

УДК 37.015.3

DOI: 10.18384/2949-5105-2024-2-115-124

ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ СПОСОБНОСТИ КАК ФАКТОР ОБУЧЕНИЯ В СРЕДЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Гаврилова Т. А.

*Дальневосточный федеральный университет
690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 10,
Российская Федерация*

Аннотация

Цель. Изучение влияния пространственных способностей на успешность обучения в среде виртуальной реальности.

Процедура и методы. Исследование проводилось при помощи методов теоретического обзора, психодиагностического тестирования и констатирующего эксперимента по выявлению связи успешности VR-обучения с когнитивно-личностными характеристиками обучающегося. Учебная задача на зрительно-моторную координацию в среде виртуальной реальности построена на основе игры «Стрельба из лука», которая представлена на бесплатной платформе Steam.

Результаты. Получены данные о том, что наибольший обучающий эффект при работе в среде виртуальной реальности получают учащиеся с высоким уровнем пространственного мышления.

Теоретическая и/или практическая значимость. Обобщены результаты новейших эмпирических исследований роли пространственных способностей в обучении с использованием технологий виртуальной реальности, что вносит вклад в развитие педагогической психологии и психологии индивидуальных различий. Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что они могут быть полезны как для разработчиков образовательных VR-приложений, так и для педагогов, использующих в практике виртуальные тренажёры или другие учебные средства на основе технологии виртуальной реальности.

Ключевые слова: пространственные способности, пространственное мышление, среда виртуальной реальности, успешность обучения

SPATIAL ABILITIES AS A FACTOR OF LEARNING IN A VIRTUAL REALITY ENVIRONMENT

T. Gavrilova

*Far Eastern Federal University, Vladivostok
p. Ajax, 10, o. Russian, Primorsky Territory, Vladivostok, 690922, Russian Federation*

Abstract

Aim. Studying the influence of spatial abilities on learning success in a virtual reality environment.

Methodology. The study was conducted using theoretical review methods, psychodiagnostic testing, and a confirmatory experiment to identify the relationship between the success of VR training (virtual reality training) and the cognitive and personal characteristics of the learner. The training task for hand-eye coordination in a virtual reality environment is based on the game "Archery", which is available on the free platform Steam.

Results. Evidence has been obtained that the greatest learning effect when working in a virtual reality environment is obtained by students with a high level of spatial thinking.

Research implications. The results of the latest empirical research on the role of spatial abilities in learning using virtual reality technologies are summarized, which contributes to the development of educational psychology and the psychology of individual differences. The practical significance of the results obtained is that they can be useful both for developers of educational VR applications (virtual reality applications) and for teachers who use virtual simulators or other educational tools based on virtual reality technology in practice.

Keywords: spatial abilities, spatial thinking, virtual reality environment, learning success

Введение

Технология виртуальной реальности всё глубже вовлекается в образовательную среду [5] и обещает стать весьма влиятельным условием интеллектуального развития и академической успешности школьников и студентов. Посредством этой технологии у пользователя возникает возможность погрузиться в цифровую среду, которая симулирует реальный мир и в которой можно наблюдать, действовать и общаться. Симуляция с разной степенью погружения воспроизводится при помощи различных цифровых устройств: настольных компьютеров, планшетов, смартфонов или специальных налобных устройств (очков, шлемов).

Вовлекаясь в сферу образования, технология виртуальной реальности ставит ряд новых проблем перед теорией и практикой обучения. Для педагогической психологии одной из таких проблем становится проблема роли индивидуально-психологических различий в успешности обучения с применением VR-технологий. Как показывают исследования последних лет, одним из наиболее важных индивидуальных факторов в эффективности

обучения в среде виртуальной реальности оказываются пространственные способности обучающихся.

Пространственные способности определяются как способность к построению, управлению, сохранению и извлечению зрительно-пространственных образов или моделей, которые позволяют людям эффективно структурировать информацию [6]. Они включают в себя такие компоненты, как пространственная визуализация, пространственная ориентация, пространственные представления, мысленное вращение и пространственные отношения [1].

