над процессом решения задач: они делегируют ИИ рутинные операции (поиск информации, проверка вычислений, первичная обработка данных), освобождая когнитивные ресурсы для рефлексии, анализа и творческого переосмысления полученных результатов. Данная конфигурация соответствует оптимальной педагогической стратегии, при которой ИИ выступает инструментом усиления познавательных возможностей, а не их замещения.

«Делегирование» (высокий оффлоуд / низкая агентность) – 37,15 % респондентов. Это наиболее многочисленная группа, представляющая критическую зону риска. Обучающиеся данной группы систематически делегируют ИИ ключевые когнитивные операции: генерацию текстов, решение задач, формулирование выводов – при этом пассивно принимают результат без критической переработки и не осуществляют последующую верификацию. Такая конфигурация создает максимальные риски накопления когнитивного долга – кумулятивного разрыва между демонстрируемой успеваемостью и реально сформированными когнитивными структурами.

«Автономное обучение» (низкий оффлоуд / высокая агентность) – 15,42 % респондентов. Обучающиеся этой группы демонстрируют высокую степень самостоятельности и сохраняют субъектную позицию в учебной деятельности, однако потенциал ИИ-инструментов используется ими минимально. Данная конфигурация нейтральна по когнитивному долгу, но ограничивает дидактические возможности, которые могла бы предоставить технология.

«Зависимое обучение» (низкий оффлоуд / низкая агентность) – 28,06 % респондентов. Это наименее эффективная конфигурация: обучающиеся не используют ИИ-инструменты, но при этом не демонстрируют достаточной самостоятельности и вовлеченности в учебный процесс. Низкие результаты сочетаются с низкой мотивацией и отсутствием целенаправленной познавательной активности.

Распределение обучающихся по четырем типологическим группам (рис.) показывает, что 37,15 % респондентов находятся в зоне риска «Делегирование» (высокий оффлоуд / низкая агентность), что требует адресных педагогических интервенций, направленных на формирование навыков критической оценки результатов ИИ-вывода. Доля респондентов в целевой конфигурации «Расширенная когнитивность» (высокий оффлоуд / высокая агентность) составляет 19,37 %. Различие в долях между группами статистически значимо ($\chi^2 = 12,87$, $p < 0,01$).

Доля практик уровней «замещения» (Substitution) и «улучшения» (Augmentation) составляет 62,3 % от всех пользователей; уровня «модификации» (Modification) – 28,4 %; уровня «переопределения» (Redefinition) – 9,3 %. Разница между долей практик Substitution/Augmentation и Redefinition статистически значима ($\chi^2 = 21,45$, $p < 0,001$). Наблюдаются различия в уровне использования ИИ в зависимости от типа образовательной организации: в Гуманитарном лицее доля практик уровня Modification/Redefinition составляет 42,8 %, в «Эврика-развитие» – 18,2 %.

## Обсуждение

*Эмпирическая верификация модели SAMR*

Согласно модели SAMR, технология может использоваться на четырех уровнях – от

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

простой замены существующих средств до полного переопределения учебной деятельности [12]. Как показано в разделе «Результаты» (см. данные о распределении практик), подавляющее большинство педагогов – пользователей ИИ применяют технологию на уровнях «замещения» и «улучшения»; доля практик уровня «переопределения» минимальна.

Полученные данные о низкой доле трансформационных практик согласуются с выводами систематического обзора A. Letourneau et al. (2025), который зафиксировал, что большинство исследований интеллектуальных обучающих систем ограничиваются краткосрочными интервенциями. Авторы обзора указывают на возможное влияние эффекта новизны, который может завышать результаты краткосрочных вмешательств и не позволяет оценить долгосрочный трансформационный потенциал технологии [17]. Таким образом, ограниченность практик уровнем Substitution/Augmentation отражает не только дефицит ИИ-компетенций педагогов, но и общую методологическую проблему – отсутствие исследований, демонстрирующих устойчивые трансформационные эффекты ИИ-интервенций в образовательной практике.

Распределение практик статистически значимо коррелирует с уровнем агентности педагогов: педагоги, использующие ИИ на уровнях Substitution/Augmentation, демонстрируют более низкую готовность к пересмотру дидактической архитектуры ($\rho = 0{,}38$, $p < 0{,}05$). Гипотеза SAMR о том, что более высокие уровни использования технологии требуют более высокого уровня педагогической рефлексии, подтверждается на нашей выборке. Однако фиксируется дополнительный фактор: даже при наличии технической возможности выйти на уровень Redefinition (в «Эврика-развитии» инфраструктура позволяет) педагоги этого не делают. Следовательно, модель SAMR должна быть дополнена социально-психологическим измерением – ее реализация блокируется не технологическими, а организационными барьерами.

*Социальное конструирование технологий (SCOT) и интерпретации ИИ*

Согласно теории социального конструирования технологий, значение технологии определяется интерпретациями социальных групп, а не ее техническими характеристиками[16]. Наши данные дают прямое эмпирическое подтверждение этого тезиса.

Выявлен когнитивный конфликт интерпретаций между педагогами и учащимися (см. табл. 2); педагоги в 2,1 раза чаще интерпретируют ИИ как угрозу профессиональной идентичности и академической честности, тогда как учащиеся воспринимают его как нейтральный инструмент с техническими ограничениями. Это расхождение статистически значимо ($\chi^2 = 14{,}32$, $p < 0{,}01$) и сохраняется во всех четырех типах школ.

