

**ЖАРАТЫЛЫСТАНУ-МАТЕМАТИКАЛЫҚ БІЛІМ ЖӘНЕ ОҚЫТУ
ТЕХНОЛОГИЯСЫ
ЕСТЕСТВЕННО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ
ПРЕПОДАВАНИЯ**

МРНТИ 14.35.07

DOI: <https://doi.org/10.59102/pedagogical/2026/iss1pp40-50>

Увалиева С.К.¹, Ларионова С.В.¹

^{1,2} Кокшетауский университет им Ш. Уәлиханова, г. Кокшетау, 020000, Республика Казахстан

**ВЛИЯНИЕ ИИ-ТЕХНОЛОГИЙ НА ОБУЧЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ
ГЕОМЕТРИИ И РАЗВИТИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ:
ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ**

В условиях цифровизации высшего педагогического образования актуализируется проблема внедрения искусственного интеллекта в обучение фундаментальным математическим дисциплинам. Аналитическая геометрия, играя ключевую роль в формировании пространственного мышления, требует использования современных технологических средств, способствующих осмысленному усвоению учебного материала.

Целью исследования является эмпирическое выявление влияния ИИ-технологий на процессы обучения аналитической геометрии и развитие пространственного мышления студентов образовательной программы «В009 Подготовка учителей математики». Основная идея исследования заключается в рассмотрении ИИ-технологий как средства когнитивной поддержки обучения, обеспечивающего автоматизацию символических преобразований и визуализацию геометрических объектов.

Научная значимость работы состоит в расширении эмпирических представлений о педагогическом потенциале ИИ в обучении аналитической геометрии. Практическая значимость определяется возможностью использования результатов при совершенствовании методик преподавания аналитической геометрии и обновлении учебных курсов.

Исследование проведено в формате квазиэкспериментального педагогического эксперимента с использованием схемы pretest–posttest. В исследовании приняли участие 102 студента первого курса образовательной программы «В009 Подготовка учителей математики». В экспериментальной группе обучение осуществлялось с применением ИИ-технологий, в контрольной — по традиционной методике. В качестве инструментов использовались тесты пространственного мышления, шкала восприятия ИИ-поддержки обучения (Likert 1–5) и рубрика оценки учебных достижений. Для обработки данных применялись методы описательной статистики, t-критерий Стьюдента и дисперсионный анализ.

Результаты исследования показали статистически значимый рост показателей пространственного мышления и учебных достижений студентов экспериментальной группы по сравнению с контрольной. Студенты положительно воспринимают ИИ-технологии как средство поддержки учебной деятельности.

Ценность исследования заключается в эмпирическом обосновании эффективности ИИ-технологий в обучении аналитической геометрии в системе подготовки будущих учителей математики. Работа вносит вклад в развитие методологии цифрового математического образования и расширяет представления о педагогическом потенциале искусственного интеллекта.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке учебно-

методических комплексов по аналитической геометрии, внедрении ИИ-поддерживаемых образовательных сред, а также при обновлении образовательных программ педагогических вузов Республики Казахстан.

Ключевые слова: аналитическая геометрия; методика обучения математике; подготовка будущих учителей математики; цифровая образовательная среда; искусственный интеллект в образовании; виртуальная визуализация; пространственное мышление.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Современные ИИ-технологии выступают эффективным инструментом когнитивной поддержки обучения аналитической геометрии будущих учителей математики [2; 5; 7].

Использование ИИ-средств позволяет автоматизировать символьные преобразования и визуализацию геометрических объектов, снижая вычислительную нагрузку и усиливая смысловое понимание учебного материала [3; 4; 12].

Применение ИИ-технологий оказывает статистически значимое влияние на развитие пространственного мышления студентов, что подтверждается результатами эмпирических исследований [1; 6; 13].

ИИ-поддерживаемое обучение способствует росту учебной самостоятельности и когнитивной вовлечённости студентов [5; 7; 10].