Целью излагаемого исследования стало изучение влияния пространственных способностей на успешность обучения в среде виртуальной реальности.

Задачами исследования выступили теоретический анализ и обобщение результатов эмпирических исследований роли пространственных способностей в обучении с использованием технологии виртуальной реальности, а также собственное эмпирическое исследование успешности решения учебной задачи на зрительно-моторную координацию в VR-среде у испытуемых с

разным уровнем развития пространственного мышления.

Качественные и количественные аспекты пространственных способностей в контексте VR-обучения

Предварительный обзор результатов изучения роли пространственных способностей в VR-обучении [2] показал, что у неё имеются три измерения индивидуальных различий в пространственных способностях, которые оказываются критичными для разработки образовательных VR-приложений: степень успешности визуального анализа внутренних и внешних особенностей среды, степень успешности анализа статических и динамических презентаций среды и степень успешности визуального анализа объекта «сверху».

Внутренние особенности среды («что») включают форму, размер и модель движения объектов, а внешние («где») характеризуют относительное расположение и ориентацию объектов. Исследования показали, что одни люди могут быть отнесены к классу «пространственные визуализаторы визуализаторов объектов», т. к. лучше анализируют «что», а другие – к классу «пространственные визуализаторы» как лучше визуализирующие расположение объектов («где») [14]. Имеются также различия между людьми в степени успешности анализа статических (например, дом, стол, холодильник) и динамических объектов (автомобили, животные и т. п.). По данным Жао [17], испытуемые с низким уровнем пространственных способностей приносят больше пользы при анализе объектов при просмотре с перспективой

«сверху», чем испытуемые с высоким уровнем пространственных способностей.

Пространственные способности, как показал ряд исследований, имеют ведущее значение для обучения в самых различных областях, но прежде всего в сфере естественно-математических наук, технологии и инженерного дела [18]. Относительно недавно появились данные и о том, что эти способности важны и для успешности обучения в сфере гуманитарных наук – например, для обучения иностранным языкам [13; 16].

Так, Ли и др. [13] обнаружили, что, несмотря на то, что изучение языка вовлекает в процесс обучения пространственные способности, этот важный аспект часто игнорируется. Специальный анализ показал, что при усвоении родного языка взрослый посредством указания на объект привлекает внимание ребёнка к пространственным характеристикам объекта, который называется определённым словом [16]. Например, когда мать показывает на объект и говорит «чашка», восприятие ребёнка направляется к тому, где находится объект, какова его форма, цвет и т. п. пространственные характеристики. При усвоении иностранного языка обучающемуся необходимо создать ассоциацию с эквивалентным словом на родном языке, но уже без опоры на непосредственное восприятие объекта и его пространственные характеристики. Это обедняет процесс усвоения иностранных слов, и потому виртуальная реальность, создавая возможность восприятия называемого объекта и действия с ним, может улучшить процесс усвоения иностранного языка.

Все перечисленные аспекты влияния пространственных способностей на ход обучения, с одной стороны, должны учитываться разработчиками образовательных VR-приложений для повышения их обучающей эффективности, а с другой – технологические возможности виртуальной среды позволяют компенсировать и развивать различные компоненты пространственных способностей. При помощи данной технологии, например, исследователи могут создавать такую среду, в которой можно представить либо статические, либо динамические объекты по отдельности или то и другое одновременно. При этом в ней можно не только видеть или слышать объекты и их отношения, но и активно манипулировать ими. Иными словами, самое главное значение виртуальной реальности для обучения состоит в том, что она даёт обучающемуся возможности наблюдать и совершать движения, для совершения которых в реальности у него сужены права на ошибку или очень трудоёмки, или требуют более дорогостоящего оборудования. Поэтому прежде всего стоит создать обучающему условия для получения сенсомоторного опыта, среда виртуальной реальности может позволить ему с меньшим риском и с меньшими финансовыми затратами сформировать практические навыки в технической сфере. Но, как оказалось, эта среда может также значительно улучшить усвоение и концептуальных знаний, в том числе и иностранных языков.