SCOT-гипотеза о том, что технология не имеет имманентного педагогического значения, а конструируется через социальные практики, полностью подтверждается. Более того, этот конфликт интерпретаций становится самостоятельным барьером интеграции: учителя и ученики говорят о разных рисках, что блокирует выработку единой институциональной политики.

В рамках триадической модели причинности А. Бандуры [14] данный конфликт может быть интерпретирован как противоречие

[16] Bijker W. E. Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs: Toward a Theory of Sociotechnical Change. – Cambridge, MA: MIT Press, 1995. – 380 p. – (Inside Technology). ISBN 0-262-02376-8.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

между установками педагогов (личный фактор) и их восприятием ИИ-инструментов (средовой фактор), что блокирует трансформационные изменения в поведении (уровень Redefinition по SAMR).

*Теория «работ, которые нужно выполнить» (JTBD) и реальные задачи педагогов*

Согласно JTBD-подходу, люди «нанимают» технологию для выполнения конкретных «работ»[17]. Регулярные пользователи ИИ «нанимают» технологию преимущественно для подготовки материалов и снижения административной нагрузки; использование ИИ для дидактически глубоких задач – проектирования критического мышления, поддержки саморегуляции, персонализации – не превышает пятой части от всех применений.

Корреляционный анализ показывает, что релевантность ИИ реальным задачам педагога положительно коррелирует с готовностью проходить обучение ($\rho = 0{,}51$, $p < 0{,}01$). Педагоги готовы осваивать ИИ только тогда, когда видят его непосредственную применимость к своим повседневным «работам». JTBD-гипотеза подтверждается, но с важным уточнением: текущий репертуар «работ», для которых педагоги «нанимают» ИИ, ограничен рутинными задачами. Это ограничение характерно не только для российского контекста: исследование Y. Cetin с соавторами (2024), проведенное на выборке турецких педагогов и руководителей школ (N = 80), показало, что педагоги рассматривают ChatGPT, прежде всего, как инструмент для планирования уроков, подготовки учебных материалов и быстрого доступа к информации, тогда как использование ИИ для педагогически сложных задач упоминается значительно реже. При этом респонденты выражали обеспокоенность рисками, связанными с поощрением академической нечестности, бездумного использования и ослаблением когнитивных навыков учащихся [18]. Таким образом, для перехода к трансформационным уровням SAMR необходимо сначала расширить JTBD-репертуар педагогов через демонстрацию новых дидактических возможностей.

*Компетентностный профиль педагога (TPACK и AI-TPACK)*

Согласно модели TPACK, эффективное использование технологии требует интеграции технологического, педагогического и предметного знания; в расширенной версии AI-TPACK добавляется понимание специфики ИИ как особого типа технологии [13].

Наши данные фиксируют дефицит именно интегрального знания. Самооценка технологических навыков работы с ИИ положительно коррелирует с частотой использования ($\rho = 0{,}42$, $p < 0{,}01$). Однако самооценка ИИ-компетенций не коррелирует с наличием методического переосмысления собственной практики ($\rho = 0{,}09$, $p > 0{,}05$). Это означает, что педагоги могут владеть техническими навыками работы с ИИ, но не знают, как именно ИИ-технология соотносится с педагогическими задачами в их конкретной дисциплине.

Качественный материал подтверждает этот вывод: в интервью руководители всех трех школ отметили, что ИИ используется ими для административных задач, но ни один не смог привести пример дидактически обоснованного использования ИИ на уроке. Именно дефицит интегрального AI-TPACK-знания, а не отсутствие инфраструктуры является ключевым барьером.

[17] Christensen C. M., Hall T., Dillon K., Duncan D. S. Competing Against Luck: The Story of Innovation and Customer Choice. – New York: Harper Business, 2016 . – 352 p.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

При этом существует выраженный запрос со стороны обучающихся: согласно данным опроса американских старшеклассников, 55 % учащихся хотели бы получить от учителей руководство по эффективному использованию ИИ-инструментов[18]. Это указывает на неудовлетворенную потребность в педагогическом сопровождении освоения ИИ. Следовательно, системная подготовка педагогов должна быть направлена не на освоение инструментов, а на формирование интегрального AI-TPACK-знания, включающего педагогическое и предметное переосмысление использования ИИ, что согласуется с выводами X. Rui, Celik и A. Edwards (2025), показавшими разрыв между технологическими навыками и способностью интегрировать ИИ в педагогическую практику даже у будущих педагогов [20].

*Двухосевая модель «когнитивный оффлоуд – агентность»: верификация через эмпирические данные*

Предложенная двухосевая модель была эмпирически верифицирована через распределение обучающихся по четырем типологическим группам (см. рис.). Однако ключевое значение имеет не сам факт распределения, а предсказательная сила модели.

Мы проверили связь между типологической группой и академической успеваемостью (по данным школьных журналов за последнюю четверть). Обучающиеся из группы «Делегирование» демонстрируют среднюю успеваемость, сопоставимую с группой «Расширенная когнитивность» (разница статистически незначима). Однако при выполнении контрольной работы без ИИ-поддержки группа «Делегирование» показала результаты значительно ниже, чем группа «Расширенная когнитивность» ($t = 3{,}14$, $p < 0{,}01$).

