

Торайғыров университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайғыров университета

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТИНІҢ ХАБАРШЫСЫ

Педагогикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

Педагогическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-2661

№ 4 (2025)

Павлодар

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Торайгыров университета**

Педагогическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ KZ03VPY00029269

выдано

Министерством информации и коммуникаций
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области педагогики,
психологии и методики преподавания

Подписной индекс – 76137

<https://doi.org/10.48081/UWEH8749>

Бас редакторы – главный редактор

Тулекова Г. М.

доктор PhD, профессор

Заместитель главного редактора

Жуматаева Е., д.п.н., профессор

Ответственный секретарь

Попандопуло А. С., *доктор PhD, профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Магауова А. С.,

д.п.н., профессор

Бекмагамбетова Р. К.,

д.п.н., профессор

Самекин А. С.,

доктор PhD, ассоц. профессор

Син Куэн Фунг Кеннет,

д.п.н., профессор (Китай)

Желвис Римантас,

д.п.н., к.псих.н., профессор (Литва)

Авагян А. В.,

д.п.н., ассоц. профессор (Армения)

Томас Чех,

д.п.н., доцент п.н. (Чешская Республика)

Шокубаева З. Ж.,

технический редактор

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

***К. Е. Икласова¹, Лили Нурлияна Абдулла²,
*И. А. Оралканова³, М. Ж. Базарова⁴, Р. М. Ташибаев¹***

¹Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева,
Республика Казахстан, г. Петропавловск;

²Университет Путра Малайзия,
Серданг, Селангор, Малайзия;

³Торайғыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар;

⁴Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова,
Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск.

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8330-4282>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8704-2390>

³ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1969-4674>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2580-6580>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2436-9584>

*e-mail: Indir.85@mail.ru

МНОГОАГЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ В ЦИФРОВОМ ОБРАЗОВАНИИ: СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

В эпоху цифровизации образования возрастает интерес к использованию многоагентных систем (MAC) как эффективного инструмента создания адаптивных и интеллектуальных обучающих сред. Настоящая работа представляет собой систематический анализ 253 научных публикаций, посвящённых применению MAC в образовательных контекстах за период 2005–2025 гг. Анализ выполнен с использованием методологии PRISMA и охватывает ключевые архитектурные и поведенческие модели агентов, педагогические задачи, а также основные вызовы и тенденции. Результаты показывают преобладание иерархических и гибридных архитектур, широкое использование BDI-моделей агентов, а также доминирование таких задач, как интеллектуальный тьюторинг, персонализация и поддержка совместного обучения. Работа выявляет устойчивый рост интереса к теме, особенно в последние

годы, на фоне развития технологий искусственного интеллекта. Обсуждаются основные барьеры на пути массового внедрения МАС, включая высокую стоимость разработки, необходимость построения точной модели обучающегося и недостаток лонгитюдных исследований. В качестве перспективных направлений выделены интеграция с глубоким обучением, объяснимым ИИ, аффективными вычислениями и создание инструментов для преподавателей без навыков программирования. Результаты могут быть полезны для исследователей, разработчиков и практиков в области цифрового образования.

Ключевые слова: многоагентные системы, интеллектуальные обучающие системы, персонализация обучения, совместное обучение, систематический анализ, образовательные технологии, искусственный интеллект в образовании.

Введение

Цифровая трансформация системы образования, ускоренная глобальными вызовами последних лет, актуализировала поиск новых педагогических подходов и технологических инструментов. В этом контексте значительный исследовательский интерес привлекают многоагентные системы (МАС) - одна из парадигм распределенного искусственного интеллекта, что подтверждается устойчивым числом публикаций в этой области [1; 2; 3].

Применение МАС в образовании открывает возможности для создания динамичных и гибких сред, где программные агенты могут выполнять роли тьюторов, менторов или партнеров по обучению. Работы в этой области ведутся уже более двух десятилетий, и в научном сообществе накоплен значительный массив исследований, посвященных проектированию интеллектуальных обучающих систем (ИОС) и сред для совместного обучения (CSCL) на основе агентных технологий [4; 5].

