

DOI: <https://doi.org/10.17816/KMJ593044>

УДК 616.896: 004.946: 347.157



Использование иммерсивных виртуальных сред для обучения и социализации детей с расстройством аутистического спектра

В.В. Кугуракова¹, Г.Я. Гузельбаева^{1,2}, Э.А. Садретдинова¹, А.А. Болтушкин¹¹Казанский федеральный (Приволжский) университет, г. Казань, Россия;²Казанский государственный медицинский университет, г. Казань, Россия

АННОТАЦИЯ

Исследовательский интерес авторов статьи направлен на развитие детей дошкольного возраста с расстройством аутистического спектра и возможности технологий виртуальной реальности для обучения и развития детей в игровой среде. Сделан обзор статей, опубликованных в рецензируемых журналах и размещённых в базе данных Scopus и поисковой системе по научным публикациям Google Scholar за последние 10 лет. Цель обзора — выявление международного исследовательского опыта относительно влияния виртуальных сред и аппаратного обеспечения на детей с расстройством аутистического спектра, их потенциальной эффективности, рекомендуемых условий и ограничений применения виртуальной реальности для социальной адаптации, развития коммуникативных, когнитивных и мотивационных навыков. Проанализированные в обзоре статьи сконцентрированы на изучении следующих вопросов: возможности и результаты применения разных типов технологий виртуальной реальности для развития у детей с аутизмом различных навыков и способностей; использование виртуальной реальности для работы с проблемами и рисками; а также особенности, ограничения и безопасность использования гарнитур для виртуальной реальности детьми с расстройством аутистического спектра. Рекомендовано использование иммерсивной виртуальной среды для детей с аутизмом при следующих условиях: присутствие близких и доверенных людей (воспитателей или родителей), наличие реальных игровых объектов для переключения детей после выхода из виртуальной среды и отвлечения внимания от возможных негативных эффектов использования гаджетов, продолжение общения с ребёнком после сеанса виртуальной реальности в обычном физическом пространстве для практики обучаемого навыка, конкретные временные пределы пребывания в виртуальной среде и др. Сделан вывод о том, что результаты применения технологий виртуальной реальности остаются противоречивыми, однако валидные данные научных исследований позволяют утверждать, что использование иммерсивных виртуальных сред приемлемо, может быть эффективным для обучения детей с расстройством аутистического спектра и при соблюдении определённых условий адекватно ими воспринимается.

Ключевые слова: расстройство аутистического спектра; аутизм; технологии виртуальной реальности; видеоигры; развитие ребёнка; пространственное обучение.

Как цитировать:

Кугуракова В.В., Гузельбаева Г.Я., Садретдинова Э.А., Болтушкин А.А. Использование иммерсивных виртуальных сред для обучения и социализации детей с расстройством аутистического спектра // Казанский медицинский журнал. 2024. Т. 105, № 5. С. 782–796. doi: <https://doi.org/10.17816/KMJ593044>

DOI: <https://doi.org/10.17816/KMJ593044>

Using immersive virtual environments for teaching and socializing children with autism spectrum disorder

Vlada V. Kugurakova¹, Guzel Ya. Guzelbaeva^{1,2}, Elvira A. Sadretdinova¹, Anton A. Boltushkin¹

¹Kazan Federal (Volga Region) University, Kazan, Russia;

²Kazan State Medical University, Kazan, Russia

ABSTRACT

The authors' research interests are focused on the development of preschool children with autism spectrum disorder and the potential of virtual reality technologies for teaching and developing children in a gaming environment. The article reviews articles published in peer-reviewed journals and posted in the Scopus database and the Google Scholar search engine for scientific publications over the past 10 years. The objective of the review is to identify international research experience regarding the impact of virtual environments and hardware on children with autism spectrum disorder, their potential effectiveness, recommended conditions and limitations of using virtual reality for social adaptation, development of communication, cognitive and motivational skills. The articles analyzed in the review focus on the following issues: the potential and results of using different types of virtual reality technologies for developing various skills and abilities in children with autism; using virtual reality to work with problems and risks; as well as the features, limitations and safety of using virtual reality headsets by children with autism spectrum disorder. It is recommended to use immersive virtual environments for children with autism under the following conditions: the presence of close and trusted people (caregivers or parents), the presence of real game objects for switching children after exiting the virtual environment and distracting attention from possible negative effects of using gadgets, continuing communication with the child after a virtual reality session in a normal physical space to practice the skill being taught, specific time limits for staying in the virtual environment, etc. It is concluded that the results of using virtual reality technologies remain contradictory, but valid data from scientific research allow us to assert that the use of immersive virtual environments is acceptable, can be effective for teaching children with autism spectrum disorder and, if certain conditions are met, is adequately perceived by them.

Keywords: autism spectrum disorder; autism; virtual reality technologies; video games; child development; spatial learning.

To cite this article:

Kugurakova VV, Guzelbaeva GYa, Sadretdinova EA, Boltushkin AA. Using immersive virtual environments for teaching and socializing children with autism spectrum disorder. *Kazan Medical Journal*. 2024;105(5):782–796. doi: <https://doi.org/10.17816/KMJ593044>

Received: 26.09.2023

Accepted: 22.06.2024

Published: 02.10.2024

ВВЕДЕНИЕ

Расстройство аутистического спектра (РАС) — тяжёлое нарушение, поэтому современная медицина и психология пытаются проводить вмешательства, направленные на улучшение повседневной жизни людей с РАС [1, 2]. Данные за последние несколько десятилетий указывают на экспоненциальный рост распространённости РАС [3, 4]. Согласно последним оценкам, в мировом масштабе аутизм присутствует приблизительно у 1 ребёнка из 100 (1:100) [5]. По данным Всероссийского мониторинга состояния образования обучающихся с РАС на 2022 г., количество таких детей в России увеличилось за 5 предыдущих лет на 187% и составило 45 888 человек [6], хотя сравнение с данными мировой статистики может свидетельствовать о недостаточной выявляемости детей с РАС в России и неравномерности развития системы диагностики в различных регионах [7].

Актуальность проблемы РАС обусловлена не только ростом их распространённости во всём мире, объективно регистрируемым в последние годы, но и отсутствием единой теории их этиопатогенеза, сложностью диагностики и комплексной терапии [3, 8]. Социальную значимость РАС во многом определяет то обстоятельство, что ядром симптоматики бывает нарушение социального взаимодействия, прогноз жизни не рассматривают как благоприятный у 60–70% детей и подростков, нуждающихся в постоянной посторонней помощи [9], а жизненный путь многих людей с аутизмом, начиная с младенчества и до взрослой жизни, сложен для них самих и их семей [10].

Дети с РАС, отличающиеся от нейротипичных детей различными клиническими и психологическими характеристиками по уровню развития интеллекта, коммуникативных навыков, самостоятельности и возможностей обучения, — одна из наиболее сложных категорий людей с ограниченными возможностями здоровья и в плане социального развития, и с позиций их психолого-педагогического сопровождения [11, 12].

Одна из тенденций в области исследования аутизма сегодня состоит в расширении возможностей образования для людей с аутизмом, их продуктивного развития с использованием новых технологий [4, 13–15]. Иммерсивные виртуальные среды, то есть симуляции реального мира на основе трёхмерной компьютерной графики, имеют потенциал стать для них относительно безопасной и эффективной обучающей средой [16–20].

Пространственное обучение может содействовать социализации детей с нарушенными коммуникативными способностями и навыками. Однако многочисленные экспериментальные исследования последних лет обнаруживают как достоинства, так и сложности в применении пространственного обучения и технологий виртуальной реальности (VR) для людей с аутизмом [13, 21–26].

Проблемы связаны с возможными побочными эффектами и ограничениями при использовании иммерсивных сред, воссоздаваемых с применением VR [20, 27, 28]. Отдельные затруднения возникают в связи с тем, что взаимодействие с виртуальными объектами в иммерсивных средах и навигация в них поддерживаются процессами, которые опираются на перцептивные, моторные и когнитивные системы [29–31]. Эксперты обращают внимание на неблагоприятные эмоциональные последствия от взаимодействия с гаджетами, видеоиграми и VR: нарушение режима сна, ожирение [32, 33], а также депрессию [34, 35].

Для реализации практической работы по обучению детей с РАС необходимо проанализировать мировой опыт существующих разработок и исследований, посвящённых применению VR-технологий для развития детей и подростков с РАС [36–42].

Специалисты в области медицины, психологии и нейронауки за последние годы проводили разнообразные тестирования и эксперименты по изучению влияния IT-технологий¹ и компьютерных игр на детей и подростков. Анализовали обучающие и социализирующие методики VR, направленные на помощь детям с РАС, выявляли условия их успешного применения для развития разнообразных навыков [4, 43–46]. Использование VR-технологий практикуют в клинических исследованиях для диагностики и терапии детей и молодых людей с аутизмом [20, 41, 47, 48].

Заслуживают внимания проекты, в которых изучают эффективность вмешательств с гаджетами для развития социальных и коммуникативных способностей детей и подростков с РАС [1, 49–52], их познавательных, адаптивных, навигационных, профессиональных и прочих навыков [18, 19, 33, 53]; оценивают их риск при использовании VR, выявляют способы его уменьшения [27, 54, 55].

В последнее время благодаря теории и движению нейродиверсификации (нейроразнообразия) РАС рассматривают как альтернативный путь нейроразвития, а не расстройство, требующее лечения [56–59]. В работе с людьми с аутизмом важными задачами часто выступают социальная адаптация, развитие разнообразных навыков и прочего, поэтому биомедицина активно сотрудничает с психологами и педагогами [11, 12, 59].

Использование мирового опыта применения VR в случаях с РАС может оказаться полезным для расширения возможностей обучения детей с аутизмом с помощью новых технологий. Анализ результатов зарубежных исследований поможет повысить эффективность соответствующих образовательных и развивающих методик, позволит учесть условия и ограничения приложений и игр VR.

Исходя из этого, нами проведён анализ международного опыта применения цифровых методик и пространственных обучающих симуляций для развития коммуникативных, когнитивных, мотивационных и прочих навыков у детей с РАС, возможных позитивных, нейтральных

¹ IT (от англ. Information technology) — использование компьютерных систем или устройств для передачи информации.

