

УДК 372.851

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/124/65>

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОНЯТИЙ У УЧАЩИХСЯ ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ AI-АССИСТЕНТОВ В ИНСТРУМЕНТАХ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

©**Оразбаева А. А.**, ORCID: 0000-0003-0851-3276, SPIN-код: 2533-2654,
Researcher: X-1566-2018, Жетысуский государственный университет
им. И. Жансугурова, г. Талдыкорган, Казахстан, asel.oralbaeva@mail.ru
©**Калдыбаев С. К.**, ORCID: 0009-0004-5094-9916, SPIN-код: 2421-8192,
д-р пед. наук, Международный университет Ала-Тоо,
г. Бишкек, Кыргызстан, salidin.kaldybaev@iaau.edu.kg

IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF FORMING SPATIAL CONCEPTS IN MIDDLE SCHOOL STUDENTS THROUGH THE USE OF AI ASSISTANTS IN 3D MODELING TOOLS

©**Orazbaeva A.**, ORCID: 0000-0003-0851-3276, SPIN-code: 2533-2654,
Researcher: X-1566-2018, Zhetysu State University named after I. Zhansugurov,
Taldykorgan, Kazakhstan, asel.oralbaeva@mail.ru
©**Kaldybaev S.**, ORCID: 0009-0004-5094-9916, SPIN-code: 2421-8192, Dr. habil.,
Ala-Too International University, Bishkek, Kyrgyzstan, salidin.kaldybaev@iaau.edu.kg

Аннотация. В статье обосновывается педагогическая модель интеграции AI-ассистента в обучение 3D-моделированию как средства повышения эффективности формирования пространственных понятий у учащихся основной школы. Рассматривается типология подсказок AI-ассистента (концептуальные, процедурные, метакогнитивные), определяются педагогические ограничения, предотвращающие подмену учебной деятельности генерацией готовых решений (регламент запросов, обязательная фиксация решений, двойная проверка, итоговая рефлексия). В рамках design-based research предлагается квазиэкспериментальный дизайн на протяжении 6 недель: интервенционная группа обучается 3D-моделированию с AI-поддержкой, контрольная - по традиционной модели без AI-сопровождения. Для оценки результативности описан комплекс инструментов: тест пространственной визуализации (мысленное вращение, сборка/разборка фигур), задания на анализ видов и проекций, шкала качества 3D-моделей, карта концептуальных ошибок и шкала когнитивной нагрузки. Ключевым методическим продуктом выступает матрица «пространственный концепт → тип ошибки → стратегия AI-поддержки», позволяющая адресно соотносить типичные ошибки (путаница осей, «плоскостное» понимание глубины, ошибки развертки, несохранение инвариантов) с видами подсказок и вопросами для рефлексии. Ожидаемая эффективность интервенции выражается в росте диагностических показателей, снижении доли концептуальных ошибок, повышении качества моделей и усилении учебной самостоятельности учащихся при контролируемом снижении процедурной зависимости от подсказок.

Abstract. The paper substantiates a pedagogical model for integrating an AI assistant into 3D modeling instruction to improve the effectiveness of forming spatial concepts in middle school students. A typology of AI prompts (conceptual, procedural, and metacognitive) is proposed, along with pedagogical constraints that prevent replacing learning with ready-made solutions (regulated queries, mandatory decision logging, double-checking, and final reflection). Within a design-based

research approach, a 6-week quasi-experimental design is outlined: the intervention group learns 3D modeling with AI support, while the comparison group follows a traditional AI-free approach. A set of assessment tools is described, including a spatial visualization test (mental rotation and assembly/disassembly tasks), exercises on views and projections, a 3D model quality rubric, a conceptual error checklist, and a cognitive load self-report scale. A key methodological product is the matrix “spatial concept → error type → AI support strategy”, which links typical errors (axis confusion, ‘planar’ depth interpretation, incorrect nets, failure to preserve invariants) to appropriate prompts and reflection questions. The expected intervention effects include gains in diagnostic outcomes, a reduction in conceptual errors, higher model quality, and increased learner autonomy supported by a controlled decrease in dependence on procedural prompts.