Однако, несмотря на обилие публикаций, некоторые авторы отмечают фрагментарность знаний и недостаток систематических обзоров, обобщающих накопленный опыт. Отсутствует целостное понимание того, какие архитектурные решения и модели поведения агентов доминируют в данной области. Этот пробел затрудняет как дальнейшее развитие теории МАС в образовании, так и перенос успешных исследовательских прототипов в реальную педагогическую практику.

Целью данной статьи является проведение систематического анализа научных публикаций для выявления, классификации и обобщения ключевых

парадигм, архитектур и моделей многоагентных систем, применяемых в сфере цифрового образования.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие исследовательские вопросы (Research Questions, RQ):

RQ1: Какие архитектуры МАС наиболее часто применяются для разработки образовательных приложений?

RQ2: Какие модели поведения интеллектуальных агентов используются в образовательных МАС?

RQ3: Для решения каких основных типов педагогических задач используются МАС?

RQ4: Какие основные тенденции, вызовы и перспективы можно выделить на основе анализа?

Материалы и методы

Для ответа на поставленные исследовательские вопросы был проведен систематический анализ литературы (Systematic Literature Review), основанный на принципах протокола PRISMA. Процесс состоял из этапов планирования, проведения поиска, отбора публикаций и извлечения данных.

Источники и поисковая стратегия. В качестве основного источника данных была выбрана научная база данных IEEE Xplore как одна из ведущих площадок для публикации исследований в области компьютерных наук и технологий. Поиск проводился по следующему запросу: («multi-agent system*» OR «agent-based model*») AND (educat* OR learn* OR tutor* OR teach* OR «e-learning»). Хронологические рамки были ограничены периодом с января 2005 по июль 2025 года. Первичный поиск выявил 12,462 публикации.

Критерии и процесс отбора. Были определены критерии включения: статья является рецензируемой публикацией в журнале или трудах конференции и посвящена применению МАС в образовательном контексте. Для формирования репрезентативной выборки был проведен автоматический скрининг более 1000 наиболее релевантных, по оценке поисковой системы, статей. После анализа названий и аннотаций на наличие ключевых слов, относящихся к образовательным задачам (например, «tutor», «collaborative», «assessment»), была сформирована итоговая выборка из 253 статей, которая и стала основой для данного исследования.

Результаты и обсуждение

На первом этапе анализа была изучена динамика публикационной активности по теме применения многоагентных систем в образовании на основе отобранный выборки из 253 научных работ. Распределение количества публикаций по годам представлено в соответствии с Рисунке 1.

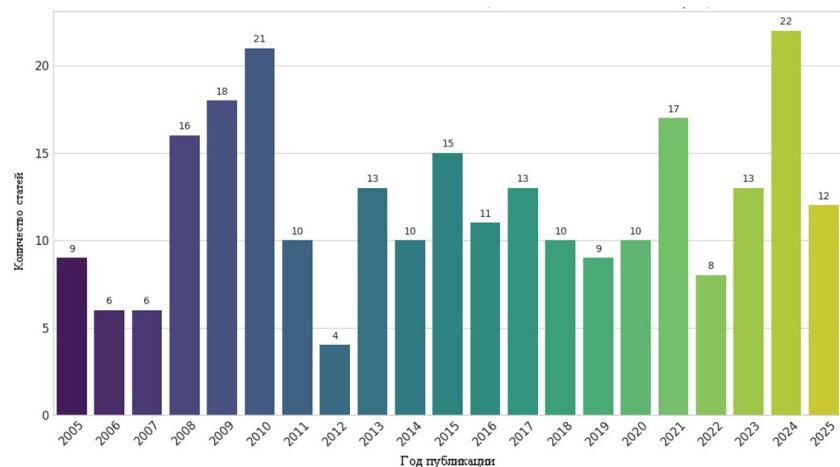


Рисунок 1 – Динамика количества публикаций по теме МАС в образовании в период с 2005 по 2025 гг. (на основе проанализированной выборки)