Эмпирические данные подтверждают целесообразность интеграции ИИ-технологий в подготовку будущих учителей математики в условиях цифровизации высшего образования Республики Казахстан [9; 11; 14].

ВВЕДЕНИЕ

В условиях цифровой трансформации системы высшего образования в Республике Казахстан особое значение приобретает внедрение интеллектуальных цифровых технологий в процесс подготовки будущих педагогов. Государственные инициативы в области развития искусственного интеллекта подчёркивают необходимость его системного использования в образовательной среде, в том числе в подготовке учителей математики, как ключевого звена формирования человеческого капитала страны.

Цифровая трансформация высшего педагогического образования обуславливает необходимость переосмысления методов и средств обучения фундаментальным математическим дисциплинам [2; 5]. Одной из таких дисциплин является аналитическая геометрия, играющая ключевую роль в формировании пространственного мышления, абстрактного анализа и геометрической интерпретации алгебраических моделей [4; 8].

Несмотря на значительный образовательный потенциал аналитической геометрии, студенты педагогических вузов нередко испытывают трудности при её изучении, что связано с высокой степенью абстрактности материала и необходимостью выполнения громоздких символьных преобразований [12]. В результате внимание обучающихся смещается с осмысления геометрического содержания на формальное выполнение вычислительных процедур.

В условиях развития искусственного интеллекта появляются новые возможности для организации обучения геометрии. ИИ-технологии позволяют автоматизировать символьные вычисления, визуализировать геометрические объекты в динамическом режиме, а также обеспечивать интеллектуальную обратную связь и адаптацию учебных заданий [5; 7]. Международные исследования подтверждают эффективность таких подходов в математическом образовании [2; 3].

В официальных документах и аналитических материалах Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан отмечается, что технологии искусственного интеллекта способны обеспечить персонализацию обучения, интеллектуальную поддержку

учебной деятельности и повышение качества образовательных результатов, а также способствует повышению качества подготовки будущих педагогов и формированию цифровых компетенций, что особенно актуально для фундаментальных математических дисциплин [9].

Отечественные исследования подтверждают, что внедрение ИИ-технологий в образовательный процесс вузов Казахстана способствует развитию адаптивных форм обучения, повышению учебной мотивации и формированию цифровых компетенций будущих специалистов [10; 11]. При этом подчёркивается, что наибольший педагогический эффект достигается в тех дисциплинах, где ИИ используется не как вспомогательный инструмент, а как средство когнитивной поддержки и анализа учебной деятельности студентов [6; 13].

Однако эмпирические исследования, посвящённые влиянию ИИ именно на обучение аналитической геометрии в системе подготовки будущих учителей математики, остаются ограниченными, что определяет актуальность настоящего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Выбор ИИ-технологий для организации экспериментального обучения обусловлен как международным опытом, так и результатами отечественных исследований, в которых подчёркивается перспективность интеллектуальных обучающих систем для высшего педагогического образования Казахстана [10, 13].

При разработке экспериментальной методики учитывались рекомендации национальных аналитических отчётов и научных публикаций, посвящённых внедрению искусственного интеллекта в образовательную практику вузов Республики Казахстан [9, 14].

Исследование проведено в формате квазиэкспериментального педагогического эксперимента с использованием схемы *pretest–posttest* (**Pretest** — измерение *до* обучения; **Posttest** — измерение *после* обучения), что соответствует рекомендациям по организации эмпирических исследований в образовании [1].

В исследовании приняли участие 102 студента 1 курса образовательной программы «В009 Подготовка учителей математики» из них 42 студента группы МК241 и МК242, 23 студента группы МИК241, и 37 студентов группы МФК241 и МФК242 (таб.1).