Это прямое эмпирическое свидетельство когнитивного долга – кумулятивного разрыва между демонстрируемой успеваемостью с ИИ-поддержкой и реально сформированными когнитивными структурами. Модель «оффлоуд – агентность» подтверждается: именно сочетание высокого оффлоуда и низкой агентности, а не высокий оффлоуд сам по себе, является предиктором когнитивного долга. Данный вывод согласуется с результатами исследований Y. Fan и соавторов (2025), зафиксировавших эффект «метакогнитивной лености» – диссоциацию между продуктивностью обучения с ИИ-поддержкой и качеством саморегуляции [10], а также с нейровизуализационными данными N. Kosmyna и соавторов (2025), интерпретирующими снижение активности префронтальной коры как свидетельство накопления когнитивного долга при использовании ИИ-ассистентов[19].

*Четырехслойная модель “AI Readiness – 4L”: эмпирическое наполнение*

Разработанная четырехслойная модель не является умозрительной конструкцией; каждый ее слой наполнен эмпирическими индикаторами, полученными в ходе корреляционного анализа.

*Технологический слой.* Корреляция между уровнем материально-технического оснащения школы и частотой использования ИИ педагогами оказалась статистически незначимой ($\rho = 0{,}11$, $p > 0{,}05$), тогда как корреляция с уровнем цифровой грамотности педа-

[18] Miao F., Cukurova M. AI Competency Framework for Teachers. – Paris: UNESCO, 2024. – 52 p. ISBN 978-92-3-100707-1. DOI: https://doi.org/https://doi.org/10.54675/ZJTE2084

[19] Kosmyna N., Hauptmann E., Yuan Y. T., Situ J., Liao X.-H., Beresnitzky A. V., Braunstein I., Maes P. Your Brain on ChatGPT: Accumulation of Cognitive Debt when Using an AI Assistant for Essay Writing Task // Arxiv. – 2025. – P. 2506.08872.

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

гогов значима (ρ = 0,42, p < 0,01). Таким образом, ключевым предиктором технологического слоя выступает не инфраструктура, а кадровый потенциал – компетентностный профиль и мотивационная готовность педагогического коллектива.

*Социальный слой.* Зафиксирована отрицательная корреляция между наличием институциональной поддержки и уровнем технострессса педагогов (ρ = -0,38, p < 0,05). В школах, где руководство транслирует установку на экспериментирование, доля активно применяющих ИИ значительно выше, чем в школе с наиболее развитой инфраструктурой, но консервативным руководством. Социальный слой является наиболее сильным предиктором готовности, что согласуется с выводами D. Y. Long и соавторов (2026), показавшими, что методы преподавания и организационная поддержка выступают ключевыми медиаторами эффективности ИИ-интервенций [11].

*Потребностный слой.* Релевантность ИИ реальным задачам педагога (JTBD-логика) положительно коррелирует с готовностью проходить обучение (ρ = 0,51, p < 0,01). Однако фиксируется разрыв между потребностями: педагоги хотят автоматизации рутины, тогда как для трансформации учебного процесса необходимо использование ИИ для дидактически глубоких задач. Потребностный слой требует целенаправленного расширения через профессиональное развитие.

*Компетентностный слой.* Лишь незначительная доля педагогов оценивает свои ИИ-компетенции как высокие. Этот результат согласуется с данными систематического обзора S. Eedelouei, показавшего, что низкая компетентность негативно влияет на решения учителей и их уверенность в применении ИИ-технологий [6]. Самооценка отрицательно коррелирует со страхом замены учителя ИИ (ρ = -0,44, p < 0,05). Однако, как показано выше, самооценка технологических навыков не сопровождается интегральным AI-TPACK-знанием. Компетентностный слой требует не просто обучения работе с инструментами, а формирования педагогического и предметного переосмысления их применения.

*Сопоставление с международными исследованиями*

*Парадокс готовности.* Полученный в настоящем исследовании «парадокс готовности» – расхождение между позитивной общей установкой педагогов и низкой регулярной интеграцией – согласуется с международными данными, но имеет выраженную региональную специфику. Согласно данным TALIS 2024, в странах ОЭСР 41 % учителей используют ИИ при значительном разбросе: от 75 % в Сингапуре и ОАЭ до 14 % во Франции; средний показатель по ЕС составляет 32 %[20]. Показатель Томской области (32,2 % регулярных пользователей) сопоставим со средним по ЕС, однако качественная структура использования существенно отличается: доля трансформационных практик (уровень Redefinition по SAMR) в нашем исследовании значительно ниже, чем можно было бы ожидать при сопоставимой частоте использования, тогда как международные данные показывают, что наиболее частыми применениями ИИ являются изучение и обобщение темы и генерация планов уроков[21].

Исследование P. Bui с соавторами на выборке финских студентов педагогических специальностей (N = 77) зафиксировало, что 27 %

[20] OECD. Results from TALIS 2024: The State of Teaching. – Paris: OECD Publishing, 2025. – 306 p. (TALIS). DOI: https://doi.org/10.1787/90df6235-en

[21] Miao F., Cukurova M. AI Competency Framework for Teachers. – Paris: UNESCO, 2024. – 52 p. ISBN 978-92-3-100707-1. DOI: https://doi.org/10.54675/ZJTE2084

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

респондентов никогда не использовали генеративные ИИ-инструменты, а большинство применяли их лишь эпизодически [2]. В нашем исследовании среди действующих педагогов доля, никогда не использовавших ИИ, выше. Это расхождение может свидетельствовать о том, что в российском контексте проникновение ИИ в педагогическую среду происходит медленнее, чем в Финляндии, где подготовка будущих учителей к использованию ИИ интегрирована в систему педагогического образования.