Анализ графика позволяет сделать несколько выводов. Во-первых, наблюдается устойчивый интерес исследователей к данной тематике на протяжении всего рассматриваемого периода. Во-вторых, можно выделить несколько волн роста: первая волна приходится на конец 2000-х - начало 2010-х годов (с пиком в 18-21 публикацию в год в 2009-2010 гг.), что, вероятно, связано с общим ростом популярности агентных технологий и после некоторого спада наблюдается вторая волна интереса, достигающая нового пика в 2024 году (22 публикации в выборке). Это свидетельствует о том, что тема не теряет своей актуальности и находит новые приложения в связи с развитием технологий искусственного интеллекта.

Для ответа на первый исследовательский вопрос (RQ1) был проведен анализ названий и аннотаций отобранных статей с целью выявления доминирующих архитектурных парадигм. Каждая работа была классифицирована на основе явного упоминания конкретных архитектурных решений. Результаты частотного анализа представлены в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Частота упоминания различных архитектур МАС в отобранных статьях

Архитектурный подход	Ключевые слова для поиска	Количество упоминаний	% от выборки	Краткая характеристика
Иерархическая	hierarchical, layered, multi-layer	58	23 %	Агенты организованы в строгую структуру с четким подчинением. Подходит для задач с ясным распределением ролей (например, «агент-учитель» и «агенты-студенты») [4; 6].
Коллaborативная/ Кооперативная	collaborative, cooperative	45	18 %	Агенты равноправны и совместно работают над общей целью. Часто используется в системах для поддержки групповой работы и совместного обучения [1; 2].
Гибридная	hybrid	31	12 %	Сочетает в себе элементы нескольких архитектур, чаще всего реактивной и совещательной (например, BDI), чтобы обеспечить и быструю реакцию, и долгосрочное планирование [7; 8].
BDI-архитектура	BDI, belief-desire-intention	25	10 %	Когнитивная архитектура, где поведение агента моделируется на основе его «убеждений», «желаний» и «намерений». Позволяет создавать агентов со сложным, целенаправленным поведением [9; 10].
Реактивная	reactive	19	7.5 %	Поведение агента основано на простом принципе «стимул-реакция» без сложного внутреннего состояния или планирования [11; 12].
Другие/Не указано	-	75	30 %	Во многих статьях архитектура либо не классифицируется явно, либо описывается уникальным для проекта образом.

Для ответа на второй исследовательский вопрос (RQ2), касающийся используемых моделей поведения агентов, был проведен дальнейший анализ отобранных работ. В отличие от архитектуры, которая описывает общую структуру системы, модель поведения определяет, как отдельный агент принимает решения. Сравнительный анализ поведения моделей агентов представлен в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Анализ поведения моделей образовательных агентов.

Модель поведения	Принцип работы	Основное применение	Примеры	Ключевой вывод
Совещательная (BDI)	Принимает решения на основе: Убеждений (знания о мире) Желаний (глобальные цели) Намерений (конкретные планы)	Создание агентов - тьюторов и агентов-коучей.	Убеждение: «Студент не знает эту тему». Желание: «Студент должен понять тему». Намерение: «Предложить задачу по этой теме».	Обеспечивает сложную, стратегическую и адаптивную поддержку, имитируя поведение преподавателя
Реактивная	Простой принцип «стимул-реакция» без сложного внутреннего состояния.	Задачи, требующие быстрой и однозначной обратной связи.	Мгновенный сигнал о синтаксической ошибке. Реакция NPC в обучающей игре. Простая подсказка по запросу.	Идеальна для выполнения вспомогательных чётких определенных функций без глубокого анализа
Гибридная	Сочетает два уровня: Реактивный: для быстрых действий. Совещательный: для долгосрочного планирования.	Создание многофункциональных и гибких образовательных сред.	Реактивно: похвалить за быстрый ответ. Совещательно: изменить учебный план на следующую неделю.	Наиболее гибкий и мощный подход, позволяющий системе быть одновременно и быстрой, и «умной»