Таблица 1. Характеристика выборки исследования

Показатель	Категория	Количество	%
Пол	Женщины	58	56,9
	Мужчины	44	43,1
Курс	МК	42	41,2
	МИК	23	22,5
	МФК	37	36,3
Группа	Экспериментальная	52	51,0
	Контрольная	50	49,0

Выбор данной категории обучающихся обусловлен значимостью аналитической геометрии для профессиональной подготовки будущих учителей математики [8; 12].

Экспериментальное обучение включало использование ИИ-технологий, обеспечивающих автоматизацию символьных преобразований матриц квадратичных форм, динамическую визуализацию поверхностей второго порядка и интеллектуальную поддержку

процесса решения задач [3, 4, 7]. Контрольная группа обучалась по традиционной методике без использования ИИ-средств.

Для оценки эффективности обучения использовались тесты пространственного мышления и шкалы восприятия ИИ-поддержки, разработанные с учётом рекомендаций отечественных и зарубежных исследований [1, 6, 10]:

1. **Тест пространственного мышления**, включающий задания на:
 - ментальные повороты;
 - пространственные преобразования;
 - интерпретацию аналитических уравнений.
2. **Шкала восприятия ИИ-поддержки обучения** (Likert 1–5).
3. **Рубрика оценки учебных достижений** по аналитической геометрии.

Обработка данных осуществлялась в соответствии общепринятыми подходам в педагогических исследованиях [1]:

- описательная статистика;
- t-критерий Стьюдента;
- дисперсионный анализ (ANOVA).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследования показали статистически значимый рост показателей пространственного мышления у студентов экспериментальной группы по сравнению с контрольной группой (таб.2).

Таблица 2. Средние показатели пространственного мышления

Группа	До эксперимента (M±SD)	После эксперимента (M±SD)
Экспериментальная	3,18 ± 0,61	4,07 ± 0,58
Контрольная	3,21 ± 0,64	3,43 ± 0,60

Различия в экспериментальной группе статистически значимы ($p < 0,05$).

Линейный график демонстрирует выраженный рост показателей пространственного мышления в экспериментальной группе по сравнению с контрольной (рис.1).

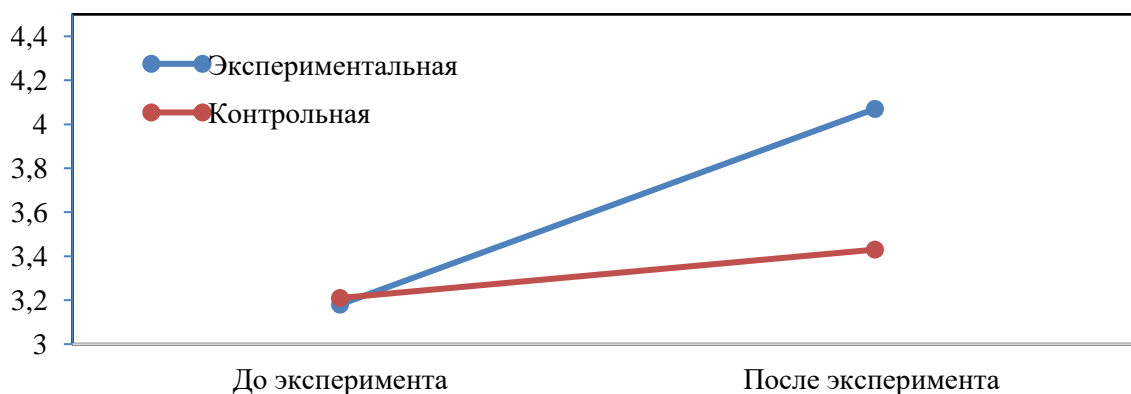


Рисунок 1. Динамика развития пространственного мышления студентов экспериментальной и контрольной группы (до / после).

Полученные данные подтверждают выводы международных исследований о положительном влиянии ИИ-технологий на когнитивное развитие обучающихся [2; 3].

Оценка учебных достижений студентов по аналитической геометрии является важным показателем эффективности применяемых педагогических технологий. В рамках настоящего исследования анализ учебных достижений рассматривался как один из ключевых критериев, позволяющих выявить влияние ИИ-технологий на качество усвоения учебного материала и сформированность предметных умений студентов.