Ключевые слова: пространственные понятия; 3D-моделирование; AI-ассистент; основная школа; педагогический эксперимент; design-based research; когнитивная нагрузка; концептуальные ошибки.

Keywords: spatial concepts; 3D modeling; AI assistant; middle school; pedagogical experiment; design-based research; cognitive load; conceptual errors.

В настоящее время проблема формирования пространственных представлений у учащихся основной школы является одной из наиболее сложных задач, стоящих перед STEM-дисциплинами, а также методикой и дидактикой преподавания информатики [1, 10, 11].

Ряд пространственных понятий (форма, объем, соотношение частей, симметрия, ориентация, преобразования, масштаб, проекции) одновременно выступают как содержательные компоненты учебных предметов (геометрия, 3D-моделирование, черчение, робототехника), так и как метапредметная когнитивная основа для освоения графических языков и моделирования [12].

Одной из серьезных проблем остается разрыв между наглядным «узнаванием» объекта и его осмысленным преобразованием: переход от трехмерного изображения к двумерным проекциям и от отдельных видов к целостному 3D-объекту приводит к типичным концептуальным ошибкам (путаница осей, «плоскостное» понимание глубины, некорректное соотнесение развертки с объемом, ошибки мысленного вращения) [1, 14].

3D-моделирование рассматривается как перспективное средство поддержки пространственного мышления за счет интерактивной визуализации и управляемой манипуляции объектами [2].

Однако включение 3D-инструментов в учебный процесс не гарантирует автоматического упрощения усвоения пространственных понятий: учащиеся нередко фиксируются на процедурном уровне, ограничиваются механическим копированием и испытывают трудности переноса знаний в новый контекст [3, 7].

Чрезмерная сложность интерфейса может смещать внимание с учебного содержания на операционные действия, формируя избыточную когнитивную нагрузку и размывая цели обучения [3, 6].

В этой связи методическая задача заключается в преобразовании 3D-деятельности в систему педагогической поддержки, ориентированную на концептуальное развитие учащихся. AI-ассистенты рассматриваются как средство персонализированного обучения, способное давать пояснения и инструкции, диагностировать типичные ошибки, предлагать альтернативные стратегии и поддерживать рефлексивность [4, 9, 13].

Вместе с тем основной риск заключается в подмене обучения «генерацией ответов» и снижении продуктивного усилия учащегося [5, 7].

Цель статьи — обосновать педагогическую модель внедрения 3D-моделирующих AI-ассистентов в основной школе и представить дизайн педагогического эксперимента и систему инструментов оценки. Гипотеза исследования состоит в том, что при педагогически обоснованном сопровождении 3D-деятельности, ограничении «готовых решений» и обязательной организации рефлексии формирование пространственных понятий становится более эффективным.

Материал и методика

Для предотвращения выполнения заданий AI «вместо ученика» в дидактическом сценарии вводятся педагогические ограничения: запрет на запросы типа «сделай модель полностью» при разрешении запросов «объясни», «предложи следующий шаг», «проверь ошибку»; обязательная фиксация процесса принятия решений (журнал шагов и обоснований); двухуровневая проверка (сопоставление рекомендаций AI с рубрикаторными критериями и контрольными вопросами учителя); обязательная итоговая рефлексия (связь выполненных пространственных действий с соответствующими понятиями).

Для изучения эффективности предлагается design-based research, совмещенный с квазиэкспериментальной оценкой. Класс делится на две группы: группа А (интервенция) обучается 3D-моделированию с AI-ассистентом в соответствии с моделью и ограничениями; группа В (сравнение) обучается традиционному 3D-моделированию без AI-сопровождения. Продолжительность интервенции — 6 недель (12 уроков по 45 минут). Данные фиксируются через входную и итоговую диагностику, анализ артефактов 3D-моделей, лог-показатели активности (итерации, исправления) и самоотчеты по когнитивной нагрузке [6].