Анализ показал, что выбор модели поведения напрямую зависит от педагогической задачи, которую решает агент. Наиболее сложной и часто упоминаемой моделью в контексте интеллектуального тьюторинга является BDI-модель (Belief-Desire-Intention). Агенты, построенные на ее основе, обладают внутренним представлением о мире (Beliefs), преследуют определенные цели (Desires) и формируют конкретные планы для их достижения (Intentions). Эта модель идеально подходит для создания агентов-тьюторов или агентов-коучей, хранит модель знаний обучающегося, его типичные ошибки, стиль обучения. BDI-агенты используются там, где требуется сложная, стратегическая и адаптивная поддержка, имитирующая поведение опытного преподавателя. Реактивные агенты функционируют по более простому принципу «стимул-реакция», так как у них нет сложной внутренней модели мира и они реагируют на текущие события в среде. Эта модель эффективна для задач, требующих быстрой и однозначной обратной связи в ней, агент немедленно сигнализирует о синтаксической ошибке в коде. Реактивные агенты используются для выполнения вспомогательных, четко определенных функций, которые не требуют глубокого педагогического анализа.

Большинство современных и эффективных систем, как показал анализ, используют гибридный подход, которые сочетают в себе элементы обеих моделей. Часто гибридная архитектура состоит из нескольких уровней, это: реактивный уровень - отвечающий за быстрые, рефлекторные действия (например, мгновенная обратная связь) и совещательный уровень - отвечает за долгосрочное планирование и достижение глобальных педагогических целей (например, адаптация учебной траектории на основе прогресса обучающегося за неделю). Данный вид модели представляют собой наиболее гибкий и мощный подход, позволяя создавать многофункциональные образовательные среды.

Для ответа на третий исследовательский вопрос (RQ3) все отобранные статьи были классифицированы в соответствии с основной педагогической задачей, на решение которой они направлены. Анализ показал, что применение МАС не ограничивается одной областью, а охватывает широкий спектр образовательных потребностей. Некоторые работы решали сразу несколько задач (например, интеллектуальный тьютор с элементами геймификации), представлено в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3 – Распределение МАС по основным педагогическим задачам

Педагогическая задача	Ключевые слова для поиска	Количество упоминаний	% от выборки	Пример реализации
Интеллектуальные тьюторские системы (ИТС)	tutor, tutoring, ITS, coaching	95	38 %	Система с агентом-тьютором, который ведет обучающегося по материалу, адаптирует контент, задает вопросы и дает подсказки [8; 9; 13].
Персонализация и Адаптивное обучение	personalization, adaptive, student model, learning style	82	32 %	Агенты отслеживают прогресс и предпочтения обучающегося, чтобы динамически изменять учебную траекторию, сложность заданий или способ подачи материала [5; 14; 15].
Поддержка совместного обучения (CSCL)	collaborative, cooperative, group learning	61	24 %	Агенты помогают формировать учебные группы, модерируют дискуссии, отслеживают вклад каждого участника и предлагают темы для обсуждения [16; 17].
Оценка знаний (Assessment)	assessment, evaluation, feedback	45	18 %	Агенты автоматически генерируют тесты, анализируют ответы (включая текстовые), обеспечивают немедленную обратную связь и проводят взаимооценку [18; 19].
Обучающие игры и Геймификация	game, gamification, serious game	28	11 %	Агенты управляют поведением неигровых персонажей (NPC), адаптируют сложность игры, выдают награды и поддерживают вовлеченность игрока [20, с.6].