Сравнение итоговых результатов экспериментальной и контрольной групп позволяет определить, способствует ли использование ИИ-технологий повышению уровня понимания аналитико-геометрических понятий, развитию умений интерпретировать уравнения геометрических объектов и применять полученные знания при решении практико-ориентированных задач.

С целью выявления различий в учебных достижениях студентов по аналитической геометрии были проанализированы итоговые баллы, полученные по результатам контрольных мероприятий после завершения экспериментального обучения (таб.3).

Таблица 3. Итоговые результаты по аналитической геометрии

Группа	Средний балл
Экспериментальная	82,4
Контрольная	74,6

Столбчатая диаграмма отражает преимущество экспериментальной группы по уровню освоения учебного материала (рис.2).

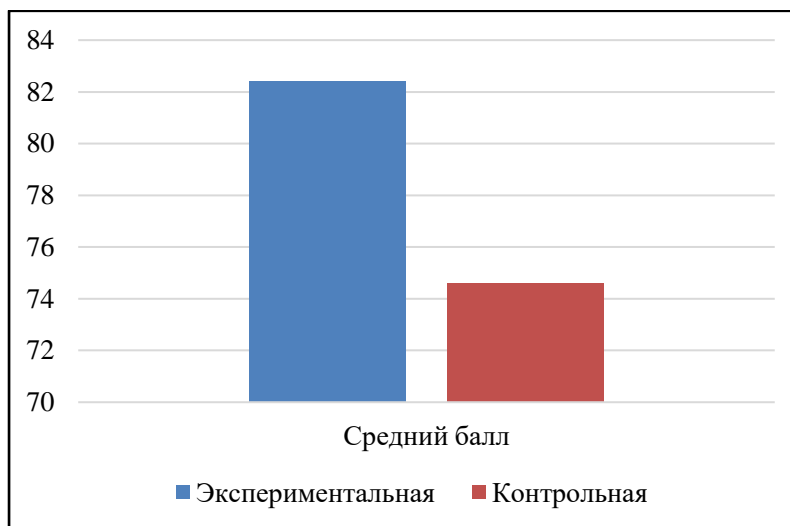


Рисунок 2. Сравнение учебных достижений по аналитической геометрии.

Повышение учебных достижений студентов экспериментальной группы свидетельствует о том, что автоматизация вычислительных и символьных процедур с использованием ИИ позволяет сосредоточить внимание на анализе геометрического смысла изучаемых объектов [4; 12]. Аналогичные тенденции отмечаются и в работах казахстанских исследователей, посвящённых цифровым технологиям в образовании [6; 11].

Для оценки отношения студентов к использованию ИИ-технологий в процессе обучения аналитической геометрии была разработана шкала восприятия ИИ-поддержки обучения, основанная на пятибалльной шкале Лайкерта (Likert 1–5).

Шкала предназначена для выявления того, как студенты воспринимают ИИ-технологии с точки зрения их когнитивной полезности, адаптивности и влияния на учебную деятельность (таб.4).

Таблица 4. Оценка восприятия ИИ-поддержки

Показатель	М
Полезность ИИ	4,31
Когнитивная поддержка	4,25
Развитие самостоятельности	4,18

Респондентам предлагалось оценить степень согласия с каждым утверждением по пятибалльной шкале Лайкерта:

Балл	Интерпретация
1	Полностью не согласен
2	Скорее не согласен
3	Затрудняюсь ответить / частично согласен
4	Скорее согласен
5	Полностью согласен

Шкала включает **24 утверждения**, сгруппированные в три содержательных фактора:

1. Адаптивность ИИ-поддержки (оценка персонализации и соответствия индивидуальным особенностям обучения)

Примеры утверждений:

– ИИ-система подбирает задания в соответствии с моим уровнем подготовки.