и негативных последствий применения VR, а также возникающих этических проблем и опасений медиков, психологов, педагогов и родителей.

Нами были отобраны статьи, опубликованные за последние 10 лет (с 2013 г.) на английском языке в рецензируемых журналах, посвящённые использованию VR для обучения детей с аутизмом. Принцип отбора исследований состоял в поиске и отборе статей по терминам и ключевым словам: для VR — «virtual reality» (виртуальная реальность), «virtual environment» (виртуальная среда), «device» (устройство), «VR», «HMD» (наголовный дисплей, или шлем либо очки виртуальной реальности); для обозначения детства — «child» (ребёнок), «children» (дети), «adolescents» (подростки), «students» (студенты, учащиеся); для обозначения РАС — «autism» (аутизм), «autism spectrum disorder» (расстройство аутистического спектра), «ASD» (РАС).

Для поиска использована междисциплинарная исследовательская база данных Scopus. Выявление публикаций было расширено с помощью поисковой системы по научным публикациям Google Scholar, в том числе с применением техники «снежного кома», при которой осуществлялось отслеживание цитирований в уже отобранных статьях. Мы также обратились к профессиональной сети для учёных и исследователей ResearchGate для запроса полного текста статей, если полнотекстовые статьи недоступны.

Исключены публикации, в которых нет чётких критериев проведения исследовательских работ, анализа результатов, сравнения данных. Всего было проанализировано 45 источников. География рассмотренных проектов — США, Канада, страны Европы (Великобритания, ФРГ, Италия, Испания, Португалия, Нидерланды, Бельгия, Норвегия), Азии (Китай, Индия, Иран, Сингапур, Тайвань), Австралия, Япония, Новая Зеландия, страны Африки (Нигерия, Эфиопия).

Типы систем и виртуальных технологий. Технология VR представляет собой комплексную технологию, которая позволяет погрузить человека в иммерсивный (обеспечивающий эффект присутствия) виртуальный мир при использовании специализированных устройств. Она создаёт эффект присутствия в другом пространстве и обеспечивает максимальный уровень правдоподобия происходящего.

VR конструирует искусственный мир, передаваемый пользователю посредством зрения, слуха, осязания и других ощущений [21, 25, 37]. Человек взаимодействует с новой средой, может манипулировать объектами, выполнять различные задачи.

Существуют разные вариации VR-технологий, которые используют для целого ряда задач при обучении детей с аутизмом. Возможно взаимодействие с VR с эффектом полного погружения, что подразумевает высокую детализацию интерактивного мира, распознавание действий пользователя в режиме реального времени, наличие специального оборудования [25, 27]. Также возможна VR без погружения, что означает симуляцию реальности

с качественным звуком и изображением, трансляция которых осуществляется на широкоформатном экране, а пользователь остаётся лишь наблюдателем [25, 27]. Другие виды VR — виртуальная среда с обобщённой инфраструктурой и на основе интернет-технологий.

Отдельный вариант представляет собой дополненная реальность, которая заключается в добавлении к настоящему миру виртуальных элементов и позволяет интегрировать информацию с объектами реального мира в форме текста, компьютерной графики, аудио и иных представлений [13, 14, 18, 60]. Технология дополненной реальности позволяет расширить пользовательское взаимодействие с окружающей средой и адаптировать информацию в зависимости от меняющихся условий. К типам VR-технологий относятся головные дисплеи (шлемы или очки VR), тактильные технологии, дополненная реальность, технологии 3D-дисплея, а также сетевые системы [4, 25, 27, 61].

Специалисты по работе с людьми с РАС из университета Миссури (США) [36] проанализировали различные возможности VR для развития поведенческих навыков через адаптацию к разнообразным рискам у детей и подростков с РАС. Одним из преимуществ VR названо усиление эффекта присутствия. Оно обеспечивается благодаря улучшенной навигации, реализованной как увеличение степеней свободы виртуального перемещения, фотореалистичность, а также более широкое по сравнению с традиционными инструментами поле зрения и более высокий уровень детализации архитектуры. Усиление ощущения присутствия бывает особенно важным для людей с проблемами в поведении, в том числе с РАС.

Испанские психологи и педагоги из университета Аликанте [1] применили иммерсивную VR для улучшения и тренировки эмоциональных навыков учащихся начальной школы с РАС. Используемая игровая форма VR-вмешательства с системой компьютерного зрения для автоматического определения эмоционального состояния ребёнка показала позитивные результаты по развитию эмоционального отклика и участия у детей с РАС, что свидетельствует о перспективности её применения.

Та же группа испанских исследователей в более позднем исследовании 2019 г. использовала дополненную реальность, основанную на визуальной поддержке, для улучшения социальных и коммуникативных навыков детей с аутизмом. Участникам исследования были предложены игры — забивание голов и игра с коровой. Экспериментальная группа пользовалась приложением для дополненной реальности, другая группа играла без него. Хотя по некоторым показателям были зафиксированы определённые улучшения, результаты, основанные на количественном подходе, не показали статистически значимых различий между участниками экспериментальной и контрольной групп (все участники — дети с РАС) [60].

В другом проекте того же исследовательского коллектива в 2022 г. с применением приложения дополненной

реальности *Onigix* изучали навыки повседневной жизнедеятельности [14]. Авторы отошли от количественной стратегии, основывая свои выводы на данных теста детей-участников до и после вмешательства и подробных полевых записях. Сделан вывод, что в пост-тесте произошли улучшения в операциях повседневной жизни, вызванные работой с дополненной реальностью, в нескольких областях, например в зрительном контакте и ответных реакциях на голос терапевта. Схожие выводы по использованию дополненной реальности для развития навыков у детей с аутизмом сформулированы в исследовании университета им. А. Табатабаи (Иран) [13].

В публикации исследователей из университета Западной Англии (Великобритания) [23] представлен опыт применения наголовных дисплеев VR (шлемов или очков) в школах с детьми с РАС. В исследовании принял участие 31 ребёнок с аутизмом в возрасте от 6 до 16 лет. На основе сообщений детей после сеансов VR выясняли их впечатления от типа устройства VR с учётом сенсорных проблем, удобства и привлекательности использования VR-шлема.

Установлено, что применение наголовных дисплеев VR в целом положительно воспринято как детьми, так и учителями. Также выявлен ряд преимуществ этого устройства, включая повышение вовлечённости, мотивации и внимания, а также улучшение социальной коммуникации и языковых навыков. Исследование позволяет утверждать, что использование шлемов или очков VR может быть перспективным подходом для развития обучения и социальной коммуникации у аутичных детей в школьной среде.

Другой случай применения наголовного дисплея представлен медиками из детской реабилитационной больницы Холланд Блурвью в Торонто (Канада) [24] с оценкой безопасности и удобства его использования по сравнению с видео, демонстрируемым на мониторе. Установлено, что они аналогичны негативным эффектам от просмотра видео на мониторе. Хотя участники отметили, что наголовный дисплей VR повышает реалистичность и ощущение присутствия, заявлена необходимость последующих исследований, уточнений и проверок.

Международный коллектив медиков, психологов и педагогов из Норвегии, США, Германии и Сингапура [37] представил предложения по объединению VR-технологий с подходами натуралистических поведенческих развивающих вмешательств, что авторы оценивают как наиболее перспективную технику для детей с РАС. Введён новый термин «виртуальное натуралистическое поведенческое развивающее вмешательство» (VNDBI — от англ. *Virtual Naturalistic Developmental Behavioral Interventions*). Предыдущие исследователи использовали лишь некоторые элементы подходов натуралистических поведенческих развивающих вмешательств в VR-вмешательствах [37].

Авторы рассматриваемого проекта выделили несколько основных компонентов этого вида вмешательства.

Первый — «характер учебных целей», который предполагает одновременное обучение целому ряду навыков, а не отдельное обучение отдельным элементам. Акцент делают на обучении тем компетенциям, которые служат проводниками для других типов поведения, например навыкам социальной коммуникации, имитации и совместного внимания.

Второй компонент — «характер контекстов обучения», ориентирован на обучение в натуралистических условиях, а не в строго контролируемой среде, часто представленной в дискретном пробном обучении.

Третий компонент — «характер стратегий, способствующих развитию», представлен через комбинирование разных элементов и стратегий для повышения эффективности обучения в различных условиях. Сделан вывод о преимуществах технологий VR для вмешательств в отношении РАС.

Развитие социальных, когнитивных и мотивационных навыков. Для оценки влияния обучения с помощью аватара на социальные навыки детей с РАС исследовательская группа психологов из университета Бригама Янга (США) [44] использовала непересекающийся множественный базовый дизайн с целью изучения воздействия анимации и аватаров на развитие социальных способностей, в том числе социальных инициатив, участников эксперимента-игры как в клинических условиях, так и при живом общении со сверстниками.

Систематическое прямое наблюдение и систему совершенствования социальных навыков использовали для оценки влияния соответствующего занятия с использованием аватара. Социальную валидность оценивали с точки зрения как участников, так и их родителей. Отметим, что под социальной валидностью понимают степень, в которой целевое поведение полезно, методы его достижения приемлемы, достигается важное и существенное изменение целевой и сопутствующей форм поведения [62].

После обучения с аватаром доля самостоятельных шагов, выполненных детьми в навыке «начать разговор», увеличилась на 80% по сравнению с первоначальным уровнем. Способность и готовность участников вести разговор распространились на их взаимодействие со сверстниками. Родители сообщили о небольшом положительном приросте социальных навыков, а другие наблюдатели этого проекта отметили, что вмешательство повышало социальные, коммуникативные инициативы и было социально обоснованным. Учёные подтвердили вывод о необходимости использования технологических вмешательств в обучение, в частности живых анимационных аватаров.

В проекте коллектива специалистов по физиологической психологии и нейропсихологии (*Behavioural Neuroscience*) из университета Ундине (Италия) [30] анализировали когнитивные и мотивационные способности посредством навигации в городской виртуальной среде

детьми с РАС по сравнению с нейротипичными сверстниками. В исследовании приняли участие 16 детей с РАС и 16 нейротипичных детей контрольной группы.