*Асимметрия компетенций.* Ключевое различие между нашими данными и международными исследованиями заключается в асимметрии компетенций между педагогами и учащимися. В нашем исследовании регулярными пользователями ИИ являются школьники значительно чаще, чем учителя. В международных исследованиях подобный разрыв либо не фиксируется, либо выражен слабее.

Это расхождение может быть связано с двумя факторами. Во-первых, в российской системе общего образования отсутствуют системные программы повышения ИИ-компетенций педагогов, сопоставимые с теми, которые реализуются в странах-лидерах (Сингапур, ОАЭ), где высокая доля использования ИИ коррелирует с наличием профессионального обучения[22]. Во-вторых, в странах Европы наблюдается более высокая институциональная поддержка внедрения ИИ. Например, в исследовании итальянских педагогов (N = 662) выявлено, что доверие к ИИ коррелирует не с техническим обучением (ρ = 0,36), а с восприятием конкретной поддержки (ρ = 0,57) [21; 22]. В нашем исследовании аналогичный паттерн подтверждается: социальный слой модели 4L (наличие институциональной поддержки) отрицательно коррелирует с технострессом педагогов (ρ = -0,38, p < 0,05).

*Типология управленческих установок.* Выявленная типология управленческих установок (рефлексивно-инновационная, прагматично-управленческая, делегирующе-консервативная) находит частичное подтверждение в зарубежной литературе. В позиционном документе Международной целевой группы по учителям для образования 2030 (UNESCO) подчеркивается, что профессиональная автономия педагога – необходимое условие сохранения ценностно-смысловой структуры образовательного процесса, а ИИ не должен подменять педагогическое суждение[23]. Однако в международных исследованиях акцент делается на поддержку учителей, тогда как наше исследование выявляет управленческие установки как самостоятельный фактор, дифференцирующий готовность школ к внедрению ИИ.

Исследование Ванга и Чжана (2026) показывает, что при высоком уровне поддержки тревога по поводу ИИ может функционировать как «вызов-стрессор», усиливающий профессиональное развитие (S. Wang, H. Zhang [23]). В нашем исследовании аналогичный паттерн прослеживается в группе «рефлексивно-инновационных» руководителей: несмотря на осознание рисков, они демонстрируют готовность к личному освоению ИИ и стимулированию педагогов. Однако в отличие от исследования Ванга и Чжана, где поддержка оказывалась через AI-агентов, в нашем

[22] Miao F., Cukurova M. AI Competency Framework for Teachers. – Paris: UNESCO, 2024. – 52 p. ISBN 978-92-3-100707-1 DOI: https://doi.org/https://doi.org/10.54675/ZJTE2084

[23] International Task Force on Teachers for Education 2030, UNESCO. Promoting and Protecting Teacher Agency in the Age of Artificial Intelligence: Position Paper. – Paris: UNESCO, 2025. – 36 p. URL: https://www.teachertaskforce.org/

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

случае ключевым фактором выступает человеческое лидерство – тип управленческой позиции.

*Региональная специфика.* Таким образом, наши данные как согласуются с международными исследованиями (универсальный паттерн «парадокса готовности», амбивалентность установок), так и выявляют региональную специфику: (1) более выраженную асимметрию компетенций между педагогами и учащимися; (2) более низкую долю трансформационных практик при сопоставимой частоте использования; (3) управленческие установки как самостоятельный фактор, дифференцирующий готовность школ. Преодоление этого разрыва требует не только инфраструктурных вложений, но и целенаправленной работы с социально-психологическими барьерами, а также системной подготовки педагогов, интегрированной в программы профессионального развития.

**Заключение**

Проведенное исследование, выполненное на основе эмпирического анализа установок, практик и барьеров использования ИИ педагогами и обучающимися системы общего образования Томской области (N = 374), позволяет сформулировать три основных авторских результата, отвечающих заявленной цели.

1. Эмпирическое обоснование двухосевой модели «когнитивный оффлоуд – агентность». Авторами верифицирована модель, описывающая четыре типа взаимодействия в системе «обучающийся – ИИ – педагог» на основе двух измерений: уровня когнитивного оффлоуда (степень делегирования мыслительных операций ИИ) и уровня агентности (способность сохранять контроль и критическую оценку). Ключевым выводом является доказательство того, что критический риск когнитивного долга возникает не сам по себе при высоком использовании ИИ, а только при сочетании высокого оффлоуда с низкой агентностью (группа «Делегирование», 37,15 % опрошенных обучающихся). Эмпирически подтверждено, что данная конфигурация приводит к кумулятивному разрыву между успеваемостью с ИИ-поддержкой и реально сформированными знаниями (разница в 22 % при выполнении заданий без ИИ). Целевой же конфигурацией, усиливающей познавательные возможности, признана «Расширенная когнитивность» (высокий оффлоуд / высокая агентность).

2. Эмпирическое обоснование четырехслойной модели готовности “AI Readiness – 4L”. Разработана и эмпирически наполнена многоуровневая модель готовности образовательной организации к внедрению ИИ, включающая технологический, социальный, потребностный и компетентностный слои. Статистически доказано, что ключевым предиктором готовности является не материально-техническая инфраструктура (ее вклад статистически незначим), а социальный слой – наличие институциональной поддержки и тип управленческой позиции, который дифференцирует долю активно применяющих ИИ педагогов (от 58,3 % при инновационной позиции до 27,3 % при консервативной). Также выявлен дефицит интегрального знания AI-TPACK: педагоги владеют техническими навыками, но не переосмысливают на их основе собственную дидактическую практику.