– ИИ-поддержка помогает мне справляться со сложными темами аналитической геометрии.

– Предлагаемые ИИ-подсказки соответствуют моим учебным затруднениям.

2. Когнитивная поддержка обучения (оценка влияния ИИ на понимание, анализ и осмысление материала)

Примеры утверждений:

– ИИ-технологии помогают мне лучше понимать геометрический смысл формул и уравнений.

– Использование ИИ облегчает анализ пространственных объектов и поверхностей второго порядка.

– ИИ-поддержка способствует развитию моего пространственного мышления.

3. Учебная самостоятельность и рефлексия (оценка влияния ИИ на автономность и самоконтроль)

Примеры утверждений:

– С использованием ИИ я чаще анализирую собственные ошибки.

– ИИ-технологии способствуют развитию моей учебной самостоятельности.

– Я увереннее решаю задачи аналитической геометрии при поддержке ИИ.

Для каждого респондента вычислялись:

– средние значения по каждому фактору;

– обобщённый показатель восприятия ИИ-поддержки обучения.

Интерпретация средних значений проводилась следующим образом:

Среднее значение	Уровень восприятия
4,20–5,00	Очень высокий
3,40–4,19	Высокий
2,60–3,39	Средний
1,80–2,59	Низкий
1,00–1,79	Очень низкий

Внутренняя согласованность шкалы оценивалась с использованием коэффициента **α Кронбаха**. Значение коэффициента для общей шкалы составило **$\alpha = 0,89$** , что свидетельствует о высокой надёжности инструмента и допустимости его использования в эмпирических педагогических исследованиях.

Использование шкалы восприятия ИИ-поддержки обучения позволило:

- выявить отношение студентов к применению ИИ-технологий в обучении аналитической геометрии;
- установить связь между восприятием ИИ и развитием пространственного мышления;
- дополнить количественные показатели обучения субъективными оценками обучающихся.

Результаты анкетирования показали устойчиво положительное восприятие студентами ИИ-технологий как средства когнитивной поддержки обучения, что согласуется с выводами отечественных и зарубежных авторов [5, 7, 10].

ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные в ходе исследования результаты согласуются с выводами казахстанских исследователей, указывающих на положительное влияние ИИ-технологий на когнитивную активность и учебную самостоятельность студентов [10, 11]. Рост показателей пространственного мышления в экспериментальной группе подтверждает тезис о том, что автоматизация символьных преобразований и визуализация геометрических объектов с использованием ИИ позволяют сместить акцент обучения с формальных вычислений на осмысленное моделирование геометрических взаимосвязей [3, 4].

В отличие от работ, ориентированных преимущественно на общепедагогические аспекты применения ИИ, настоящее исследование дополняет отечественную научную базу эмпирическими данными о влиянии ИИ-технологий именно на обучение аналитической геометрии и развитие пространственного мышления студентов педагогических образовательных программ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе эмпирического исследования установлено, что применение ИИ-технологий в обучении аналитической геометрии способствует развитию пространственного мышления, повышению учебных достижений и формированию положительного восприятия интеллектуальной поддержки обучения.