После начального этапа обучения дети выполняли два задания: первое — навигация в незнакомой городской среде, которую они могли свободно исследовать; второе — навигация в том же пространстве, но с основной задачей найти конкретные целевые объекты, в игровой форме имитирующей поиск сокровищ. В первом задании дети с РАС провели значительно меньше времени в активном изучении и осмотрели меньше зон, чем контрольные. Во втором задании различий между двумя группами обнаружено не было.

Эти данные показывают, что при свободном освоении незнакомой среды дети с аутизмом меньше концентрируются на окружающей среде по сравнению с контрольной группой. А при попадании в игровой формат пространства с увлекательными заданиями дети с РАС проявляют внимание и активность, которые могут достигать соответствующего уровня нейротипичных детей. Авторы объясняют полученные результаты нейропсихологическими особенностями анализа внешних средовых условий детьми с РАС и влиянием повышенной мотивации на уровень концентрации внимания и продуктивности.

Специалисты из университета Циндао (Китай) [45] использовали разработанную ими социальную игру FaceMe с виртуальным агентом на основе дополненной реальности для развития социальных и когнитивных функций и эмоциональной включённости у детей с РАС. Эмпирические результаты показывают, что виртуальный агент FaceMe вызвал активное социальное поведение у детей с аутизмом, что впоследствии улучшило их способность понимать выражение лица. Установлено, что использование виртуальных игр — перспективный подход для обучения молодых людей с РАС.

К аналогичным выводам пришли специалисты из университета Канзаса (США) [46], чьи результаты показали немедленное повышение уровня поведения при выполнении заданий и снижение деструктивного поведения при каждом внедрении VR-приложения для самоконтроля с целью содействия успешной инклюзии учеников начальной школы с РАС. Другие примеры — успешное и при этом безопасное обучение взаимодействию с сотрудниками полиции подростков и взрослых с РАС с применением VR [18] (авторы — психологи и медики по работе с РАС из г. Филадельфия и г. Вашингтон, США); эффективное обучение детей и подростков с аутизмом общению со сверстниками и членами их семей с использованием игр и тестов на основе дополненной реальности (университет им. А. Табатабаи, Иран) [13]. Серия иммерсивных сеансов помогла испытуемым чувствовать себя более комфортно в незнакомой среде.

В проекте психологов из университетов Коннектикута, Центральной Флориды и Калифорнии (США) [29] продемонстрированы негативные последствия необоснованного

и неэффективного использования VR на примере анализа разговорной речи, воспроизводимой технологиями VR для изучения сильных и слабых сторон структурных языковых способностей детей с РАС и синдромом дефицита внимания и гиперактивности.

Результаты показали, что дети с аутизмом демонстрировали более простую речь, чем их нейротипичные сверстники. При этом по мере погружения в VR сложность речи снижалась во всех группах детей. Это демонстрирует, что технологии VR могут оказывать неблагоприятное воздействие на определённые навыки, в частности речевые. Общение в VR не всегда способствует развитию разговорной практики у детей. Проект показал, как важно подбирать варианты виртуальных игр и заданий для самых разных категорий детей, разрабатывая их совместно со специалистами в медицине, IT и психологии.

Использование VR для работы с проблемами и рисками у детей с РАС. Известно, что у детей с РАС есть вероятность приобретения сопутствующих заболеваний [2, 63]. К тому же они подвержены повышенному риску травматизма и различных фобий, что делает обучение их навыкам безопасности крайне необходимым [63]. Технологии VR позволяют реализовать обучение в безопасной и реалистичной среде, аналогичной естественной обстановке.

В исследовании специалистов из университета Йорка (Великобритания) [39] использована интерактивная игра VR SoundField для решения проблемы слуховой гиперчувствительности к определённым звукам у подростков с РАС. По завершении 4-недельного эксперимента сравнение оценок до и после исследования показало значительное снижение тревоги, связанной с проблемными звуками. Авторы заключают, что VR-игра хорошо переносится участниками с аутизмом и служит эффективным инструментом, помогающим справиться со слуховой гиперчувствительностью.

Последующее расширенное исследование тех же авторов с участием 22 детей и подростков с РАС продемонстрировало, что применение VR помогает не только в уменьшении негативных эмоций, связанных с неприятными слуховыми стимулами окружающей среды. Более того, оно возможно с применением потребительских мобильных гаджетов, что повышает доступность терапии, позволяя проводить вмешательства дома или в школе. Это увеличивает мотивацию к терапии и обеспечивает её естественные условия [40].

Тренинг поведенческих навыков в VR для улучшения способности избежать кражи у детей с РАС был осуществлён специалистами из университета штата Техас (США) [17]. В исследовании приняли участие 4 аутичных ребёнка, которых обучали навыкам предотвращения похищений с обратной связью *in situ*. В ходе тренинга детям было предложено виртуальное взаимодействие с четырьмя типами похитителей. Результаты показали, что все дети овладели этими навыками, а технология VR справилась

с обучением правильной реакции на разные типы похитителей и оказалась эффективной для предотвращения киднеппинга.

Совместное исследование специалистов из университетов Вирджинии, Айовы (США) и университета Хасселта (Бельгия) [16] продемонстрировало целесообразность и эффективность тренингов по моделированию вождения в VR для обучения общим навыкам вождения, успешного прогнозирования возможных дорожных происшествий и решения задач, специфичных для подростков и молодых людей с РАС.

Проект исследователей из Института интерактивных медиа в Сан-Диего, Терапевтического центра Спич Три в Чула-Виста и Медицинского центра VR в Ла-Хойа, Калифорния (США) [19] посвящён эффективности VR для адаптации детей с РАС к авиаперелётам. В исследовании приняли участие дети с аутизмом, которые в течение 4 нед проходили обучение авиаперелётам в пространстве VR. Родителям было предложено оценить переносимость ребёнком полёта на самолёте до начала эксперимента и по истечении 4-й недели. Все дети продемонстрировали улучшение переносимости авиаперелётов.

В двух проектах изучали возможности использования подростками с РАС виртуального тренинга по прохождению собеседования: проект с головным центром в Мичиганском университете (США) [42], исследование фонда Кесслера (США) [38]. В обоих случаях принимали участие учащиеся выпускных классов, которые были случайным образом распределены в экспериментальную и контрольную группы. Результаты позволяют предположить, что тренинг виртуального интервью может быть перспективным подходом для улучшения результатов собеседования при трудоустройстве аутичных выпускников школ. Вмешательство VR было реализовано в школьных условиях, что продемонстрировало возможность его включения в учебную программу.

Применение технологий VR в клинических исследованиях с детьми с РАС. В силу того, что увеличивает количество приверженцев движения, рассматривающего аутизм не как расстройство, а как альтернативный путь нейроразвития, актуальное значение в работе с людьми с РАС приобретают не столько терапия, сколько обучение, адаптация, развитие разнообразных навыков [56–58].

Врачи из Детской больницы Медицинского центра университета Вашингтона (США) [20] изучали зрительно-моторную функцию, поструральную стабильность и укачивание у детей с аутизмом младшего возраста. Были обследованы 50 детей. Гарнитуру Sony PlayStation VR надевали во время 2 последовательных сеансов игры, по 30 мин каждый. Была использована 3D-видеоигра Eagle Flight, которая симулирует полет орла по городу, постройку гнезда и взаимодействие с другими животными. От игрока, выполняющего роль летающего орла, требуется изменять движение головы 3D-птицы для управления траекторией полёта (оси тангажа, рысканья и крена).

До воздействия VR проводили базовое тестирование, и каждый сеанс VR сопровождался диагностикой бинокулярной остроты зрения, косоглазия, аномалии рефракции, остроты стереоскопического изображения и поструральной стабильности (дисбаланса). Визуально вызванное укачивание тестировали с помощью опросника укачивания на симуляторе, модифицированном для педиатрического использования (Peds SSQ). Адаптацию зрительно-вестибуло-окулярного рефлекса также проверяли до и после испытания у 5 детей. Безопасность оценивали по изменениям по сравнению с исходным уровнем зрительно-моторных показателей.

Результаты эксперимента показали, что дети младшего возраста с РАС переносят иммерсивную 3D-игру в VR без заметного влияния на зрительно-моторные функции. VR-игра не вызвала значительной поструральной нестабильности или дезадаптации вестибуло-окулярного рефлекса после погружения в VR. На основе сравнения с подобными данными по взрослому контингенту был сделан вывод, что распространённость дискомфорта и постэффектов у детей может быть меньше, чем у взрослых.

Социально-когнитивные трудности при РАС могут серьёзно влиять на повседневную жизнь, оказывая воздействие на развитие и поддержание значимых социальных отношений [63]. Тренинг социального познания обычно используют для улучшения социальных функций, но его недостаток заключается в несоответствии условий эксперимента реальным условиям и неспособности эффективно имитировать реалистичные социальные ситуации [64].

Разработка вмешательств с помощью VR, направленных на улучшение навыков социального взаимодействия, может повысить эффективность тренинга социального познания в рамках адаптации и лечения РАС, предлагая безопасные, интерактивные и практические условия для обучения, которые способствуют обобщению знаний и навыков в реальном мире [65].

Врачи-психиатры из Нидерландов в работе о результатах динамического интерактивного тренинга социального познания в VR (DiSCoVR) для 26 людей молодого и среднего возраста с РАС [65] предлагают применять VR для развития успешного социального общения. Разработанная для людей с расстройством шизофренического спектра виртуальная среда была адаптирована для людей с РАС. Участники в группе с РАС получали вмешательство с помощью VR в дополнение к обычному лечению. Фиксировались три оценки: до вмешательства, после него и по прошествии 12 нед. Оценки до, после и последующее наблюдение содержали идентичные инструменты, при этом оценку через некоторое время после вмешательства дополняли оценочным интервью и анкетой.