Классификация статей по целям показала, что наиболее активно МАС применяются для создания Интеллектуальных тьюторских систем (ИТС) (~38 %) и реализации персонализированного/ адаптивного обучения (~32 %). Также важными областями являются поддержка совместного обучения (CSCL) (~24 %) и автоматизированная оценка знаний (~18 %). Как видно из таблицы, наиболее широкое применение МАС нашли в создании Интеллектуальных тьюторских систем и обеспечении персонализации обучения. Это подтверждает тезис о том, что главная сила агентных технологий в образовании - способность к индивидуализации и созданию динамичных «один-на-один» сценариев обучения в массовом масштабе. Значительная доля систем для поддержки совместного обучения говорит о том, что МАС успешно применяются не только для индивидуальной, но и для групповой динамики, моделируя сложные социальные взаимодействия. Такие области, как оценка знаний и геймификация, также являются важными направлениями, где МАС позволяют автоматизировать рутинные задачи преподавателя и повысить мотивацию обучающихся.

Проведенный систематический анализ позволяет не только констатировать факты, но и проинтерпретировать ключевые тенденции в области применения многоагентных систем в образовании.

Доминирование иерархических структур. Наиболее частая встречаемость иерархических и многоуровневых архитектур не является случайной. Она отражает традиционную дидактическую модель «учитель-ученик». Разработчикам проще и логичнее проектировать системы, где есть главный «агент-педагог», который управляет процессом, и подчиненные «агенты-студенты» или «агенты-помощники». Однако этот подход может ограничивать развитие более гибких и ориентированных на ученика сценариев, где инициатива передается обучающему.

Движение в сторону гибридности и «разумности». Анализ моделей поведения агентов показал явный тренд на усложнение. Если ранние системы часто использовали простых реактивных агентов, то современные исследования все чаще фокусируются на гибридных и BDI-архитектурах. Это говорит о том, что фокус сместился от простой автоматизации к попытке создать «умных» цифровых помощников, способных к целеполаганию и долгосрочному планированию, что приближает их к роли реального тьютора.

Однако, несмотря на очевидный прогресс, в проанализированных работах прослеживается ряд системных проблем, это:

эффективность многих предложенных систем доказывается на небольших выборках студентов или в рамках краткосрочных экспериментов.

Не хватает лонгитюдных исследований, показывающих реальное влияние МАС на образовательные результаты в долгосрочной перспективе.

для эффективной персонализации агенту необходимы данные о обучающемся. Процесс сбора этих первоначальных данных (создание «модели студента») остается сложной задачей.

проектирование и реализация полноценной МАС - это трудоемкий и дорогостоящий процесс, что затрудняет их массовое внедрение в образовательную практику по сравнению с более простыми цифровыми инструментами.

Информация о финансировании

Данное исследование финансировалось/финансируется Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № АР23488869).

Выводы

Данное исследование было посвящено систематическому анализу парадигм, архитектур и моделей многоагентных систем в цифровом образовании. Анализ показал, что МАС являются мощным и гибким инструментом для решения широкого круга педагогических задач, от персонализации обучения до поддержки совместной деятельности и интеллектуального тьюторинга. Было установлено доминирование иерархических архитектур и растущий интерес к гибридным моделям поведения агентов.

Отвечая на наш финальный исследовательский вопрос (RQ4), на основе анализа можно выделить следующие перспективные направления для будущих исследований:

- использование нейронных сетей для построения более точных и динамичных моделей студента (student models), которые могут анализировать не только ответы, но и поведение, и даже психоэмоциональное состояние учащегося.

- разработка агентов, которые могут не просто дать подсказку, но и объяснить, почему они предлагают именно такое решение. Это повысит доверие к системе со стороны как студентов, так и преподавателей.

- создание агентов, способных распознавать и адекватно реагировать на эмоции студента (скучу, замешательство, интерес), чтобы поддерживать его мотивацию и вовлеченность.

- разработка стандартных протоколов и платформ, которые позволили бы преподавателям без навыков программирования самим конструировать и настраивать образовательных агентов для своих курсов.

В целом, можно заключить, что область применения MAC в образовании прошла этап становления и сейчас вступает в фазу зрелости, переходя от доказательства концепции к решению сложных практических задач по созданию интеллектуальных и адаптивных образовательных сред нового поколения.