Результаты исследования подтверждают выводы отечественных научных и аналитических источников о целесообразности интеграции ИИ-технологий в образовательные программы подготовки будущих учителей математики в условиях цифровой трансформации высшего образования Республики Казахстан [9; 12; 14]. Полученные эмпирические данные могут быть использованы при разработке учебно-методических комплексов по аналитической геометрии и при модернизации образовательных программ подготовки учителей математики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Creswell J. Research Design. Sage Publications, 2014.
- 2 Drijvers P. Digital Technology in Mathematics Education. Springer, 2020.
- 3 Borba M. et al. The Future of Mathematics Education with Digital Technologies. Springer, 2016.
- 4 Luckin R. et al. Intelligence Unleashed. Pearson, 2016.
- 5 Zawacki-Richter O. et al. Systematic Review of AI in Higher Education. *IJAIED*, 2019.
- 6 Джанегизова А. С., и др. Анализ динамики, восприятия и перспектив интеграции искусственного интеллекта в образовательный процесс Казахстана. *Журнал Kainar*, 2024.
- 7 Иманкул Н. Б. Роль искусственного интеллекта в образовании и профессиональной подготовке специалистов. *Bulletin of Science HAN PK*, 2024.
- 8 Ельшина М. К. Искусственный интеллект в образовании: анализ внедрения и перспектив развития. *Bulletin Pedagogical*, 2024.
- 9 Министерство науки и высшего образования Республики Казахстан. Искусственный интеллект в образовании: внедрение и трансформация высшего образования. – Астана, 2024.
- 10 Шевелева Н. Применение методов искусственного интеллекта в образовательной практике вузов. *Вестник КГУ*, 2024.
- 11 Абдрахманова Г. К., Сагындыкова А. Ж. Цифровая трансформация педагогического образования в Республике Казахстан. *Педагогика и психология*, 2023.
- 12 Ахметова Б. А. Методические особенности преподавания аналитической геометрии в педагогическом вузе. – Алматы: Қазақ университеті, 2022.
- 13 Баймуханбетова А. К. Формирование пространственного мышления студентов средствами цифровых технологий. *Вестник КазНПУ*, 2023.
- 14 Правительство Республики Казахстан. Национальные подходы к применению искусственного интеллекта в образовании. – GOV.KZ, 2024.

Аналитикалық геометрияны оқытуға және студенттердің кеңістіктік ойлауын дамытуға жасанды интеллект технологияларының әсері: эмпирикалық зерттеу

С.К. Увалиева¹, С.В. Ларионова¹

¹ Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау мемлекеттік университеті, Көкшетау, 020000, Қазақстан Республикасы

Жоғары педагогикалық білім берудің цифрландырылуымен жасанды интеллектті іргелі математикалық пәндерді оқытуға енгізу мәселесі өзекті бола бастады. Кеңістіктік ойлауды дамытуда маңызды рөл атқаратын аналитикалық геометрия оқу материалын мағыналы түрде меңгеруге ықпал ететін заманауи технологиялық құралдарды пайдалануды талап етеді.

Бұл зерттеудің мақсаты - «B009 математика мұғалімдерін даярлау» білім беру бағдарламасына қабылданған студенттердің аналитикалық геометрияны үйренуіне және кеңістіктік ойлауын дамытуға жасанды интеллект технологияларының әсерін эмпирикалық түрде анықтау. Зерттеудің негізгі идеясы - жасанды интеллект технологияларын оқуды когнитивті қолдау құралы ретінде зерттеу, символикалық түрлендірулерді автоматтандыруға және геометриялық объектілерді визуализациялауға мүмкіндік беру.

Бұл зерттеудің ғылыми маңыздылығы аналитикалық геометрияны оқытуда жасанды интеллекттің педагогикалық әлеуетін эмпирикалық түсінуді кеңейтуде жатыр. Оның практикалық маңыздылығы нәтижелерді аналитикалық геометрияны оқыту әдістерін жетілдіру және оқу бағдарламаларын жаңарту үшін пайдалану мүмкіндігінде жатыр.

Зерттеу тестке дейінгі-тесттен кейінгі дизайнды қолдана отырып,

квазиэксперименталды педагогикалық эксперимент ретінде жүргізілді. Зерттеуге «B009 математика мұғалімдерін даярлау» бағдарламасы бойынша 102 бірінші курс студенті қатысты. Тәжірибелік топ жасанды интеллект технологияларын қолдана отырып оқыту алды, ал бақылау тобы дәстүрлі әдістерді қолданды. Кеңістіктік ойлау тесттері, оқуға жасанды интеллект қолдауын қабылдауға арналған Ликерт 1-5 шкаласы және академиялық жетістіктер рубрикасы қолданылды. Деректерді өңдеу үшін сипаттамалық статистика, студенттің t-тестілері және дисперсия талдауы қолданылды.