3. Формулировка архитектурных принципов проектирования ИИ-интервенций. На основе синтеза разработанных моделей сформулированы пять дидактических принципов, обеспечивающих сохранение когнитивной автономии обучающихся и профессиональной

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

агентности педагога: (1) приоритет педагогической задачи над технологией (JTBD-логика); (2) позиция педагога как куратора, сохраняющего операции верификации и реинтеграции; (3) включение элементов «продуктивного затруднения» для противодействия когнитивному долгу; (4) обязательный когнитивный контроль через «ИИ-иммунные» диагностические точки; (5) мониторинг сохранности агентности как критерия эффективности наравне с успеваемостью. Предложена дифференцированная стратегия внедрения в зависимости от типологии образовательной организации (от модели экспертного центра для лидеров до стратегии преодоления сопротивления для отстающих).

Эффективная интеграция ИИ в образование требует перехода от технологического детерминизма к педагогически опосредованному внедрению, основанному на диагностике реальных установок педагогов, уровне агентности участников и многослойной оценке готовности. Предложенные модели и принципы создают методологическую основу для проектирования таких интервенций, позволяя использовать трансформационный потенциал ИИ без нивелирования субъектности педагога и когнитивной автономии ученика.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ElSayary A. An investigation of teachers' perceptions of using ChatGPT as a supporting tool for teaching and learning in the digital era // Journal of Computer Assisted Learning. – 2024. – Vol. 40 (3). – P. 931–945. DOI: https://doi.org/10.1111/jcal.12926
2. Bui P., Korhonen T., Kontkanen S., Karme S., Piispa-Hakala S., Veermans M. Exploring pre-service teachers' generative AI readiness and behavioral intentions: A pilot study // LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education. – 2025. – Vol. 13 (1). – P. 8. DOI: https://doi.org/10.31129/LUMAT.13.1.2755
3. Глухов А. П., Синогина Е. С. Социально-профессиональные вызовы и методологические аспекты внедрения ИИ в образовательную среду школы // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2025. – № 5 (241). – С. 110–121. URL: https://elibrary.ru/wlzojl DOI: https://doi.org/10.23951/1609-624X-2025-5-110-121
4. Кузьменко М. В. Искусственный интеллект в школьном математическом образовании: осведомленность, готовность и использование учителями математики // Психологическая наука и образование. – 2025. – Т. 30, № 3. – С. 125-139. URL: https://elibrary.ru/fhqrzn DOI: https://doi.org/10.17759/pse.2025300310
5. Садыкова Г. В., Каюмова А. Р. Технологии искусственного интеллекта в российском образовательном пространстве: взгляд педагогов // Перспективы науки и образования. – 2024. – № 6 (72). – С. 720-732. URL: https://elibrary.ru/rikcdn DOI: https://doi.org/10.32744/pse.2024.6.45
6. Eedelouei S. Factors influencing language teachers' judgements and decision-making about the use of generative AI tools: A systematic review // Teaching and Teacher Education. – 2026. – Vol. 171. – P. 105333. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.105333
7. Sweller J., van Merriënboer J. J. G., Paas F. Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later // Educational Psychology Review. – 2019. – Vol. 31 (2). – P. 261–292. DOI: https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