Оценивание осуществляется с использованием: (1) теста пространственной визуализации (мысленное вращение, сборка/разборка фигур) [1]; (2) заданий на анализ видов и проекций; (3) шкалы оценки качества 3D-моделей (геометрическая корректность, симметрия и инварианты, точность операций, уровень обоснования решений); (4) карты концептуальных ошибок (путаница осей, масштаб, глубина, развертки, инварианты, «плоскостная» подмена отношений); (5) шкалы когнитивной нагрузки (самооценка после урока) [5].

Результаты и их обсуждение

Поскольку работа ориентирована на педагогическую практику и методику, основным результатом является комплекс разработанных педагогических средств, готовых к эмпирической проверке и тиражированию.

Ключевой инструмент — матрица «Концепт → ошибка → AI-поддержка», которая системно соотносит выявленные ошибки с видами помощи AI-ассистента. Например, при путанице осей X/Y предлагаются концептуальное пояснение координатной системы и метакогнитивный вопрос «Какая ось отвечает за глубину?».

При некорректной сборке развертки — объяснение граней, ребер и соседства, а также процедурная подсказка «сначала выдели контур, затем проверь связи граней». При несохранении инвариантов при вращении — подсказки о контрольных точках и проверке неизменных элементов.

Интервенционные сценарии строятся поэтапно. На 1-2 неделе (ориентация и виды) выполняются задания на определение положения объекта и сопоставление формы с проекциями; AI поддерживает рефлексию вопросами типа «Какая грань станет верхней при повороте на 90° вокруг вертикальной оси?».

На 3-4 неделе (преобразования) выполняются задания на симметрию, объединение/разделение тел и изменение масштаба; AI направляет внимание на критерии соответствия элементов.

На 5-6 неделе (представление и обобщение) выполняются переходы между 3D и 2D представлениями, построение модели по трем видам и мини-проект, связанный со школьной или университетской средой; AI проверяет логичность соответствий «вид → элемент модели» и задает вопросы для переноса знаний в новую ситуацию.

Вывод

Интеграция AI-ассистента в учебный процесс позволяет решать две методические проблемы 3D-моделирования: сокращать разрыв между формируемыми понятиями и инструментом их реализации и снижать избыточную нагрузку, связанную с процедурными действиями. AI-ассистент целесообразно рассматривать не как инструмент автоматизации, а как средство управляемого снижения типичных трудностей при сохранении когнитивной активности учащегося. При соблюдении педагогических ограничений (четкость подсказок, запрет «готовых решений», обязательная рефлексия) внимание обучающегося смещается с механических операций на ключевые познавательные действия: выбор стратегии и аргументацию решений. Разработанные инструменты (матрица «концепт → ошибка → поддержка», сценарии уроков, рубрики и диагностический пакет) переводят общие идеи применения AI в конкретные методические решения, пригодные для эмпирической проверки и внедрения в практику.

Список литературы:

1. Uttal D. H., Meadow N. G., Tipton E., Hand L. L., Alden A. R., Warren C., Newcombe, N. S. The malleability of spatial skills: a meta-analysis of training studies // *Psychological bulletin*. 2013. V. 139. №2. P. 352. <https://doi.org/10.1037/a0028446>
2. Merchant Z., Goetz E. T., Cifuentes L., Keeney-Kennicutt W., Davis T. J. Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis // *Computers & education*. 2014. V. 70. P. 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
3. Sorby S. A. Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students // *International Journal of Science Education*. 2009. V. 31. №3. P. 459-480. <https://doi.org/10.1080/09500690802595839>
4. Woolf B. P. Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning. Morgan Kaufmann, 2010.
5. Selwyn N. Should robots replace teachers?: AI and the future of education. John Wiley & Sons, 2019.
6. Sweller J., Ayres P., Kalyuga S. Altering element interactivity and intrinsic cognitive load // *Cognitive load theory*. New York, NY: Springer New York, 2011. P. 203-218. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4_16
7. Kapur M. Productive failure // *Cognition and instruction*. 2008. V. 26. №3. P. 379-424. <https://doi.org/10.1080/07370000802212669>
8. Luckin R. Machine learning and human intelligence: The future of education for the 21st century. London: UCL Press, 2018. 240 p.
9. Zawacki-Richter O., Marín V. I., Bond M., Gouverneur F. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—where are the educators? // *International*