Зерттеу нәтижелері бақылау тобымен салыстырғанда эксперименттік топтағы студенттердің кеңістіктік ойлау және академиялық жетістіктер баллдарының статистикалық тұрғыдан айтарлықтай өскенін көрсетті. Оқушылар жасанды интеллект технологияларын оқуды қолдау құралы ретінде оң қабылдады.

Зерттеудің құндылығы болашақ математика мұғалімдерін даярлауда аналитикалық геометрияны оқытудағы жасанды интеллект технологияларының тиімділігін эмпирикалық негіздеуде жатыр. Бұл жұмыс цифрлық математикалық білім беру әдіснамасын дамытуға ықпал етеді және жасанды интеллекттің педагогикалық әлеуетін түсінуді кеңейтеді.

Алынған нәтижелерді аналитикалық геометрия бойынша оқу-әдістемелік кешендерді әзірлеуде, жасанды интеллект қолдайтын білім беру орталарын енгізуде және Қазақстан Республикасының педагогикалық университеттеріндегі білім беру бағдарламаларын жаңартуда пайдалануға болады.

Түйінді сөздер: аналитикалық геометрия; математиканы оқыту әдістері; болашақ математика мұғалімдерін даярлау; цифрлық білім беру ортасы; білім берудегі жасанды интеллект; виртуалды визуализация; кеңістіктік ойлау.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Creswell J. *Research Design*. Sage Publications, 2014.
- 2 Drijvers P. *Digital Technology in Mathematics Education*. Springer, 2020.
- 3 Borba M. et al. *The Future of Mathematics Education with Digital Technologies*. Springer, 2016.
- 4 Luckin R. et al. *Intelligence Unleashed*. Pearson, 2016.
- 5 Zawacki-Richter O. et al. *Systematic Review of AI in Higher Education*. IJAIED, 2019.
- 6 Джанегизова А. С. және т.б. Қазақстанның білім беру үдерісіне жасанды интеллектті интеграциялаудың динамикасын, қабылдануын және даму перспективаларын талдау. *Kainar журналы*, 2024.
- 7 Иманкул Н. Б. Білім беруде және мамандарды кәсіби даярлауда жасанды интеллекттің рөлі. *Bulletin of Science НАН РК*, 2024.
- 8 Ельшина М. К. Білім берудегі жасанды интеллект: енгізу және даму перспективаларын талдау. *Bulletin Pedagogical*, 2024.
- 9 Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғары білім министрлігі. Білім берудегі жасанды интеллект: жоғары білімді енгізу және трансформациялау. – Астана, 2024.
- 10 Шевелева Н. Жоғары оқу орындарының білім беру тәжірибесінде жасанды интеллект әдістерін қолдану. *Вестник КГУ*, 2024.
- 11 Абдрахманова Г. К., Сағындықова А. Ж. Қазақстан Республикасындағы педагогикалық білім берудің цифрлық трансформациясы. *Педагогика және психология*, 2023.
- 12 Ахметова Б. А. Педагогикалық жоғары оқу орнында аналитикалық геометрияны оқытудың әдістемелік ерекшеліктері. – Алматы: *Қазақ университеті*, 2022.
- 13 Баймуханбетова А. К. Студенттердің кеңістіктік ойлауын цифрлық технологиялар арқылы қалыптастыру. *Вестник КазНПУ*, 2023.
- 14 Қазақстан Республикасының Үкіметі. Білім беруде жасанды интеллектті қолданудың ұлттық тәсілдері. – *GOV.KZ*, 2024.