Легаулт и др. [12] на платформе иммерсивной виртуальной реальности провели эксперимент по обучению американских студентов китайскому языку. Студенты одной группы имели

возможность при помощи налобных дисплеев просматривать и взаимодействовать с различными виртуальными объектами, а студенты другой группы обучались при помощи словесных ассоциаций слов одного языка со словами другого языка без использования виртуальной реальности. Результаты показали, что VR-группа была более успешна в увеличении словарного запаса китайского языка по сравнению с группой занимающихся словесными ассоциациями. А также и то, что при обучении в VR-среде больше выиграли менее успешные и имеющие более низкий уровень пространственных способностей обучающиеся, в то время как более успешные обучающиеся не получили значимого преимущества.

Эти данные являются примером аргументации в пользу того, что обучение в среде виртуальной реальности не просто улучшает обучение иностранным языкам, но прежде всего полезно для обучающихся с недостаточно развитыми пространственными способностями.

В публикациях, посвящённых результатам изучения когнитивных факторов успешности обучения в среде виртуальной реальности, накопилось два типа данных, которые вылились в две противоречащие гипотезы: «гипотезу компенсации» и «гипотезу усиления». «Гипотеза компенсации» основывается на данных о том, что наибольший обучающий эффект при работе в VR-среде получают учащиеся с низким уровнем пространственных способностей, в то время как для учащихся с высоким уровнем эта среда не даёт особых преимуществ, они и без виртуальной реальности легко способны мысленно представлять движущиеся

ся и объёмные объекты на основе плоских и статичных изображений [10; 11; 12; 15]. Однако по данным других исследователей, успешность обучения в среде виртуальной реальности лучше у обучающихся с высоким уровнем пространственных способностей [9; 19]. Из этих данных вытекает «гипотеза усиления», согласно которой высокий уровень пространственных способностей позволяет обучающемуся легче справляться со сложностями визуализаций в виртуальной среде и потому усиливает эффект VR-обучения. По-видимому, имеется целый ряд неучтённых и не изученных пока факторов, которые могли бы снять противоречие между этими двумя гипотезами и прояснить специфику влияния пространственных способностей на обучение в среде виртуальной реальности. К ним можно отнести, например, тип необходимых умственных действий, вовлечённость в обучение различных компонентов пространственной компетентности обучающегося, содержание учебной задачи и т. д.

Поскольку возможность манипуляции предметами в среде виртуальной реальности, по-видимому, имеет решающее значение для успешности обучения любого типа, нами было предпринято полевое исследование успешности решения учебной задачи на зрительно-моторную координацию в VR-среде у испытуемых с разным уровнем развития пространственного мышления. Мы предположили, что успешность выполнения учебной задачи в среде виртуальной реальности связана с уровнем пространственного мышления обучающихся.

Организация и методика исследования

Исследование проводилось в рамках более широкого эксперимента по выявлению связи успешности VR-обучения с когнитивно-личностными характеристиками обучающегося [3]. Учебная задача на зрительно-моторную координацию в среде виртуальной реальности была построена на основе игры «Стрельба из лука», которая представлена на бесплатной платформе Steam¹. Игра представляет собой высококачественную 3D-ситуацию, в которой испытуемый может стрелять из виртуального лука по движущимся мишенями, набирая баллы и уровни в зависимости от точности и сложности выполняемых действий. Содержание данной ситуации обеспечивает взаимодействие испытуемого с виртуальными объектами на основе тактильной, слуховой и исполнительской обратной связи; он также имеет возможность свободно перемещаться в пространстве. Для успешного выполнения задачи испытуемому необходимо концентрировать своё внимание, следить за виртуальным окружением, быстро реагировать на изменения с использованием контроллеров, точно выполнять последовательность определённых действий.