Список использованных источников

- 1 **Li, L., Lu Y., Liu, L., Gao, Y.** Design and Implementation of Collaborative Learning Algorithm for Vocational Education Based on Multi Agent System [Текст] // 2024 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Autonomous Robot Systems (AIARS) : Proceedings. – 2024. – P. 398–403.
- 2 **Hanna, N., Richards, D.** Framework for a Multi-agent Collaborative Virtual Learning Environment (MACVILLE) Based on Activity Theory [Текст] // Lecture Notes in Computer Science. – 2012. – Т. 7457. – С. 209–220. – https://doi.org/10.1007/978-3-642-32541-0_18.
- 3 **Su, C.-H.** A Novel Hybrid Learning Achievement Prediction Model: A Case Study in Gamification Education Applications (APPs) [Текст] // International Journal of Information Technology & Decision Making (IJITDM). – 2017. – Т. 16, № 2. – С. 515–543.
- 4 **Talib, A. M., Alomary, F. O.** An Interactive Distance Education and E-Learning System Based on Multi Agent System Architecture [Текст] // 2018 1st International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS). – 2018. – P. 1–6. – <https://doi.org/10.1109/CAIS.2018.8441984>.
- 5 **Nafiseh, S., Ali, M. G.** Evaluation Based on Personalization Using Optimized FIRT and MAS Framework in Engineering Education in E-learning Environment [Текст] // 4th International Conference on E-Learning and E-Teaching (ICELET). – 2013. – P. 117–120. – <https://doi.org/10.1109/ICELET.2013.6681657>.
- 6 **Ali, A. P., Dehghan, H., Gholampour, J.** An Agent Based Multilayered Architecture for E-learning System [Текст] // 2nd International Conference on E-Learning and E-Teaching (ICELET). – 2010. – P. 22–26. – <https://doi.org/10.1109/ICELET.2010.5708375>.
- 7 **Oulhaci, M. A., Travoulez, E., Espinasse, B., Fournier S.** Intelligent Tutoring Systems and Serious Game for Crisis Management: A Multi-agents Integration Architecture [Текст] // 2013 Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE). – 2013. – P. 253–258. – <https://doi.org/10.1109/WETICE.2013.78>.
- 8 **Rybina, G. V., Nikiforov, A. Y., Slinkov, A. A., Grigoryev, A. A.** Automated Formation of the Unified Ontological Space of Students' Knowledge and Skills to Implement Intellectual Tutoring Tasks Based on Tutoring Integrated

Expert Systems [Текст] // 2022 VI International Conference on Information Technology and Engineering Education (Inforino). – 2022. – P. 1–6. – <https://doi.org/10.1109/Inforino53888.2022.9782941>.

9 **Mikic-Fonte, F. A., Burguillo-Rial, J. C., Llamas-Nistal, M., Fernández-Hermida, D.** A BDI-based Intelligent Tutoring Module for the E-learning Platform INES [Текст] // 2010 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). – 2010. – P. T1J-1–T1J-6. – <https://doi.org/10.1109/FIE.2010.5673365>.

10 **Bisikalo, O., Kovalenko, O., Palamarchuk, Y.** Models of Behavior of Agents in the Learning Management System [Текст] // 2019 IEEE 14th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). – Vol. 3. – 2019. – P. 222–227. – <https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2019.8929751>.

11 **Ennaji, M., Boukachour, H., Machkour, M., Salah, M. B.** Mutual Human-Computer Tutoring Using Agents [Текст] // 2020 6th IEEE Congress on Information Science and Technology (CiSt). – 2020. – P. 279–283. – <https://doi.org/10.1109/CiSt49399.2021.9357194>.

12 **Wang, Y., Niu, L., Ren, F.** A Multi-Agent-Based Approach for the Study of Student Behavior Dynamics in Peer Learning Environments [Текст] // 2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Education (TALE). – 2021. – P. 689–694. – <https://doi.org/10.1109/TALE52509.2021.9678935>.