Чтобы повысить актуальность вмешательства и способствовать обобщению содержания обучения в повседневной жизни, участники лично выбирали релевантные социальные цели. Иммерсивные миры VR включали

торговую улицу, супермаркет, офис и бар. Воздействию и оценке подверглись навыки, которые касались социального познания, распознавания эмоций, гибкости мышления, социальной тревожности, эмпатии и социальной отзывчивости. Более 90% участников были удовлетворены количеством, интенсивностью и продолжительностью занятий и утверждали, что многому научились и получили удовольствие от практического обучения в виртуальной среде в сопровождении реального врача.

В целом медики положительно оценили результаты лечения. Таким образом, исследование показало, что большинство участников и врачей сочли воздействие посредством VR приемлемым, выполнимым и эффективным для развития социально-когнитивных навыков.

Специалисты по нейронаукам из университета Ньюкасл (Великобритания) [47] представили исследование о применении VR-технологий для помощи детям с РАС, страдающим от страхов и фобий. В исследовании приняли участие 8 детей от 8 до 12 лет. У каждого была тревога по поводу конкретной ситуации (например, переполненных автобусов) или раздражителя (например, голубей). Они получали когнитивно-поведенческую терапию с градуированной экспозицией в VR-среде. У половины участников зафиксировано позитивное воздействие от вмешательства с VR, так как они смогли действовать без страхов.

В более раннем аналогичном проекте того же исследовательского коллектива заметные улучшения произошли у 8 из 9 детей, причём 4 из них полностью преодолели свою фобию [41]. Эффект сохранялся через 12 мес после вмешательства. Результаты позволяют предположить, что VR в сочетании с когнитивно-поведенческой терапией может быть перспективным подходом для снижения уровня специфической фобии у подростков и молодых людей с РАС.

Традиционные методы лечения могут быть не вполне эффективными и пригодными для детей и подростков с РАС, если применять их без адаптации. Традиционные методы вмешательств имеют ограничения, например требуют длительных периодов и неудобны для детей с особенностями развития. Необходимы альтернативные виды вмешательств.

Специалисты Анхойского медицинского университета (Китай) провели VR-исследование с участием детей с РАС [48]. Авторы приходят к выводу, что интервенционная терапия посредством VR и дополненной реальности, основанная на теориях когнитивной реабилитации и социально-эмоционального обучения, позволяет участникам с аутизмом добиться эффективного преодоления барьеров в коммуникации.

Особенности, ограничения и безопасность использования VR-гарнитур детьми с аутизмом. Несмотря на множество исследований, позитивно оценивающих возможности VR для развития и обучения детей с РАС, эти технологии могут иметь неблагоприятное влияние на их состояние, что связано со злоупотреблениями VR

и выражается в неконтролируемых, длительных по времени сеансах погружения в VR [21, 37].

Среди негативных последствий использования VR в области физического развития названы нарушение зрения, кардиометаболические нарушения, ожирение, киберболезнь, нарушение сна и усталость. К примеру, есть вероятность появления проблем, связанных с путаницей, которая может возникнуть у детей при смешивании виртуального мира с реальным. К тому же не все дети с РАС могут переносить наголовные шлемы. Однако реальность состоит в том, что дети всё активнее вовлекаются в виртуальные миры, в том числе дети с аутизмом [21, 27, 37].

Всемирная организация здравоохранения предупреждает о риске, связанном с возможными игровыми зависимостями и проблемным поведением [29]. При этом до сих пор не выяснено, вызвано такое поведение интернетом, виртуальными мирами или игровыми технологиями [37, 38]. Тем не менее, даже те исследования, которые свидетельствуют о негативном влиянии VR и игр на детей, связывают эти выводы с неограниченным и неконтролируемым использованием таких технологий [21, 37, 61].

Необходимы тщательные долгосрочные исследования, поскольку постоянно появляются новые технологии, как программные, так и аппаратные [24, 27]. Их применение будет защищённым, если соблюдать требования по охране здоровья и безопасности, особенно по длительности использования. Это относится и к нейротипичным, и к аутичным детям [37]. При соблюдении условий безопасности применение VR даёт позитивные результаты для когнитивного, мотивационного, эмоционального и социального развития детей с аутизмом.

Предварительный инструктаж с изложением целей и требований VR-сеансов — ключевое условие для наиболее результативного и безопасного использования VR для работы с несовершеннолетними участниками с РАС [4]. Рекомендовано, чтобы родители или другие близкие изучали содержание и цели применения VR-сессии, сопровождали и поддерживали ребёнка на протяжении вмешательства и после него [30].

Исследователи из Инженерного колледжа SSN (Индия) [26] и университета Ньюкасла (Великобритания) [41] утверждают, что для работы с детьми с РАС это требование следует выполнять с особой тщательностью, учитывая особенности реакции каждого отдельного ребёнка на различные гаджеты, опыт использования виртуальных сред, общения со сверстниками, специалистами и пр.

В связи с системностью и коморбидностью нарушений при РАС организация всестороннего сопровождения возможна только с учётом междисциплинарного подхода [66–68]. Это обусловлено необходимостью специальных условий сопровождения (подготовка кадров, методическое обеспечение, взаимодействие с родительскими сообществами) и коррекции специфических нарушений, характерных только для категории детей с аутизмом [66–71]. Другая рекомендация касается того, чтобы программы VR

были настраиваемыми для удовлетворения разнообразных потребностей пользователей с нарушениями развития нервной системы [22, 28].

Авторы исследований, выполненных в Массачусетском университете, университете штата Флорида (США) сообщили о потенциальных препятствиях для использования VR у людей с РАС [15, 31]. Они показали, что недостатки в восприятии языка могут негативно сказаться на способности подростков с РАС выполнять инструкции в VR-среде, тем самым лишая пользователей доступа к виртуальным технологиям. Замечено, что пользователи с аутизмом могут с недоверием и неприятием относиться к специфическим особенностям дизайна VR, например к программам, использующим отрицательную обратную связь; что некоторые дети могут отрицательно реагировать на просьбу поучаствовать в соревновательных играх в многопользовательской VR [31].

Нехватка времени и трудности с управлением физическим и виртуальным мирами в классной комнате были определены как потенциальные барьеры для внедрения VR в исследованиях школьных вмешательств для пользователей с РАС и интеллектуальными нарушениями [15].

Ещё одна серьёзная проблема связана с путаницей, которую дети могут испытывать при смешивании виртуального мира с реальным, а также с потенциальными опасностями, которые это представляет. Пользователь VR-технологии может в излишней степени погрузиться в воображаемые миры, что порой приводит к идентификации с аватарами или персонажами [27, 37]. Разные формы медиа могут манипулировать человеческим опытом, особенно детским. Взрослые должны помочь детям понять разницу между фантазией и реальностью.

Хотя Американская академия педиатрии признает потенциальную пользу мобильных/интерактивных технологий для детей, особенно благодаря хорошо разработанным учебным материалам, она продолжает выражать обеспокоенность по поводу их чрезмерного использования в период быстрого развития мозга [25, 72].

Несомненно, контролируемое изучение влияния виртуальных технологий на людей с РАС необходимо продолжать. У нас есть собственный опыт разработки иммерсивных сред для обучения людей, включая подростков и детей младшего школьного возраста [73–75]. Мы считаем, что использование цифровых и особенно VR-технологий может способствовать более ранней адаптации детей с РАС и улучшению их социализации и обучения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проанализированных многочисленных исследований подтверждают целесообразность использования VR-технологий для развития разнообразных навыков

у детей и подростков с РАС, от общих коммуникативных и познавательных (или когнитивных) до навыков конкретных операций. Влияние VR-технологий может быть как положительным, так и отрицательным, что позволяет усомниться в универсальности виртуальных технологий и говорит о необходимости более тщательного анализа условий их применения.

При использовании VR для работы и обучения детей с РАС необходимо соблюдать ряд условий:

- присутствие родителей или воспитателей в процессе использования VR для наиболее комфортной обстановки и хорошего эмоционального состояния ребёнка;
- сочетание общей свободной навигации в незнакомой среде обитания с конкретными задачами — поиска объектов, их запоминания, их выбора, взаимодействия с ними и др.;
- использование анимированных помощников-аватаров;
- временные ограничения в виде лимита длительности сеанса пребывания в VR.

VR-приложения представляются экспертам в целом перспективными. Исследователи возможностей VR для детей и подростков с РАС приходят к выводу, что технологии VR могут предоставить безопасную аутентичную среду, которой многие дети пользуются без сопротивления и трудностей, и благодаря чему возможны формирование и развитие разнообразных навыков — социальных, коммуникативных, познавательных, адаптивных и пр.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. В.В.К. — концептуализация, анализ, редактирование рукописи, общее руководство; Г.Я.Г. — концептуализация, анализ, методология, исследование, создание черновика; Э.А.С. — редактирование рукописи, валидация, общее руководство; А.А.Б. — редактирование рукописи, валидация.

Источник финансирования. Работа выполнена за счёт средств Программы стратегического академического лидерства Казанского (Приволжского) федерального университета (ПРИОРИТЕТ-2030).

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов по представленной статье.

ADDITIONAL INFORMATION

Authors' contribution. V.V.K. — conceptualization, formal analysis, writing — review and editing, supervision; G.Ya.G. — conceptualization, formal analysis, methodology, investigation, writing — original draft; E.A.S. — writing — review and editing, validation, supervision; A.A.B. — writing — review and editing, validation.

Funding source. The work was carried out using funds from the Strategic Academic Leadership Program of Kazan (Volga Region) Federal University (PRIORITY-2030).