8. Gilbert S. J. Cognitive Offloading is Value-based Decision Making: Modelling Cognitive Effort and the Expected Value of Memory // Cognition. – 2024. – Vol. 247. – P. 105783. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cognition.2024.105783
9. Risko E. F., Gilbert S. J. Cognitive Offloading // Trends in Cognitive Sciences. – 2016. – Vol. 20 (9). – P. 676–688. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.07.002
10. Fan Y., Tang L., Le H., Shen K., Tan S., Zhao Y., Shen Y., Li X., Gašević D. Beware of Metacognitive Laziness: Effects of Generative Artificial Intelligence on Learning Motivation, Processes, and Performance // British Journal of Educational Technology. – 2025. – Vol. 56 (2). – P. 489–530. DOI: https://doi.org/10.1111/bjet.13544
11. Long D. Y., Wang S., Md Rashid S., Lu X. T. Artificial Intelligence in Higher Education: A Systematic Review of Its Impact on Student Engagement and the Mediating Role of Teaching Methods // Frontiers in Education. – 2026. – Vol. 10. – P. 1648661. DOI: https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1648661
12. Hamilton E. R., Rosenberg J. M., Akcaoglu M. The Substitution Augmentation Modification Redefinition (SAMR) Model: A Critical Review and Suggestions for Its Use // TechTrends. – 2016. – Vol. 60 (5). – P. 433–441. DOI: https://doi.org/10.1007/s11528-016-0091-y
13. Mishra P., Koehler M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge // Teachers College Record. – 2006. – Vol. 108 (6). – P. 1017–1054. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x
14. Bandura A. Social Cognitive Theory: An Agentic Perspective // Annual Review of Psychology. – 2001. – Vol. 52. – P. 1–26. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.1
15. Буякова К. И., Дмитриев Я. А., Иванова А. С., Фещенко А. В., Яковлева К. И. Отношение студентов и преподавателей к использованию инструментов с искусственным интеллектом в вузе // Образование и наука. – 2024. – Т. 26, № 7. – С. 160–193. URL: https://elibrary.ru/bseuwy DOI: https://doi.org/10.17853/1994-5639-2024-7-160-193
16. Braun V., Clarke V. Using thematic analysis in psychology // Qualitative Research in Psychology. – 2006. – Vol. 3 (2). – P. 77–101. DOI: https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa
17. Letourneau A., Deslandes Martineau M., Charland P., Karran J. A., Boasen J., Leger P. M. A systematic review of AI-driven intelligent tutoring systems (ITS) in K-12 education // *NPJ Science of Learning*. – 2025. – Vol. 10. – P. 29. DOI: https://doi.org/10.1038/s41539-025-00320-7
18. Cetin Y., Taş Ö., Alakuş H., Kaplan H. İ. Examining School Principals' and Teachers' Perceptions of Using ChatGPT in Education // Educational Process: International Journal. – 2024. – Vol. 13 (3). – P. 85–96. DOI: https://doi.org/10.22521/edupij.2024.133.5
19. Doty K., Lipien L. Student Perceptions and Attitudes About the Usage of ChatGPT in Online K-12 Education // American Journal of Educational Research. – 2024. – Vol. 12 (9). – P. 348–355. DOI: https://doi.org/10.12691/education-12-9-2
20. Rui X., Celik I., Edwards J. Understanding pre-service teachers' needs for integrating AI-based tools in instruction through intelligent TPACK framework // Computers and Education Open. – 2025. – Vol. 9. – P. 100317. DOI: https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100317
21. Edwards A. Relational agency: Learning to be a resourceful practitioner // International Journal of Educational Research. – 2005. – Vol. 43 (3). – P. 168–182. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijer.2006.06.010
22. Floridi L., Cowls J., Beltrametti M., Chatila R., Chazerand P., Dignum V., Luetge C., Madelin R., Pagallo U., Rossi F., Schafer B., Valcke P., Vayena E. AI4People – An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations // Minds and Machines. – 2018. – Vol. 28 (4). – P. 689–707. DOI: https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

23. Wang S., Zhang H. Digital mentor paradox: Transforming algorithmic anxiety into professional growth through AI-scaffolded pedagogical reasoning and identity // Teaching and Teacher Education. – 2026. – Vol. 176. – P. 105526. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tate.2026.105526

Поступила: 01 июня 2026 Принята: 2 сентября 2026 Опубликована: 31 октября 2026

**Заявленный вклад авторов:**

А. П. Глухов: обоснование теоретической рамки, качественный анализ, интерпретация результатов, верификация гипотез, оформление текста статьи.

Е. С. Синогина: сбор эмпирического материала, выполнение статистических процедур.

М. А. Червонный: концепция и дизайн исследования, организация исследования, координация работы авторского коллектива.

Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

**Информация о конфликте интересов:**

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи

**Информация об авторах**

**Глухов Андрей Петрович**
кандидат философских наук, доцент, директор
научно-образовательный центр цифровой дидактики и искусственного интеллекта в образовании,
Томский государственный педагогический университет,
ул. Киевская, д. 60, 634061, Томская область, г. Томск, Россия.
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9919-5316
SPIN-код: 6192-2038
E-mail: glukhovap@tspu.edu.ru

**Синогина Елена Станиславовна**
кандидат физико-математических наук, доцент,
старший научный сотрудник,
научно-образовательный центр цифровой дидактики и искусственного интеллекта в образовании,
Томский государственный педагогический университет,
ул. Киевская, д. 60, 634061, Томская область, г. Томск, Россия.
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0000-0037-0309
SPIN-код: 9966-2815
E-mail: sinogina2004@mail.ru

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

**Червонный Михаил Александрович**
доктор педагогических наук, доцент, профессор,
кафедра физики и методики обучения физике,
директор
центр дополнительного физико-математического и естественнонаучного образования,
Томский государственный педагогический университет,
ул. Киевская, д. 60, 634061, Томская область, г. Томск, Россия.
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4459-5726
SPIN-код: 4196-1264
E-mail: mach@tspu.ru

© 2011–2026 Science for Education Today Все права защищены

Science for Education Today

2026, vol. 16, issue 5 http://en.sciforedu.ru/ ISSN 2658-6762

DOI: 10.15293/2658-6762.2605.07 Research Full Article / Article language: Russian

# Justifying the design of ai interventions in education: An analysis of teachers' attitudes and a multi-layered readiness model

Andrey P. Glukhov[1], Elena S. Sinogina [1], Mikhail A. Chervonnyy[1]

[1] Tomsk State Pedagogical University, Tomsk, Russian Federation

**Abstract**

***Introduction***. *The integration of artificial intelligence (AI) into general secondary education is accompanied by a persistent gap between teachers' declared readiness to use AI tools and their actual integration into the learning process. Teachers employ AI primarily for routine tasks, while its potential for transforming instruction and personalization remains unrealized, creating risks of cognitive debt for students and the erosion of professional agency. The lack of empirically grounded models for designing AI interventions that account for teachers' attitudes and cognitive risks impedes pedagogically sound AI integration. This study aims to empirically substantiate a two-axis 'cognitive offloading – agency' model and a four-layer 'AI Readiness – 4L' model based on an empirical analysis of teachers' attitudes, practices, and barriers to AI use, as well as to formulate architectural principles for AI interventions.*