journal of educational technology in higher education. 2019. V. 16. №1. P. 39.
<https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

10. Newcombe N. S., Frick A. Early education for spatial intelligence: Why, what, and how // *Mind, Brain, and Education*. 2010. V. 4. №3. P. 102-111. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2010.01089.x>

11. Hegarty M., Waller D. Individual differences in spatial abilities // *The Cambridge handbook of visuospatial thinking*. 2005. P. 121-169.

12. Martín-Gutiérrez J., Fabiani P., Benesova W., Meneses M. D., Mora C. E. Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education // *Computers in human behavior*. 2015. V. 51. P. 752-761. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.093>

13. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial intelligence in education promises and implications for teaching and learning. – Center for Curriculum Redesign, 2019.

14. Государственный общеобязательный стандарт среднего образования (5-9 классы, обновленное содержание). Астана, 2018.

References:

1. Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: a meta-analysis of training studies. *Psychological bulletin*, 139(2), 352. <https://doi.org/10.1037/a0028446>

2. Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & education*, 70, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>

3. Sorby, S. A. (2009). Educational research in developing 3-D spatial skills for engineering students. *International Journal of Science Education*, 31(3), 459-480. <https://doi.org/10.1080/09500690802595839>

4. Woolf, B. P. (2010). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Morgan Kaufmann.

5. Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers?: AI and the future of education*. John Wiley & Sons.

6. Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Altering element interactivity and intrinsic cognitive load. In *Cognitive load theory* (pp. 203-218). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4_16

7. Kapur, M. (2008). Productive failure. *Cognition and instruction*, 26(3), 379-424. <https://doi.org/10.1080/07370000802212669>

8. Luckin, R. (2018). *Machine learning and human intelligence: The future of education for the 21st century*. London.

9. Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education—where are the educators?. *International journal of educational technology in higher education*, 16(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

10. Newcombe, N. S., & Frick, A. (2010). Early education for spatial intelligence: Why, what, and how. *Mind, Brain, and Education*, 4(3), 102-111. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2010.01089.x>

11. Hegarty, M., & Waller, D. (2005). Individual differences in spatial abilities. *The Cambridge handbook of visuospatial thinking*, 121-169.

12. Martín-Gutiérrez, J., Fabiani, P., Benesova, W., Meneses, M. D., & Mora, C. E. (2015). Augmented reality to promote collaborative and autonomous learning in higher education. *Computers in human behavior*, 51, 752-761. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.093>

13. Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.

14. Gosudarstvennyi obshcheobyazatel'nyi standart srednego obrazovaniya (5-9 klassy, obnovlennoe sodержanie). Astana, 2018.

Поступила в редакцию
20.01.2026 г.

Принята к публикации
29.01.2026 г.

Ссылка для цитирования:

Оразбаева А. А., Калдыбаев С. К. Повышение эффективности формирования пространственных понятий у учащихся основной школы посредством использования AI-ассистентов в инструментах 3D-моделирования // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №3. С. 559-564. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/124/65>

Cite as (APA):

Orazbaeva, A., & Kaldybaev, S. (2026). Improving the Effectiveness of Forming Spatial Concepts in Middle School Students Through the Use of AI Assistants in 3D Modeling Tools. *Bulletin of Science and Practice*, 12(3), 559-564. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/124/65>