В качестве показателей успешности выполнения задачи фиксировались *точность* (количество попаданий) и *сложность* (максимальный пройденный уровень) действий.

Перед проведением эксперимента каждому испытуемому были даны

¹ Интернет-магазин Steam. URL: <https://store.steampowered.com> (дата обращения: 20.02.2024).

устные и письменные инструкции по выполнению поставленной задачи. В процессе проведения эксперимента использовались шлемы виртуальной реальности HTC VIVE VR HMD с разрешением дисплея 1080×1200 и контроллеры, входящие в комплект.

Уровень пространственного мышления оценивался по тесту пространственного мышления И. С. Якиманской, В. Г. Зархина и Х.-М. Х. Кадая (формы А и Б) [8]. Тест оценивает умения оперировать пространственными образами с использованием наглядной основы в плане геометрических форм, величин и пространственной размещённости. Максимальный балл по тесту – 30 баллов.

В качестве испытуемых в исследовании приняли участие 35 студентов (9 юношей и 26 девушек) 2 курса ДВФУ, обучающихся по программам педагогического бакалавриата. Группа

была выравнена по уровню игрового опыта в среде виртуальной реальности (студенты, имеющие хорошие навыки игры, не вошли в группу испытуемых).

Полученные результаты были проанализированы при помощи программы IBM SPSS 19.0 (описательная статистика, Z-тест Колмогорова-Смирнова, корреляционный анализ, U-критерий Манна-Уитни).

Результаты исследования

Описательная статистика по результатам и оценка пространственного мышления и показателей успешности выполнения учебной задачи представлены в таблице 1.

По результатам корреляционного анализа (табл. 2), *точность* и *сложность* умеренно положительно связаны с уровнем *пространственного мышления* ($r=0,37^*$ и $0,35^*$ соответственно).

Таблица 1 / Table 1

Средние значения (M), стандартные отклонения (SD) и значения одновыборочного теста Колмогорова-Смирнова (Z) / Means (M), standard deviations (SD), and one-sample Kolmogorov-Smirnov test (Z) values

Изучаемые переменные	M	SD	Z	p
Пространственное мышление	14,4	3,6	0,63	0,82
Точность	95,5	47,2	0,98	0,29
Сложность	8,6	4,3	1,75	0,004

Таблица 2 / Table 2

Связи между показателями успешности выполнения учебной задачи в VR-среде и уровнем пространственного мышления обучающихся (по Спирмену) / Relationships between indicators of success in completing a learning task in a VR environment and the level of spatial thinking of students (according to Spearman)

Изучаемые показатели	Точность r (p)	Сложность r (p)
Пространственное мышление	0,39 (0,02)*	0,35 (0,04)

Статистика значимости различий в показателях точности и сложности по U-критерию Манна-Уитни также указывает на достаточную достоверность различий между испытуемыми, разделёнными на две группы по медианному значению показателя пространственного мышления ($U=75,5$ при $p=0,02$ для *точности* и $U=82,0$ при $p=0,04$ для показателя *сложности* выполнения учебной задачи).

Таким образом, предположение о том, что успешность выполнения учебной задачи на зрительно-моторную координацию в среде виртуальной реальности связана с уровнем пространственного мышления обучающихся, подтвердилось. При этом корреляция успешности выполнения задачи с выраженностью пространственного мышления испытуемых оказалась позитивной, а показатели успешности оказались значимо выше у испытуемых с высоким уровнем пространственного мышления. Это позволяет интерпретировать полученные данные в пользу «гипотезы усиления» [9], согласно которой, как было показано выше в теоретической части нашего исследования, от обучения в среде виртуальной реальности больше пользы получают учащиеся с высоким уровнем пространственных способностей.

В то же время такой вывод может рассматриваться пока только как основание для дальнейших исследований роли различных аспектов пространственных способностей при различном содержании обучения в среде виртуальной реальности. Гипотезы «усиления» и «компенсации» были выведены на основе результатов исследования обучения концептуальным знаниям и с использованием 3D-визуализаций.