The Impact of AI Technologies on Teaching Analytical Geometry and the Development of Students' Spatial Thinking: An Empirical Study

S.K. Uvaliyeva¹, S.V. Larionova¹

1Sh. Ualikhanov Kokshetau state university, Kokshetau, 020000, Republic of Kazakhstan

With the digitalization of higher pedagogical education, the issue of integrating artificial intelligence into the teaching of fundamental mathematical disciplines has become increasingly relevant. Analytical geometry, playing a key role in developing spatial thinking, requires the use of modern technological tools that facilitate meaningful acquisition of educational material.

The aim of this study is to empirically identify the impact of AI technologies on the learning of analytical geometry and the development of spatial thinking in students enrolled in the "B009 Mathematics Teacher Training" educational program. The main idea of the study is to examine AI technologies as a means of cognitive support for learning, enabling the automation of symbolic transformations and the visualization of geometric objects.

The scientific significance of this study lies in expanding empirical understanding of the pedagogical potential of AI in teaching analytical geometry. Its practical significance lies in the potential use of the results to improve analytical geometry teaching methods and update curricula.

The study was conducted as a quasi-experimental pedagogical experiment using a pretest-posttest design. The study involved 102 first-year students in the "B009 Mathematics Teacher Training" program. The experimental group received instruction using AI technologies, while the control group used traditional methods. Spatial thinking tests, a Likert 1-5 scale for perceptions of AI support for learning, and an academic achievement rubric were used. Descriptive statistics, Student's t-tests, and analysis of variance were used to process the data.

The results of the study showed a statistically significant increase in spatial thinking and academic achievement scores for students in the experimental group compared to the control group. Students positively perceived AI technologies as a means of supporting their learning.

The study's value lies in its empirical substantiation of the effectiveness of AI technologies in teaching analytical geometry in the training of future mathematics teachers. This work contributes to the development of digital mathematics education methodology and expands understanding of the pedagogical potential of artificial intelligence. The obtained results can be used in the development of teaching and methodological complexes in analytical geometry, the implementation of AI-supported educational environments, and the updating of educational programs at pedagogical universities in the Republic of Kazakhstan.

Keywords: analytical geometry; mathematics teaching methods; training future mathematics teachers; digital educational environment; artificial intelligence in education; virtual visualization; spatial thinking.

REFERENCES

- 1 Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage Publications.
- 2 Drijvers, P. (2020). *Digital Technology in Mathematics Education: Why It Works (or Doesn't)*. Springer.
- 3 Borba, M. C., Askar, P., Engelbrecht, J., Gadanidis, G., Llinares, S., & Aguilar, M. S. (2016). *The Future of Mathematics Education in a Digital World*. Springer.
- 4 Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. Pearson.
- 5 Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 29(4), 489–529.

6 Dzhanegezova, A. S., et al. (2024). Analysis of dynamics, perception, and prospects for integrating artificial intelligence into the educational process of Kazakhstan. *Kainar Journal*, Kazakhstan.

7 Imankul, N. B. (2024). The role of artificial intelligence in education and professional training of specialists. *Bulletin of Science of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*.

8 Yelshina, M. K. (2024). Artificial intelligence in education: Analysis of implementation and development prospects. *Bulletin Pedagogical*.

9 Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan. (2024). *Artificial Intelligence in Education: Implementation and Transformation of Higher Education*. Astana.

10 Sheveleva, N. (2024). Application of artificial intelligence methods in educational practice of higher education institutions. *Vestnik of KSU*.

11 Abdrakhmanova, G. K., & Sagyndykova, A. Zh. (2023). Digital transformation of teacher education in the Republic of Kazakhstan. *Pedagogy and Psychology*.

12 Akhmetova, B. A. (2022). *Methodological Features of Teaching Analytic Geometry in a Pedagogical University*. Almaty: Kazakh University Press.

13 Baimukhanbetova, A. K. (2023). Formation of students' spatial thinking by means of digital technologies. *Vestnik of Abai Kazakh National Pedagogical University*.

14 Government of the Republic of Kazakhstan. (2024). *National Approaches to the Application of Artificial Intelligence in Education*. GOV.KZ.