Competing interests. The authors declare that there is no conflict of interest in the presented article.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lorenzo G., Lledó A., Pomares J., Roig R. Design and application of an immersive virtual reality system to enhance emotional skills for children with autism spectrum disorders // *Computers & Education*. 2016. Vol. 98. P. 192–205. doi: 10.1016/j.compedu.2016.03.018
2. Maenner M.J., Warren Z., Williams A.R., et al. Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among children aged 8 years — autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2020 // *MMWR Surveill Summ*. 2023. Vol. 72, N. 2. P. 1–14. doi: 10.15585/MMWR.SS7202A1
3. Fombonne E., MacFarlane H., Salem A.C. Epidemiological surveys of ASD: Advances and remaining challenges // *J Autism Dev Disord*. 2021. Vol. 51. P. 4271–4290. doi: 10.1007/s10803-021-05005-9
4. Keshav N.U., Vahabzadeh A., Abdus-Sabur R., et al. Longitudinal socio-emotional learning intervention for autism via smartglasses: qualitative school teacher descriptions of practicality, usability, and efficacy in general and special education classroom settings // *Education in Science*. 2018. Vol. 8, N. 3. P. 107. doi: 10.3390/educsci8030107
5. Zeidan J., Fombonne E., Scorch J., et al. Global prevalence of autism: A systematic review update // *Autism Res*. 2022. Vol. 15, N. 5. P. 778–790. doi: 10.1002/aur.2696
6. Аналитическая справка о состоянии образования обучающихся с расстройствами аутистического спектра в субъектах Российской Федерации в 2022 году, ФРЦ РАС. Режим доступа: <https://autism-frc.ru/education/monitoring/1509> Дата обращения: 07.11.2023.
7. Хаустов А.В., Шумских М.А. Тенденции включения детей с РАС в систему общего образования: результаты Всероссийского мониторинга // *Аутизм и нарушения развития*. 2023. Т. 21, № 3. С. 5–17. doi: 10.17759/autdd.2023210301
8. Solmi M., Song M., Yon D.K., et al. Incidence, prevalence, and global burden of autism spectrum disorder from 1990 to 2019 across 204 countries // *Mol Psychiatry*. 2022. Vol. 27, N. 10. P. 4172–4180. doi: 10.1038/s41380-022-01630-7
9. Lord C., Elsabbagh M., Baird G., Veenstra-Vanderweele J. Autism spectrum disorder // *Lancet*. 2018. Vol. 392, N. 10146. P. 508–520. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31129-2
10. Hume K., Steinbrenner J.R., Odom S.L., et al. Evidence-based practices for children, youth, and young adults with autism: Third generation review // *J Autism Dev Disord*. 2021. Vol. 51. P. 4013–4032. doi: 10.1007/s10803-020-04844-2
11. Черенёва Е.А., Беляева О.Л., Стоянова И.Я. Актуальные подходы дифференциальной диагностики расстройств аутистического спектра и сходных состояний // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Гуманитарные науки*. 2022. Т. 15, № 3. С. 381–389. doi: 10.17516/1997–1370–0475
12. Da Silva A.L., Bissaco M.A.S. Educational platform for support in the experience, communication and behavior of children with autism spectrum disorder // *Research on Biomedical Engineering*. 2022. Vol. 38. P. 701–731. doi: 10.1007/s42600-022-00203-5
13. Bakhtiarvand M. The impact of augmented reality on the social skills of children with high functioning autism // *RISS Journal*. 2021. Vol. 2, N. 2. P. 156–160. doi: 10.47175/rissj.v2i2.227
14. Lledó G.L., Lledó A., Gilabert-Cerdá A., et al. The use of augmented reality to improve the development of activities of daily living in students with ASD // *Educ Inf Technol*. 2022. Vol. 27. P. 4865–4885. doi: 10.1007/s10639-021-10805-8
15. Maye M., Sanchez V.E., Stone-MacDonald A., Carter A.S. Early interventionists' appraisals of intervention strategies for toddlers with autism spectrum disorder and their peers in inclusive childcare classrooms // *J Autism Dev Disord*. 2020. Vol. 50, N. 11. P. 4199–4208. doi: 10.1007/s10803-020-04456-w
16. Cox D.J., Brown T., Ross V., et al. Can youth with autism spectrum disorder use virtual reality driving simulation training to evaluate and improve driving performance? An exploratory study // *J Autism Dev Disord*. 2017. Vol. 47, N. 8. P. 2544–2555. doi: 10.1007/s10803-017-3164-7
17. Ledbetter-Cho K., Lang R., Davenport K., et al. Behavioral skills training to improve the abduction-prevention skills of children with autism // *Behav Anal Pract*. 2016. Vol. 9, N. 3. P. 266–270. doi: 10.1007/s40617-016-0128-x
18. McCleery J.P., Zitter A., Solórzano R., et al. Safety and feasibility of an immersive virtual reality intervention program for teaching police interaction skills to adolescents and adults with autism // *Autism Res*. 2020. Vol. 13, N. 8. P. 1418–1424. doi: 10.1002/aur.2352
19. Miller I.T., Wiederhold B.K., Miller C.S., Wiederhold M.D. Virtual reality air travel training with children on the autism spectrum: A preliminary report // *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2020. Vol. 23, N. 1. P. 10–15. doi: 10.1089/cyber.2019.0093
20. Tychsen L., Foeller P. Effects of immersive virtual reality headset viewing on young children: Visuomotor function, postural stability, and motion sickness // *Am J Ophthalmol*. 2020. N. 209. P. 151–159. doi: 10.1016/j.ajo.2019.07.020
21. Kenwright B. Virtual reality: ethical challenges and dangers // *IEEE Technol Soc Mag*. 2018. Vol. 37, N. 4. P. 20–25. doi: 10.1109/MTS.2018.2876104
22. Lan Y.-J., Hsiao I.Y., Shih M.F. Effective learning design of game-based 3D virtual language learning environments for special education students // *Journal of Educational Technology & Society*. 2018. Vol. 21, N. 3. P. 213–227.
23. Newbutt N., Bradley R., Conley I. Using virtual reality head-mounted displays in schools with autistic children: Views, experiences, and future directions // *Cyberpsychol Behav Soc Netw*. 2020. Vol. 23, N. 1. P. 23–33. doi: 10.1089/cyber.2019.0206
24. Malihi M., Nguyen J., Cardy R.E., et al. Short report: Evaluating the safety and usability of head-mounted virtual reality compared to monitor-displayed video for children with autism spectrum disorder // *Autism*. 2020. Vol. 24, N. 7. P. 1924–1929. doi: 10.1177/1362361320934214
25. Sobel K. Immersive media and child development: Synthesis of a cross-sectoral meeting on virtual, augmented, and mixed reality and young children. Future of Childhood. New York: Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop, 2019. 41 p.
26. Vidhusha S., Divya B., Kavitha A., et al. Cognitive attention in autism using virtual reality learning tool. In: *IEEE 18th International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI*CC)*. 2019. P. 159–165. doi: 10.1109/ICCICC46617.2019.9146086
27. Kaimara P., Oikonomou A., Deliyannis I. Could virtual reality applications pose real risks to children and adolescents? A systematic review of ethical issues and concerns // *Virtual Real*. 2022. N. 26. P. 697–735. doi: 10.1007/s10055-021-00563-w
28. Roper T., Millen-Dutka L., Cobb S., Patel H. Collaborative virtual environment to facilitate game design evaluation with children with ASC // *International Journal of Human-Computer Interaction*. 2019. Vol. 35, N. 8. P. 692–705. doi: 10.1080/10447318.2018.1550179
29. Boo C., Alpers-Leon N., McIntyre N., et al. Conversation during a virtual reality task reveals new structural language profiles of children with ASD, ADHD, and comorbid symptoms of both // *J Autism Dev Disord*. 2022. Vol. 52, N. 7. P. 2970–2983. doi: 10.1007/s10803-021-05175-6