В нашем случае был исследован фрагмент модели формирования навыка зрительно-мануальной координации, которая чаще всего воспроизводится в виртуальных тренажёрах.

Перспективным теоретическим концептом для продвижения в данной области представляется хорошо известная у нас теория *индивидуального стиля деятельности* Е. А. Климова и В. С. Мерлина [4]. Согласно этой теории у человека имеются широкие возможности компенсаторного преодоления в деятельности слабо выраженных способностей, и он может выработать такой стиль выполнения деятельности, который приведёт его к высокому результату. Однако сложившийся индивидуальный стиль не всегда успешен. В своё время это обнаружил в своих исследованиях В. Э. Чудновский [7], который сделал вывод, что в целом ряде случаев у учащихся стихийно формируется индивидуальный стиль, который не только не помогает им, но играет отрицательную роль, закрепляя негативные стороны поведения и препятствуя раскрытию способностей. Очевидно, что в ходе обучения в среде виртуальной реальности, которая нова для перцепции и моторики обучающегося, у последнего так или иначе должен складываться индивидуальный стиль деятельности. И этот стиль может быть в разной мере эффективным и по-разному актуализировать потенциал способностей обучающегося.

Заключение

Итак, проведённое исследование позволяет сделать следующие выводы.

1. Пространственные способности выступают как фактор обучения в среде виртуальной реальности, механизм

влияния которого пока недостаточно ясен.

2. По результатам исследований фактора пространственных способностей за последние годы сформировались две противоречащие гипотезы: «гипотеза компенсации» и «гипотеза усиления». «Гипотеза компенсации» обосновывает данные о том, что наибольший обучающий эффект при работе в среде виртуальной реальности получают учащиеся с низким уровнем пространственных способностей. «Гипотеза усиления» объясняет результаты, свидетельствующие о том, что, наоборот, в среде виртуальной реальности более успешны обучающиеся с высоким уровнем пространственных способностей.

3. Собственное эмпирическое исследование успешности решения учебной задачи на зрительно-моторную координацию в VR-среде у испытуемых с разным уровнем развития пространственного мышления показало, что более успешны были испытуемые с высоким уровнем пространственного мышления.

Перспектива дальнейших исследований механизма влияния пространственных способностей на успешность обучения в среде виртуальной реальности лежит в направлении эмпирического изучения взаимодействия различных компонентов пространственных способностей с различным учебным материалом в VR-среде, а также – с учётом различных индивидуальных стилей деятельности.

Статья поступила в редакцию 30.01.2024

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристова И. Л., Есипенко Е. А., Шарафиева К. Р. Пространственные способности: структура и этиология // Вопросы психологии. 2018. № 1. С. 118–126.
2. Гаврилова Т. А. Индивидуальные вариации пространственных способностей и эффективность обучения в среде виртуальной реальности // Самораскрытие способностей как внутренний диалог: когнитивные, метакогнитивные и экзистенциальные ресурсы человека: монография. Владивосток: Издательство Владивостокского государственного университета экономики и сервиса, 2021. С. 189–195.
3. Гаврилова Т. А., Жигалова О. П., Баранова В. А. Успешность выполнения учебной задачи на зрительно-моторную координацию в среде виртуальной реальности: когнитивно-личностные факторы // Перспективы науки и образования. 2023. № 1 (61). С. 505–517.
4. Мерлин В. С., Климов Е. А. Формирование ИСД в процессе обучения // Советская педагогика. 1967. № 4. С. 110–118.
5. Смирнов А. С., Фадеев К. А., Аликовская Т. А. О виртуальной реальности в образовательном процессе: перспективы и опасности // Информатика и образование. 2020. № 6. С. 4–16.
6. Уайт Э., Давыдова Ю. А., Шарафиева К. Р. Индивидуальные различия в пространственных способностях: изучение влияния возраста, пола, ведущей руки и эффекта сибса // Теоретическая и экспериментальная психология. 2012. Т. 5. № 4. С. 30–39.
7. Чудновский В. Э. Проблема субъективности в свете современных задач психологии воспитания // Вопросы психологии. 1988. № 4. С. 15–25.
8. Якиманская И. С., Зархин В. Г., Кадаяс Х.-М. М. Тест пространственного мышления: опыт разработки и применения // Вопросы психологии. 1991. № 1. С. 128–135.