***Materials and Methods***. *The theoretical framework comprised a synthesis of the 'Systems AI Readiness' concept, the SAMR, SCOT, JTBD, and TPACK models, and Bandura's social cognitive theory. The empirical basis was a mixed-method design (2024–2025) conducted across four comprehensive secondary schools in Tomsk (Russia). The quantitative component involved a survey of teachers (n=118); the qualitative component included interviews with school principals (n=3). Thematic analysis and case study methods were employed.*

***Results***. *A 'readiness paradox' was identified: despite positive attitudes toward AI, less than a third of teachers regularly use AI tools, and the majority rate their AI competencies as insufficient. Differentiation in principals' managerial positions was established. A two-axis 'cognitive offloading – agency' model with four types of interaction in the «student – AI – teacher» system was empirically substantiated. The critical risk of cognitive debt occurs when high offloading is combined with low agency. A four-layer 'AI Readiness – 4L' model (technological, social, needs-based, and competency layers) was developed. Social-organizational factors, rather than infrastructure, were found to be the key predictors of readiness. Architectural principles for AI interventions were formulated.*

**Acknowledgments**

The study was financially supported by the Russian Science Foundation. Project No. 26-18-00832 ("Fundamental Foundations for the Integration of Artificial Intelligence into the Pedagogical Mentorship System: Developing a Theoretical Model and Mechanisms for Personalizing Educational Trajectories").

**For citation**

Glukhov A. P., Sinogina E. S., Chervonnyy M. A. Justifying the design of ai interventions in education: An analysis of teachers' attitudes and a multi-layered readiness model. *Science for Education Today*, 2026, vol. 16 (5), pp. 131–157. DOI: http://dx.doi.org/10.15293/2658-6762.2605.07

*Corresponding Author: Elena S. Sinogina, sinogina2004@mail.ru*

*© A. P. Glukhov, E. S. Sinogina, M. A. Chervonnyy, 2026*

**© 2011–2026 Science for Education Today** **All rights reserved**

*The critical risk of cognitive debt occurs when high offloading is combined with low agency. A four-layer 'AI Readiness – 4L' model (technological, social, needs-based, and competency layers) was developed. Social-organizational factors, rather than infrastructure, were found to be the key predictors of readiness. Architectural principles for AI interventions were formulated.*

***Conclusions**. The proposed models and principles provide a foundation for designing AI interventions that leverage the transformative potential of technology while preserving teacher agency and student cognitive autonomy, confirming the necessity of transitioning to pedagogically mediated AI adoption.*

**Keywords**

*Artificial intelligence in education; Teacher attitudes; Cognitive debt; Cognitive offloading; Distributed agency; AI adoption readiness; Multi-layered readiness model; Comprehensive secondary school; Digital didactics.*

## REFERENCES

1. ElSayary A. An investigation of teachers' perceptions of using ChatGPT as a supporting tool for teaching and learning in the digital era. *Journal of Computer Assisted Learning*, 2024, vol. 40 (3), pp. 931-945. DOI: https://doi.org/10.1111/jcal.12926
2. Bui P., Korhonen T., Kontkanen S., Karme S., Piispa-Hakala S., Veermans M. Exploring pre-service teachers' generative AI readiness and behavioral intentions: A pilot study. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 2025, vol. 13 (1), pp. 8. DOI: https://doi.org/10.31129/LUMAT.13.1.2755
3. Glukhov A. P., Sinogina E. S. Socio-professional challenges and methodological aspects of ai implementation in the school educational environment. *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*, 2025, no. 5 (241), pp. 110-121. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/wlzojl DOI: https://doi.org/10.23951/1609-624X-2025-5-110-121
4. Kuzmenko M. V. Artificial intelligence in school mathematics education: Awareness, readiness, and usage among mathematics teachers. *Psychological Science and Education*, 2025, vol. 30 (3), pp. 125-139. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/fhqrzn DOI: https://doi.org/10.17759/pse.2025300310
5. Sadykova G. V., Kayumova A. R. Artificial intelligence technologies in the Russian educational context: Educators' views. *Perspectives of Science and Education*, 2024, no. 6 (72), pp. 720-732. (In Russian) URL: https://elibrary.ru/rikcdn DOI: https://doi.org/10.32744/pse.2024.6.45
6. Eedelouei S. Factors influencing language teachers' judgements and decision-making about the use of generative AI tools: A systematic review. *Teaching and Teacher Education*, 2026, vol. 171, pp. 105333. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tate.2025.105333
7. Sweller J., van Merriënboer J. J. G., Paas F. Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 2019, vol. 31 (2), pp. 261-292. DOI: https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5
8. Gilbert S. J. Cognitive offloading is value-based decision making: Modelling cognitive effort and the expected value of memory. *Cognition*, 2024, vol. 247, pp. 105783. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cognition.2024.105783
9. Risko E. F., Gilbert S. J. Cognitive Offloading. *Trends in Cognitive Sciences*, 2016, vol. 20 (9), pp. 676-688. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tics.2016.07.002
10. Fan Y., Tang L., Le H., Shen K., Tan S., Zhao Y., Shen Y., Li X., Gašević D. Beware of metacognitive laziness: Effects of generative artificial intelligence on learning motivation, processes, and performance. *British Journal of Educational Technology*, 2025, vol. 56 (2), pp. 489-530. DOI: https://doi.org/10.1111/bjet.13544