30. Fornasari L., Chittaro L., Ieronutti L., et al. Navigation and exploration of an urban virtual environment by children with autism spectrum disorder compared to children with typical development // *Research in Autism Spectrum Disorders*. 2013. Vol. 7, N. 8. P. 956–965. doi: 10.1016/j.rasd.2013.04.007
31. Ke F., Moon J. Virtual collaborative gaming as social skills training for high-functioning autistic children // *Br J Educ Technol*. 2018. Vol. 49, N. 4. P. 728–741. doi: 10.1111/bjet.12626
32. Nathanson A.I. Sleep and technology in early childhood // *Psychiatr Clin North Am*. 2024. Vol. 47, N. 1. P. 15–26. doi: 10.1016/j.psc.2023.06.002
33. Wolde A., Aydiko A. Sleep quality among adolescents and its relation to inhalant, khat, and internet use, and physical illness: A community-based exploratory cross-sectional study // *Global Pediatric Health*. 2022. N. 9. P. 1–11. doi: 10.1177/2333794X221125075
34. Alanko D. The health effects of video games in children and adolescents // *Pediatr Rev*. 2023. Vol. 44, N. 1. P. 23–32. doi: 10.1542/pir.2022-005666
35. Kowal M., Conroy E., Ramsbottom N., et al. Gaming your mental health: A narrative review on mitigating symptoms of depression and anxiety using commercial video games // *JMIR Serious Games*. 2021. Vol. 9, N. 2. P. e26575. doi: 10.2196/26575
36. Clay C.J., Schmitz B.A., Balakrishnan B., et al. Feasibility of virtual reality behavior skills training for preservice clinicians // *J Appl Behav Anal*. 2021. Vol. 54, N. 2. P. 547–565. doi: 10.1002/jaba.809
37. Dechsling A., Shic F., Zhang D., et al. Virtual reality and naturalistic developmental behavioral interventions for children with autism spectrum disorder // *Res Dev Disabil*. 2021. N. 111. P. 103885. doi: 10.1016/j.ridd.2021.103885
38. Genova H.M., Lancaster K., Morecraft J., et al. A pilot RCT of virtual reality job interview training in transition-age youth on the autism spectrum // *Research in Autism Spectrum Disorders*. 2021. N. 89. P. 101878. doi: 10.1016/j.rasd.2021.101878
39. Johnston D., Egermann H., Kearney G. SoundFields: A virtual reality game designed to address auditory hypersensitivity in individuals with autism spectrum disorder // *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10, N. 9. P. 2996. doi: 10.3390/app10092996
40. Johnston D., Egermann H., Kearney G. The use of binaural based spatial audio in the reduction of auditory hypersensitivity in autistic young people // *Int J Environ Res Public Health*. 2022. Vol. 19, N. 19. P. 12474. doi: 10.3390/ijerph191912474
41. Maskey M., Lowry J., Rodgers J., et al. Reducing specific phobia/fear in young people with autism spectrum disorders (ASDs) through a virtual reality environment intervention // *PloS One*. 2014. Vol. 9, N. 7. P. e100374. doi: 10.1371/journal.pone.0100374
42. Smith M.J., Sherwood K., Ross B., et al. Virtual interview training for autistic transition age youth: A randomized controlled feasibility and effectiveness trial // *Autism*. 2021. Vol. 25, N. 6. P. 1536–1552. doi: 10.1177/1362361321989928
43. Ahmad Lawan A., Ibrahim Yarima K., Ibrahim Usman H., et al. A systematic literature review on the efficacy of emerging computer technologies in inclusive education for students with autism spectrum disorder // *OBM Neurobiol*. 2023. Vol. 7, N. 2. P. 172. doi: 10.21926/obm.neurobiol.2302172
44. Charlton C.T., Kellems R.O., Black B., et al. Effectiveness of avatar-delivered instruction on social initiations by children with Autism Spectrum Disorder // *Research in Autism Spectrum Disorders*. 2020. N. 71. P. 101494. doi: 10.1016/j.rasd.2019.101494
45. Li J., Zheng Z., Chai Y., et al. FaceMe: An agent-based social game using augmented reality for the emotional development of children with autism spectrum disorder // *Int J Hum Comput Stud*. 2023. Vol. 175. P. 103032. doi: 10.1016/j.ijhcs.2023.103032
46. Rosenbloom R., Mason R.A., Wills H.P., Mason B.A. Technology delivered self-monitoring application to promote successful inclusion of an elementary student with autism // *Assist Technol*. 2016. Vol. 28, N. 1. P. 9–16. doi: 10.1080/10400435.2015.1059384
47. Maskey M., McConachie H., Rodgers J., et al. An intervention for fears and phobias in young people with autism spectrum disorders using flat screen computer-delivered virtual reality and cognitive behaviour therapy // *Research in Autism Spectrum Disorders*. 2019. N. 59. P. 58–67. doi: 10.1016/j.rasd.2018.11.005
48. Zhao W., Xu S., Zhang Y., et al. The application of extended reality in treating children with autism spectrum disorder // *Neurosci Bull*. 2024. Vol. 40. P. 1189–1204. doi: 10.1007/s12264-024-01190-6
49. Dechsling A., Orm S., Kalandadze T., et al. Virtual and augmented reality in social skills interventions for individuals with autism spectrum disorder: A scoping review // *J Autism Dev Disord*. 2022. Vol. 52, N. 11. P. 4692–4707. doi: 10.1007/s10803-021-05338-5
50. Kumazaki H., Warren Z., Swanson A., et al. Brief report: Evaluating the utility of varied technological agents to elicit social attention from children with autism spectrum disorders // *J Autism Dev Disord*. 2019. Vol. 49, N. 4. P. 1700–1708. doi: 10.1007/s10803-018-3841-1
51. Lorenzo G., Lledó A., Arráez-Vera G., Lorenzo-Lledó A. The application of immersive virtual reality for students with ASD: A review between 1990–2017 // *Education and Information Technologies*. 2019. Vol. 24, N. 1. P. 127–151. doi: 10.1007/s10639-018-9766-7
52. Mosher M.A., Carreon A.C., Craig S.L., Ruhter L.C. Immersive technology to teach social skills to students with autism spectrum disorder: A literature review // *Review Journal of Autism Disorders*. 2022. N. 9. P. 334–350. doi: 10.1007/s40489-021-00259-6
53. Guo Y., Liu H., Sun Y., Ren Y. Virtual human pose estimation in a fire education system for children with autism spectrum disorders // *Multimedia Syst*. 2024. Vol. 30, N. 2. P. 84. doi: 10.1007/s00530-024-01274-3
54. Bailey B., Bryant L., Hemsley B. Virtual reality and augmented reality for children, adolescents, and adults with communication disability and neurodevelopmental disorders: A systematic review // *Rev J Autism Dev Disord*. 2022. N. 9. P. 160–183. doi: 10.1007/s40489-020-00230-x
55. Mesa-Gresa P., Gil-Gómez H., Lozano-Quilis J.A., Gil-Gómez J.A. Effectiveness of virtual reality for children and adolescents with autism spectrum disorder: An evidence-based systematic review // *Sensors*. 2018. Vol. 18, N. 8. P. 2486. doi: 10.3390/s18082486
56. Mac Carthaigh S. Beyond biomedicine: Challenging conventional conceptualisations of autism spectrum conditions // *Disabil Soc*. 2020. Vol. 35, N. 1. P. 52–66. doi: 10.1080/09687599.2019.1605884
57. Späth E.M.A., Jongsma K.R. Autism, autonomy, and authenticity // *Med Health Care and Philos*. 2020. N. 23. P. 73–80. doi: 10.1007/s11019-019-09909-3
58. Мухарямова Л., Савельева Ж., Кузнецова И., Гарапшна Л. Аутизм в России: противоречивое поле диагностики и статистики // *Журнал исследований социальной политики*. 2021. Т. 19, № 3. С. 437–450. doi: 10.17323/727-0634-2021-19-3-437-450
59. McDonald T.A.M., Lalani S., Chen I., et al. Appropriateness, acceptability, and feasibility of a neurodiversity-based self-determination program for autistic adults // *J Autism Dev Disord*. 2023. Vol. 53, N. 8. P. 2933–2953. doi: 10.1007/s10803-022-05598-9
60. Lorenzo G., Gómez-Puerta M., Arráez-Vera G., Lorenzo-Lledó A. Preliminary study of augmented reality as an instrument for improvement of social skills in children with autism spectrum disorder // *Educ Inf Technol*. 2019. N. 24. P. 181–204. doi: 10.1007/s10639-018-9768-5

61. Parsons T.D. Neuroethics in educational technology: Keeping the brain in mind when developing frameworks for ethical decision-making: Learning in the age of emerging technologies. In: Parsons T, Lin L., Cockerham D. (eds). *Mind, brain and technology: Learning in the age of emerging technologies*. Springer, 2019. p. 195–209. doi: 10.1007/978-3-030-02631-8_11
62. Cooper J.O., Heron T.E., Heward W.L. *Applied behavior analysis*. 3rd edition. Hoboken, NJ: Pearson Education, 2019. 752 p.
63. American Psychiatric Association. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. 5th Edition. Arlington, VA: American Psychiatric Association, 2013. Режим доступа: <https://psychiatryonline.org/doi/book/10.1176/appi.books.9780890425596> Дата обращения: 30.01.2024. doi: 10.1176/appi.books.9780890425596
64. Tseng A., Biagianti B., Francis S.M., et al. Social cognitive interventions for adolescents with autism spectrum disorders: A systematic review // *J Affect Disord*. 2020. N. 274. P. 199–204. doi: 10.1016/j.jad.2020.05.134
65. Van Pelt B.J., Nijman S.A., van Haren N.E.M., et al. Dynamic interactive social cognition training in virtual reality (DiSCoVR) for adults with autism spectrum disorder: A feasibility study // *Research in Autism Spectrum Disorders*. 2022. N. 96. P. 102003. doi: 10.1016/j.rasd.2022.102003
66. Mukhamedshina Y.O., Fayzullina R.A., Nigmatullina I.A., et al. Health care providers' awareness on medical management of children with autism spectrum disorder: Cross-sectional study in Russia // *BMC Med Educ*. 2022. Vol. 22, N. 1. P. 29. doi: 10.1186/s12909-021-03095-8
67. Гамирова Р.Г., Сафина А.Р., Горобец Е.А., Сафина Д.Р. Расстройства аутистического спектра у детей: диагностическая значимость электроэнцефалографии // *Вестник современной клинической медицины*. 2023. Т. 16, № 2. С. 80–88. doi: 10.20969/VSKM.2023.16(2).80-88
68. Кузнецова И.Б., Мухарьямова Л.М., Савельева Ж.В., и др. Качество жизни семей с детьми с расстройствами аутистического

спектра в сравнении с качеством жизни семей с нейротипичными: результаты опроса и интервью // *Вестник современной клинической медицины*. 2022. Т. 15, № 2. С. 36–43. doi: 10.20969/VSKM.2022.15(2).36-43

69. Нигматуллина И., Садретдинова Э., Долотказина А., и др. Система комплексного сопровождения детей с расстройствами аутистического спектра: региональный опыт // *Образование и саморазвитие*. 2022. Т. 17, № 3. С. 296–316. doi: 10.26907/esd.173.21
70. Семина И.И., Мухарьямова Л.М., Сабиров И.С., и др. Современное состояние проблемы расстройств аутистического спектра — некоторые медико-биологические и социально-гуманитарные аспекты // *Казанский медицинский журнал*. 2019. Т. 100, № 6. С. 918–929. doi: 10.17816/KMJ2019-918
71. Фаррахов А.З., Игнашина Е.Г., Садыков М.М., Зубова Е.П. Опыт Республики Татарстан в реализации модели раннего вмешательства по сопровождению детей раннего возраста с нарушениями развития и ограниченными возможностями // *Казанский медицинский журнал*. 2014. Т. 95, № 5. С. 697–702. doi: 10.17816/KMJ2218
72. American Academy of Pediatrics: Family media plan. 2019. Режим доступа: <https://www.healthychildren.org/English/media/Pages/default.aspx> Дата обращения: Nov 07, 2023.
73. Kugurakova V., Elizarov A., Khafizov M., et al. Towards the immersive VR: Measuring and assessing realism of user experience // *Proceedings of International Conference on Artificial Life and Robotics*. 2018. N. 23. P. 146–152. doi: 10.5954/ICAROB.2018.GS6-4
74. Kugurakova V.V., Golovanova I.I., Kabardov M.K., et al. Scenario approach for training classroom management in virtual reality // *Online Journal of Communication and Media Technologies*. 2023. Vol. 13, N. 3. P. 202328. doi: 10.30935/ojcm/13195
75. Шараяева В.В., Кугуракова В.В., Галиева С.В., Зинченко Р.А. Подходы к проектированию виртуальных тренажеров хирургических операций // *Электронные библиотеки*. 2022. Т. 25, № 5. С. 489–532. doi: 10.26907/1562-5419-2022-25-5-489-532