13 **Almetnawy, H., Orabi, A., Alneyadi, A. R., Ahmed, T., Lakas, A.** An Adaptive Intelligent Tutoring System Powered by Generative AI [Текст] // 2025 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). – 2025. – P. 1–10. – <https://doi.org/10.1109/EDUCON62633.2025.11016362>.

14 **Zakaria, R., Hadhoum, B., Mourad, E., Mustapha, M.** Dynamic Adaptation in an Intelligent Multi-Tutoring System: A Multi-Agent Approach [Текст] // IEEE Access. – 2025. – Vol. PP, No. 99. – P. 1–1. – <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3576651>.

15 **Kazim, R. M., Wang, G., Ming, Z., Cao, J., Allen, J. K., Mistree, F.** A Design Framework for Scalable and Adaptive Multi-Agent Coordination in Dynamic Environments: Addressing Concurrent Agent and Environment Interactions [Текст] // IEEE Access. – 2025. – Vol. 13. – P. 67029–67055. – <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3560988>.

16 **Ma, Y.-S., Che, W.-W., Wu, Z.-G.** Event-Triggered Fully Distributed Control : A Model-Free Adaptive Learning Algorithm [Текст] // IEEE Transactions on Automatic Control. – 2025. – Vol. PP, No. 99. – P. 1–8. – <https://doi.org/10.1109/TAC.2025.3548937>.

17 **de Carvalho, J. M., de M. Netto, J. F. IGARA:** A Proposal for a Pedagogical Approach to Apply Educational Robotics through Collaborative

Learning [Текст] // 2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). – 2021. – P. 1–8. – <https://doi.org/10.1109/FIE49875.2021.9637380>.

18 Subramanian, K., Ulaganathan, G., Balamurugan, D., Kavitha, A. K., Pratheepa, A. K., Kumar, M. R. Predictive Analytics for the Role of E-Resources and E-Learning in Education Sector [Текст] // 2025 International Conference on Multi-Agent Systems and Collaborative Intelligence (ICMSCI). – 2025. – P. 754–759. – <https://doi.org/10.1109/ICMSCI62561.2025.10894654>.

19 Lai, W.-Z., Li W.-B., Huang, Y.-L., Wang, W.-X., Xiao, D. Rainstorm Flood Building Risk Dynamic Assessment Conceptual Model Utilization Agent Based Modeling [Текст] // 2015 International Conference on Computer Science and Applications (CSA). – 2015. – P. 191–195. – <https://doi.org/10.1109/CSA.2015.34>.

20 Yuwono, S., Löppenberg, M., Schwung D., Schwung, A. Gradient-based Learning in State-based Potential Games for Self-Learning Production Systems [Текст] // IECON 2024 - 50th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. – 2024. – P. 1–7. – <https://doi.org/10.1109/IECON55916.2024.10905619>.

Поступило в редакцию 31.07.25.

Поступило с исправлениями 09.10.25.

Принято в печать 25.11.25.

К. Е. Икласова¹, Лили Нурлияна Абдулла²,

**И. А. Оралканова³, М. Ж. Базарова⁴, Р. М. Ташибаев¹*

¹М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы, Петропавл қ.;

²Путра Малайзия университеті, Серданг, Селангор, Малайзия;

³Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.;

⁴С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ.

31.07.25 ж. баспаға түсті.

09.10.25 ж. түзетулерімен түсті.

25.11.25 ж. басып шығаруға қабылданды.