9. Di X., Zheng X. A meta-analysis of the impact of virtual technologies on students' spatial ability // *Education Tech Research*. 2022. № 70. P. 73–98.
10. Lee E. A. L., Wong K. W. Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected // *Computers & Education*. 2014. № 79. P. 49–58.
11. Berney S., Bétrancourt M., Molinari G. How spatial abilities and dynamic visualizations interplay when learning functional anatomy with 3D anatomical models // *Anatomical sciences education*. 2015. № 8 (5). P. 452–462.
12. Legault J., Zhao J., Chi Y.-A. Immersive virtual reality as an effective tool for second language vocabulary learning // *Languages*. 2019. № 4. P. 13.
13. Li P., Legaut J., Klippel A., Zhao J. Virtual reality for student learning: Understanding individual differences // *Human Behaviour and Brain*. 2020. № 1. P. 28–36.
14. Motes M. A., Malach R., Kozhevnikov M. Object-processing neural efficiency differentiates object from spatial visualizers // *NeuroReport*. 2008. № 19. P. 1727–1731.
15. Sun R., Wu Y. J., Cai Q. The effect of a virtual reality learning environment on learners' spatial ability // *Virtual Reality*. 2019. № 23. P. 385–398.
16. Zhang X., Yang J., Wang R. A neuroimaging study of semantic representation in first and second languages // *Language. Cognition. Neuroscience*. 2020. № 1. P. 2–16.
17. Zhao J., Simpson M., Wallgrün J. O. Exploring the effects of geographic scale on spatial learning // *Cognitive Research: Principles & Implications*. 2020. № 5. P. 3–18.
18. Uttal D. H., Miller D. I., Newcombe N. S. Exploring and enhancing spatial thinking // *Current Directions in Psychological Science*. 2013. № 22. P. 367–373.
19. Wang J. Y., Wu H. K., Hsu Y. S. Using mobile applications for learning: Effects of simulation design, visuomotor integration, and spatial ability on high school students' conceptual understanding // *Computers in Human Behavior*. 2017. № 66. P. 103–113.

REFERENCES

1. Aristova I. L., Esipenko E. A., Sharafieva K. R. [Spatial abilities: structure and etiology]. In: *Voprosy psihologii* [Questions of psychology], 2018, no. 1, pp. 118–126.
2. Gavrilova T. A. [Individual variations of spatial abilities and the effectiveness of learning in a virtual reality environment]. In: *Samoraskrytie sposobnostej kak vnutrennij dialog: kognitivnye, metakognitivnye i ekzistencial'nye resursy cheloveka* [Self-disclosure of abilities as internal dialogue: cognitive, metacognitive and existential human resources]. Vladivostok, Publishing house of the Vladivostok State University of Economics and Service, 2021, pp. 189–195.
3. Gavrilova T. A., Zhigalova O. P., Baranova V. A. [Success in completing an educational task for hand-eye coordination in a virtual reality environment: cognitive and personal factors]. In: *Perspektivy nauki i obrazovaniya* [Perspectives of Science and Education], 2023, no. 1 (61), pp. 505–517.
4. Merlin V. S., Klimov E. A. [Formation of ISD in the learning process]. In: *Sovetskaya pedagogika* [Soviet pedagogy], 1967, no. 4, pp. 110–118.
5. Smirnov A. S., Fadeev K. A., Alikovskaya T. A. [virtual reality in the educational process: prospects and dangers]. In: *Informatika i obrazovanie* [Computer science and education], 2020, no. 6, pp. 4–16.
6. Uajt E., Davydova Yu. A., Sharafieva K. R. [Individual differences in spatial abilities: studying the influence of age, gender, leading hand and sibling effect]. In: *Teoreticheskaya i eksperimental'naya psihologiya* [Theoretical and experimental psychology], 2012, vol. 5, no. 4, pp. 30–39.