REFERENCES

1. Lorenzo G, Lledó A, Pomares J, Roig R. Design and application of an immersive virtual reality system to enhance emotional skills for children with autism spectrum disorders. *Computers & Education*. 2016;98:192–205. doi: 10.1016/j.compedu.2016.03.018
2. Maenner MJ, Warren T, Williams AR, Amoakohene E, Bakian AV, Bilder DA, Durkin MS, Fitzgerald RT, Furnier SM, Hughes MM, Ladd-Acosta CM, McArthur D, Pas ET, Salinas A, Vehorn A, Williams S, Esler A, Grzybowski A, Hall-Lande J, Nguyen RHN, Pierce K, Zahorodny W, Hudson A, Hallas L, Mancilla KC, Patrick M, Shenouda J, Sidwell K, DiRienzo M, Gutierrez J, Spivey MH, Lopez M, Pettygrove S, Schwenk YD, Washington A, Shaw KA. Prevalence and characteristics of autism spectrum disorder among children aged 8 years — autism and developmental disabilities monitoring network, 11 sites, United States, 2020. *MMWR Surveill Summ*. 2023;72(SS-2):1–14. doi: 10.15585/MMWR.SS7202A1
3. Fombonne E, MacFarlane H, Salem AC. Epidemiological surveys of ASD: Advances and remaining challenges. *J Autism Dev Disord*. 2021;51:4271–4290. doi: 10.1007/s10803-021-05005-9
4. Keshav NU, Vahabzadeh A, Abdus-Sabur R, Huey K, Salisbury JP, Liu R, Sahin N. Longitudinal socio-emotional learning intervention for autism via smartglasses: Qualitative school teacher descriptions of practicality, usability, and efficacy in general and special education classroom settings. *Education in Science*. 2018;8(3):107. doi: 10.3390/educsci8030107
5. Zeidan J, Fombonne E, Scora J, Ibrahim A, Durkin MS, Saxena S, Yusuf A, Shih A, Elsabbagh M. Global prevalence of autism: A systematic review update. *Autism Res*. 2022;15(5):778–790. doi: 10.1002/aur.2696
6. *Analytical report on the state of education of students with autism spectrum disorders in the constituent entities of the Russian Federation in 2022, FRC ASD*. (In Russ.) Available from: <https://autism-frc.ru/education/monitoring/1509> Accessed: Nov 7, 2023.
7. Khaustov AV, Schumskih MA. Trends in the inclusion of children with ASD in the general education system: All-Russian monitoring results. *Autism & Developmental Disorders*. 2023;21(3):5–17. (In Russ.) doi: 10.17759/autdd.2023210301
8. Solmi M, Song M, Yon DK, Lee SW, Fombonne E, Kim MS, Park S, Lee MH, Hwang J, Keller R, Koyanagi A, Jacob L, Dragioti E, Smith L, Correll CU, Fusar-Poli P, Croatto G, Carvalho AF, Oh JW, Lee S, Gosling CJ, Cheon KA, Mavridis D, Chu CS, Liang CS, Radua J, Boyer L, Fond G, Shin JI, Cortese S. Incidence, prevalence, and global burden of autism spectrum disorder from 1990 to 2019 across 204 countries. *Mol Psychiatry*. 2022;27(10):4172–4180. doi: 10.1038/s41380-022-01630-7
9. Lord C, Elsabbagh M, Baird G, Veenstra-Vanderweele J. Autism spectrum disorder. *Lancet*. 2018;392(10146):508–520. doi: 10.1016/S0140-6736(18)31129-2
10. Hume K, Steinbrenner JR, Odom SL, Morin KL, Nowell SW, Tomaszewski B, Zsenedy S, McIntyre NS, Yucsey-Ozkan S, Savage MN.

- Evidence-based practices for children, youth, and young adults with autism: Third generation review. *J Autism Dev Disord.* 2021;51:4013–4032. doi: 10.1007/s10803-020-04844-2
11. Chereneva EA, Belyaeva OL, Stoyanova IYa. Current approaches to differential diagnostics of autism spectrum disorders and similar conditions. *Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Sciences.* 2022;15(3):381–389. doi: 10.17516/1997–1370–0475
 12. Da Silva AL, Bissaco MAS. Educational platform for support in the experience, communication and behavior of children with autism spectrum disorder. *Research on Biomedical Engineering.* 2022;38:701–731. doi: 10.1007/s42600-022-00203-5
 13. Bakhtiarvand M. The impact of augmented reality on the social skills of children with high functioning autism. *RISS Journal.* 2021;2(2):156–160. doi: 10.47175/rissj.v2i2.227
 14. Lledó GL, Lledó A, Gilabert-Cerdá A, Lorenzo-Lledó A. The use of augmented reality to improve the development of activities of daily living in students with ASD. *Educ Inf Technol.* 2022;27:4865–4885. doi: 10.1007/s10639-021-10805-8
 15. Maye M, Sanchez VE, Stone-MacDonald A, Carter AS. Early interventionists' appraisals of intervention strategies for toddlers with autism spectrum disorder and their peers in inclusive childcare classrooms. *J Autism Dev Disord.* 2020;50(11):4199–4208. doi: 10.1007/s10803-020-04456-w
 16. Cox DJ, Brown T, Ross V, Moncrief M, Schmitt R, Gaffney G, Reeve R. Can youth with autism spectrum disorder use virtual reality driving simulation training to evaluate and improve driving performance? An exploratory study. *J Autism Dev Disord.* 2017;47(8):2544–2555. doi: 10.1007/s10803-017-3164-7
 17. Ledbetter-Cho K, Lang R, Davenport K, Moore M, Lee A, O'Reilly M, Watkins L, Falcomata T. Behavioral skills training to improve the abduction-prevention skills of children with autism. *Behav Anal Pract.* 2016;9(3):266–270. doi: 10.1007/s40617-016-0128-x
 18. McCleery JP, Zitter A, Solórzano R, Turnacioglu S, Miller JS, Ravindran V, Parish-Morris J. Safety and feasibility of an immersive virtual reality intervention program for teaching police interaction skills to adolescents and adults with autism. *Autism Res.* 2020;13(8):1418–1424. doi: 10.1002/aur.2352
 19. Miller IT, Wiederhold BK, Miller CS, Wiederhold MD. Virtual reality air travel training with children on the autism spectrum: A preliminary report. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* 2020;23(1):10–15. doi: 10.1089/cyber.2019.0093
 20. Tychsen L, Foeller P. Effects of immersive virtual reality headset viewing on young children: Visuomotor function, postural stability, and motion sickness. *Am J Ophthalmol.* 2020;209:151–159. doi: 10.1016/j.ajo.2019.07.020
 21. Kenwright B. Virtual reality: ethical challenges and dangers. *IEEE Technol Soc Mag.* 2018;37(4):20–25. doi: 10.1109/MTS.2018.2876104
 22. Lan Y-J, Hsiao IY, Shih MF. Effective learning design of game-based 3D virtual language learning environments for special education students. *Journal of Educational Technology & Society.* 2018;21(3):213–227.
 23. Newbutt N, Bradley R, Conley I. Using virtual reality head-mounted displays in schools with autistic children: Views, experiences, and future directions. *Cyberpsychol Behav Soc Netw.* 2020;23(1):23–33. doi: 10.1089/cyber.2019.0206
 24. Malihi M, Nguyen J, Cardy RE, Eldon S, Petta C, Kushki A. Short report: Evaluating the safety and usability of head-mounted virtual reality compared to monitor-displayed video for children with autism spectrum disorder. *Autism.* 2020;24(7):1924–1929. doi: 10.1177/1362361320934214
 25. Sobel K. *Immersive media and child development: Synthesis of a cross-sectoral meeting on virtual, augmented, and mixed reality and young children. Future of childhood.* New York: Joan Ganz Cooney Center at Sesame Workshop; 2019. 41 p.
 26. Vidhusa S, Divya B, Kavitha A, Viswath Narayanan R, Yaamini D. Cognitive attention in autism using virtual reality learning tool. In: *IEEE 18th International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI*CC).* 2019. p. 159–165. doi: 10.1109/IC-CICC46617.2019.9146086
 27. Kaimara P, Oikonomou A, Deliyannis I. Could virtual reality applications pose real risks to children and adolescents? A systematic review of ethical issues and concerns. *Virtual Real.* 2022;26:697–735. doi: 10.1007/s10055-021-00563-w
 28. Roper T, Millen-Dutka L, Cobb S, Patel H. Collaborative virtual environment to facilitate game design evaluation with children with ASC. *International Journal of Human-Computer Interaction.* 2019;35(8):692–705. doi: 10.1080/10447318.2018.1550179
 29. Boo C, Alpers-Leon N, McIntyre N, Mundy P, Naigles L. Conversation during a virtual reality task reveals new structural language profiles of children with ASD, ADHD, and comorbid symptoms of both. *J Autism Dev Disord.* 2022;52(7):2970–2983. doi: 10.1007/s10803-021-05175-6
 30. Fornasari L, Chittaro L, Ieronutti L, Mundy P, Naigles L. Navigation and exploration of an urban virtual environment by children with autism spectrum disorder compared to children with typical development. *Research in Autism Spectrum Disorders.* 2013;7(8):956–965. doi: 10.1016/j.rasd.2013.04.007
 31. Ke F, Moon J. Virtual collaborative gaming as social skills training for high-functioning autistic children. *Br J Educ Technol.* 2018;49(4):728–741. doi: 10.1111/bjet.12626
 32. Nathanson AI. Sleep and technology in early childhood. *Psychiatr Clin North Am.* 2024;47(1):15–26. doi: 10.1016/j.psc.2023.06.002
 33. Wolde A, Aydiko A. Sleep quality among adolescents and its relation to inhalant, khat, and internet use, and physical illness: A community-based exploratory cross-sectional study. *Global Pediatric Health.* 2022;9. doi: 10.1177/2333794X221125075
 34. Alanko D. The health effects of video games in children and adolescents. *Pediatr Rev.* 2023;44(1):23–32. doi: 10.1542/pir.2022-005666
 35. Kowal M, Conroy E, Ramsbottom N, Smithies T, Toth A, Campbell M. Gaming your mental health: A narrative review on mitigating symptoms of depression and anxiety using commercial video games. *JMIR Serious Games.* 2021;9(2):e26575. doi: 10.2196/26575
 36. Clay CJ, Schmitz BA, Balakrishnan B, Hopfenblat JP, Evans A, Kahng S. Feasibility of virtual reality behavior skills training for pre-service clinicians. *J Appl Behav Anal.* 2021;54(2):547–565. doi: 10.1002/jaba.809
 37. Dechsling A, Shic F, Zhang D, Marschik PB, Esposito G, Orm S, Sütterlin S, Kalandadze T, Øien RA, Nordahl-Hansen A. Virtual reality and naturalistic developmental behavioral interventions for children with autism spectrum disorder. *Res Dev Disabil.* 2021;111:103885. doi: 10.1016/j.ridd.2021.103885
 38. Genova HM, Lancaster K, Morecraft J, Haas M, Edwards A, DiBenedetto M, Smith MJ. A pilot RCT of virtual reality job interview training in transition-age youth on the autism spectrum. *Research in Autism Spectrum Disorders.* 2021;89:101878. doi: 10.1016/j.rasd.2021.101878
 39. Johnston D, Egermann H, Kearney G. SoundFields: A virtual reality game designed to address auditory hypersensitivity in individuals with autism spectrum disorder. *Applied Sciences.* 2020;10(9):2996. doi: 10.3390/app10092996
 40. Johnston D, Egermann H, Kearney G. The use of binaural based spatial audio in the reduction of auditory hypersensitivity in autistic young people. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(19):12474. doi: 10.3390/ijerph191912474