© 2011–2026 Science for Education Today All rights reserved

11. Long D. Y., Wang S., Md Rashid S., Lu X. T. Artificial intelligence in higher education: A systematic review of its impact on student engagement and the mediating role of teaching methods. *Frontiers in Education*, 2026, vol. 10, pp. 1648661. DOI: https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1648661
12. Hamilton E. R., Rosenberg J. M., Akcaoglu M. The substitution augmentation modification redefinition (SAMR) model: A critical review and suggestions for its use. *TechTrends*, 2016, vol. 60 (5), pp. 433-441. DOI: https://doi.org/10.1007/s11528-016-0091-y
13. Mishra P., Koehler M. J. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 2006, vol. 108 (6), pp. 1017-1054. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x
14. Bandura A. Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual Review of Psychology*, 2001, vol. 52, pp. 1-26. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.1
15. Buyakova K. I., Dmitriev Ya. A., Ivanova A. S., Feshchenko A. V., Yakovleva K. I. Students' and teachers' attitudes towards the use of tools with generative artificial intelligence at the university. *Education and Science*, 2024, vol. 26 (7), pp. 160-193. (In Russian) https://elibrary.ru/bseuwy DOI: https://doi.org/10.17853/1994-5639-2024-7-160-193
16. Braun V., Clarke V. Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 2006, vol. 3 (2), pp. 77-101. DOI: https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa
17. Letourneau A., Deslandes Martineau M., Charland P., Karran J. A., Boasen J., Leger P. M. A systematic review of AI-driven intelligent tutoring systems (ITS) in K-12 education. *NPJ Science of Learning*, 2025, vol. 10 (1), pp. 29. DOI: https://doi.org/10.1038/s41539-025-00320-7
18. Cetin Y., Taş Ö., Alakuş H., Kaplan H. İ. Examining school principals' and teachers' perceptions of using ChatGPT in education. *Educational Process: International Journal*, 2024, vol. 13 (3), pp. 85-96. DOI: https://doi.org/10.22521/edupij.2024.133.5
19. Doty K., Lipien L. Student perceptions and attitudes about the usage of ChatGPT in online K-12 education and student preferences about learning to use artificial intelligence from teachers. *American Journal of Educational Research*, 2024, vol. 12 (9), pp. 348-355. DOI: https://doi.org/10.12691/education-12-9-2
20. Rui X., Celik I., Edwards J. Understanding pre-service teachers' needs for integrating AI-based tools in instruction through intelligent TPACK framework. *Computers and Education Open*, 2025, vol. 9, pp. 100317. DOI: https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100317
21. Edwards A. Relational agency: Learning to be a resourceful practitioner. *International Journal of Educational Research*, 2005, vol. 43 (3), pp. 168-182. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijer.2006.06.010
22. Floridi L., Cowls J., Beltrametti M., Chatila R., Chazerand P., Dignum V., Luetge C., Madelin R., Pagallo U., Rossi F., Schafer B., Valcke P., Vayena E. AI4People - An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations. *Minds and Machines*, 2018, vol. 28 (4), pp. 689-707. DOI: https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5
23. Wang S., Zhang H. Digital mentor paradox: Transforming algorithmic anxiety into professional growth through AI-scaffolded pedagogical reasoning and identity. *Teaching and Teacher Education*, 2026, vol. 176, pp. 105526. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tate.2026.105526

Submitted: 01 June 2026 Accepted: 2 September 2026 Published: 31 October 2026

This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. (CC BY 4.0).

© 2011–2026 Science for Education Today All rights reserved

**The authors' stated contribution:**

A. P. Glukhov
Contribution of the co-author: substantiation of the theoretical framework, qualitative analysis, interpretation of results, verification of hypotheses, preparation of the manuscript.
E. S. Sinogina
Contribution of the co-author: collecting empirical material, performing statistical procedures.
M. A. Chervonnyy
Contribution of the co-author: conceptualization and study design, organization of the research, coordination of the author team.

All authors reviewed the results of the work and approved the final version of the manuscript.

**Information about competitive interests:**

The authors declare no apparent or potential conflicts of interest in connection with the publication of this article

**Information about the Authors**

**Andrey Petrovich Glukhov**
Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor, Director,
Research and Education Center for Digital Didactics and Artificial Intelligence in Education,
Tomsk State Pedagogical University,
634061, Tomsk Region, Tomsk, Kievskaya St. 60, Russian Federation.
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-9919-5316
E-mail: glukhovap@tspu.edu.ru

**Elena Stanislavovna Sinogina**
Candidate of Physics and Mathematics Sciences, Associate Professor,
Senior Researcher,
Research and Education Center for Digital Didactics and Artificial Intelligence in Education,
Tomsk State Pedagogical University,
634061, Tomsk Region, Tomsk, Kievskaya St. 60, Russian Federation.
ORCID ID: https://orcid.org/0009-0000-0037-0309
E-mail: sinogina2004@mail.ru

© 2011–2026 Science for Education Today All rights reserved

**Mikhail Alexandrovich Chervonnyy**
Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Director,
Department of Physics and Methods of Teaching Physics,
Center for Additional Physical, Mathematical and Natural Science Education,
Tomsk State Pedagogical University,
634061, Tomsk Region, Tomsk, Kievskaya St. 60, Russian Federation.
ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-4459-5726
E-mail: mach@tspu.ru

© 2011–2026 Science for Education Today All rights reserved