САНДЫҚ БІЛІМ БЕРУДЕГІ КӨПАГЕНТТІК ЖҮЙЕЛЕР: ЖҮЙЕЛІ ТАЛДАУ ЖӘНЕ ДАМУ БОЛАШАФЫ

Білім берудің цифрлық трансформациясы дәуірінде бейімделетін дәрі интеллектуалды оқыту орталарын құруга арналған тиімді құрал ретінде көпагенттік жүйелерге (MAC) қызығушылық артып келеді. Бұл мақалада 2005–2025 жылдар аралығында MAC-ты білім беру саласында қолдануға арналған 253 ғылыми жарияланымға жүйелі шолу ұсынылады. PRISMA әдіснамасына сүйене отырып жүргізілген шолу агенттердің негізгі архитектуралық және ереже модельдерін, педагогикалық міндеттерді, сондай-ақ негізгі үрдістер мен қындықтарды қамтиды. Зерттеу нәтижелері иерархиялық және гибридті архитектуралардың басымдығын, BDI агент модельдерінің жиі қолданылуын және интеллектуалды түтөрингке, жекелендіруге, бірлескен оқыга бағытталғандығын көрсетеді. Сондай-ақ жасанды интеллекттегі жетістіктерге байланысты тақырыпқа деген қызығушылықтың тұрақты өсуі байқалады. Жаппай қолдануға кедергі болатын факторлар қатарында жоғары әзірлеу құны, білім алушының дәл модельн құрудың күрделілігі және ұзақ мерзімді зерттеулердің жетіспеушілігі аталағы. Келешегі бар бағыттарға терең оқытумен, түсінірілетін ИИ, аффективтік есептеулермен интеграция және бағдарламалу дағдылары жоқ мұғалімдер үшін агенттер құруга арналған құралдарды жасау жатады. Бұл нәтижелер сандық білім беру саласындағы зерттеушілерге, әзірлеушілерге және практиктерге пайдалы болуы мүмкін.

Түйінді сөздер: көпагенттік жүйелер, интеллектуалды оқыту жүйелері, оқытууды жекелендіру, бірлескен оқыту, жүйелі шолу, білім беру технологиялары, білім берудегі жасанды интеллект.

*K. E. Iklassova¹, Lili Nurliyana Abdullah², *I. A. Oralkanova³,*

M. Zh. Bazarova⁴, R. M. Tashibayev¹

¹*M. Kozybayev North Kazakhstan University,*

Republic of Kazakhstan, Petropavlovsk;

²*Universiti Putra Malaysia Serdang, Selangor D. E., Malaysia,*

³*Toraighyrov University,*

Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

⁴*Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University,*

Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk.

Received 31.07.25.

Received in revised form 09.10.25.

Accepted for publication 25.11.25.

MULTI-AGENT SYSTEMS IN DIGITAL EDUCATION: A SYSTEMATIC ANALYSIS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

In the era of digital transformation in education, the interest in multi-agent systems (MAS) as effective tools for building adaptive and intelligent learning environments is growing rapidly. This article presents a systematic review of 253 scientific publications from 2005 to 2025, focused on the use of MAS in educational contexts. The review, guided by the PRISMA methodology, covers key architectural and behavioral models of agents, educational tasks, as well as trends and challenges. The findings indicate the dominance of hierarchical and hybrid architectures, the frequent application of BDI agent models, and a focus on intelligent tutoring, personalization, and collaborative learning. The study highlights persistent interest in the topic driven by advances in AI. Barriers to wide adoption include development costs, challenges in modeling learners accurately, and a lack of longitudinal studies. Promising directions include integration with deep learning, explainable AI, affective computing, and the creation of no-code tools for educators. The findings can be valuable for researchers, developers, and practitioners in the field of digital education.

Keywords: multi-agent systems, intelligent tutoring systems, learning personalization, collaborative learning, systematic review, educational technology, artificial intelligence in education.

Теруге 25.11.2025 ж. жіберілді. Басуға 30.12.2025 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

9,42 Kb RAM

Шартты баспа табагы 31,59.

Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген З. Ж. Шокубаева

Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Қожас

ТАПСЫРЫС № 4485

Сдано в набор 21.11.2025 г. Подписано в печать 30.12.2025 г.

Электронное издание

9,42 Kb RAM

Усл.п.л. 32,63. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка З. Ж. Шокубаева

Корректоры: А. Р. Омарова, Д. А. Қожас

Заказ № 4485

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов қ., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов қ., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.pedagogic-vestnik.tou.edu.kz