7. Chudnovskij V. E. [The problem of subjectivity in the light of modern tasks of educational psychology]. In: *Voprosy psihologii* [Questions of psychology], 1988, no. 4, pp. 15–25.
8. Yakimanskaya I. S., Zarhin V. G., Kadayas H.-M. M. [Test of spatial thinking: experience of development and application]. In: *Voprosy psihologii* [Questions of psychology], 1991, no. 1, pp. 128–135.
9. Di X., Zheng X. A meta-analysis of the impact of virtual technologies on students' spatial ability. In: *Education Tech Research*, 2022, no. 70, pp. 73–98.
10. Lee E. A. L., Wong K. W. Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. In: *Computers & Education*, 2014, no. 79, pp. 49–58.
11. Berney S., Bétrancourt M., Molinari G. How spatial abilities and dynamic visualizations interplay when learning functional anatomy with 3D anatomical models. In: *Anatomical sciences education*, 2015, no. 8 (5), pp. 452–462.
12. Legault J., Zhao J., Chi Y.-A. Immersive virtual reality as an effective tool for second language vocabulary learning. In: *Languages*, 2019, no. 4, p. 13.
13. Li P., Legaut J., Klippel A., Zhao J. Virtual reality for student learning: Understanding individual differences. In: *Human Behaviour and Brain*, 2020, no. 1, pp. 28–36.
14. Motes M. A., Malach R., Kozhevnikov M. Object-processing neural efficiency differentiates object from spatial visualizers. In: *NeuroReport*, 2008, no. 19, pp. 1727–1731.
15. Sun R., Wu Y. J., Cai Q. The effect of a virtual reality learning environment on learners' spatial ability. In: *Virtual Reality*, 2019, no. 23, pp. 385–398.
16. Zhang X., Yang J., Wang R. A neuroimaging study of semantic representation in first and second languages. In: *Language. Cognition. Neuroscience*, 2020, no. 1, pp. 2–16.
17. Zhao J., Simpson M., Wallgrün J. O. Exploring the effects of geographic scale on spatial learning. In: *Cognitive Research: Principles & Implications*, 2020, no. 5, pp. 3–18.
18. Uttal D. H., Miller D. I., Newcombe N. S. Exploring and enhancing spatial thinking. In: *Current Directions in Psychological Science*, 2013, no. 22, pp. 367–373.
19. Wang J. Y., Wu H. K., Hsu Y. S. Using mobile applications for learning: Effects of simulation design, visuo-motor integration, and spatial ability on high school students' conceptual understanding. In: *Computers in Human Behavior*, 2017, no. 66, pp. 103–113.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Гаврилова Татьяна Александровна – кандидат психологических наук, доцент, доцент департамента педагогики и психологии развития Дальневосточного федерального университета (Школы педагогики);
email: gavriloa.ta@dvfu.ru; ORCID: 0000-0002-7265-579x

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Tatyana A. Gavriloa – Cand. Sci. (Psychological Sciences), Assoc. Prof., Department of Pedagogy and Developmental Psychology, Far Eastern Federal University (School of Pedagogy);
email: gavriloa.ta@dvfu.ru; ORCID: 0000-0002-7265-579x

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Гаврилова Т. А. Пространственные способности как фактор обучения в среде виртуальной реальности // Вестник Государственного университета просвещения. Серия: Психологические науки. 2024. № 2. С. 115–124.
DOI: 10.18384/2949-5105-2024-2-115-124

FOR CITATION

Gavrilova T. A. Spatial abilities as a factor of learning in a virtual reality environment. In: *Bulletin of Federal State University of Education. Series: Psychological Sciences*, 2024, no. 2, pp. 115–124.

DOI: 10.18384/2949-5105-2024-2-115-124