41. Maskey M, Lowry J, Rodgers J, McConachie H, Parr JR. Reducing specific phobia/fear in young people with autism spectrum disorders (ASDs) through a virtual reality environment intervention. *PLoS ONE*. 2014;9(7):e100374. doi: 10.1371/journal.pone.0100374
42. Smith MJ, Sherwood K, Ross B, Smith JD, DaWalt L, Bishop L, Humm L, Elkins J, Steacy C. Virtual interview training for autistic transition age youth: A randomized controlled feasibility and effectiveness trial. *Autism*. 2021;25(6):1536–1552. doi: 10.1177/1362361321989928
43. Ahmad Lawan A, Ibrahim Yarima K, Ibrahim Usman H, Isah Abba S, Usman Yakubu H, Garba Musa A. A systematic literature review on the efficacy of emerging computer technologies in inclusive education for students with autism spectrum disorder. *OBM Neurobiol*. 2023;7(2):172. doi: 10.21926/obm.neurobiol.2302172
44. Charlton CT, Kellems RO, Black B, Bussey HC, Ferguson R, Gonçalves B, Jensen M, Vallejo S. Effectiveness of avatar-delivered instruction on social initiations by children with autism spectrum disorder. *Research in Autism Spectrum Disorders*. 2020;71:101494. doi: 10.1016/j.rasd.2019.101494
45. Li J, Zheng Z, Chai Y, Li X, Wei X. FaceMe: An agent-based social game using augmented reality for the emotional development of children with autism spectrum disorder. *Int J Hum Comput Stud*. 2023;175:103032. doi: 10.1016/j.ijhcs.2023.103032
46. Rosenbloom R, Mason RA, Wills HP, Mason BA. Technology delivered self-monitoring application to promote successful inclusion of an elementary student with autism. *Assist Technol*. 2016;28(1):9–16. doi: 10.1080/10400435.2015.1059384
47. Maskey M, McConachie H, Rodgers J, Grahame V, Maxwell J, Tavernor L, Parr JR. An intervention for fears and phobias in young people with autism spectrum disorders using flat screen computer-delivered virtual reality and cognitive behaviour therapy. *Research in Autism Spectrum Disorders*. 2019;59:58–67. doi: 10.1016/j.rasd.2018.11.005
48. Zhao W, Xu S, Zhang Y, Li D, Zhu C, Wang K. The application of extended reality in treating children with autism spectrum disorder. *Neurosci Bull*. 2024;40:1189–1204. doi: 10.1007/s12264-024-01190-6
49. Dechsling A, Orm S, Kalandadze T, Sütterlin S, Øien RA, Shic F, Nordahl-Hansen A. Virtual and augmented reality in social skills interventions for individuals with autism spectrum disorder: A Scoping Review. *J Autism Dev Disord*. 2022;52(11):4692–4707. doi: 10.1007/s10803-021-05338-5
50. Kumazaki H, Warren Z, Swanson A, Yoshikawa Y, Matsumoto Y, Yoshimura Y, Shimaya J, Ishiguro H, Sarkar N, Wade J, Mimura M, Minabe Y, Kikuchi M. Brief report: Evaluating the utility of varied technological agents to elicit social attention from children with autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord*. 2019;49(4):1700–1708. doi: 10.1007/s10803-018-3841-1
51. Lorenzo G, Lledó A, Arráez-Vera G, Lorenzo-Lledó A. The application of immersive virtual reality for students with ASD: A review between 1990–2017. *Education and Information Technologies*. 2019;24(1):127–151. doi: 10.1007/s10639-018-9766-7
52. Mosher MA, Carreon AC, Craig SL, Ruhter LC. Immersive technology to teach social skills to students with autism spectrum disorder: A literature review. *Review Journal of Autism Disorders*. 2022;9:334–350. doi: 10.1007/s40489-021-00259-6
53. Guo Y, Liu H, Sun Y, Ren Y. Virtual human pose estimation in a fire education system for children with autism spectrum disorders. *Multi-media Syst*. 2024;30(2):84. doi: 10.1007/s00530-024-01274-3
54. Bailey B, Bryant L, Hemsley B. Virtual reality and augmented reality for children, adolescents, and adults with communication disabilities and neurodevelopmental disorders: A systematic review. *Rev J Autism Dev Disord*. 2022;9:160–183. doi: 10.1007/s40489-020-00230-x
55. Mesa-Gresa P, Gil-Gómez H, Lozano-Quilis JA, Gil-Gómez JA. Effectiveness of virtual reality for children and adolescents with autism spectrum disorder: An evidence-based systematic review. *Sensors*. 2018;18(8):2486. doi: 10.3390/s18082486
56. Mac Carthaigh S. Beyond biomedicine: Challenging conventional conceptualisations of autism spectrum conditions. *Disabil Soc*. 2020;35(1):52–66. doi: 10.1080/09687599.2019.1605884
57. Späth EMA, Jongsma KR. Autism, autonomy, and authenticity. *Med Health Care and Philos*. 2020;23:73–80. doi: 10.1007/s11019-019-09909-3
58. Mukharyamova L, Saveleva Z, Kuznetsova I, Garapshina L. Autism in Russia: A Contradictory Field of Diagnostics and Statistics. *The Journal of Social Policy Studies*. 2021;19(3):437–450. (In Russ.) doi: 10.17323/727-0634-2021-19-3-437-450
59. McDonald TAM, Lalani S, Chen I, Cotton CM, MacDonald L, Bour-soulain LJ, Wang J, Malow BA. Appropriateness, acceptability, and feasibility of a neurodiversity-based self-determination program for autistic adults. *J Autism Dev Disord*. 2023;53(8):2933–2953. doi: 10.1007/s10803-022-05598-9
60. Lorenzo G, Gómez-Puerta M, Arráez-Vera G., Lorenzo-Lledó A. Preliminary study of augmented reality as an instrument for improvement of social skills in children with autism spectrum disorder. *Educ Inf Technol*. 2019;24:181–204. doi: 10.1007/s10639-018-9768-5
61. Parsons TD. Neuroethics in educational technology: Keeping the brain in mind when developing frameworks for ethical decision-making: Learning in the age of emerging technologies. In: Parsons T, Lin L, Cockerham D, editors. *Mind, brain and technology: Learning in the age of emerging technologies*. Springer; 2019. p. 195–209. doi: 10.1007/978-3-030-02631-8_11
62. Cooper JO, Heron TE, Heward WL. *Applied behavior analysis*. 3rd edition. Hoboken, NJ: Pearson Education; 2019. 752 p.
63. American Psychiatric Association. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*. 5th Edition. Arlington, VA: American Psychiatric Association, 2013. Available from: <https://psychiatryonline.org/doi/book/10.1176/appi.books.9780890425596> Accessed: Jan 30, 2024. doi: 10.1176/appi.books.9780890425596
64. Tseng A, Biagiatti B, Francis SM, Conelea CA, Jacob S. Social cognitive interventions for adolescents with autism spectrum disorders: A systematic review. *J Affect Disord*. 2020;274:199–204. doi: 10.1016/j.jad.2020.05.134
65. Van Pelt BJ, Nijman SA, van Haren NEM, Veling W, Pijnenborg GHM, van Balkom IDC, Landlust AM, Greaves-Lord K. Dynamic interactive social cognition training in virtual reality (DiSCoVR) for adults with autism spectrum disorder: A feasibility study. *Research in Autism Spectrum Disorders*. 2022;96:102003. doi: 10.1016/j.rasd.2022.102003
66. Mukhamedshina YO, Fayzullina RA, Nigmatullina IA, Rutland CS, Vasina VV. Health care providers' awareness on medical management of children with autism spectrum disorder: Cross-sectional study in Russia. *BMC Med Educ*. 2022;22(1):29. doi: 10.1186/s12909-021-03095-8
67. Gamirova RG, Safina AR, Gorobets EA, Safina DR. Autism spectrum disorder in children: diagnostic significance of electroencephalography. *The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine*. 2023;16(2):80–88. (In Russ.) doi: 10.20969/VSKM.2023.16(2).80-88
68. Kuznetsova IB, Mukharyamova LM, Saveleva JV, Garapshina LR, Kuznetsov MS. The quality of life of families with children with autism spectrum disorders in comparison with the quality of life of families with neurotypical children: survey results and interviews. *The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine*. 2022;15(2):36–43. (In Russ.) doi: 10.20969/VSKM.2022.15(2).36-43
69. Nigmatullina I, Sadretdinova E, Dolotkazina A, Davydova E, Mamokhina U, Dergacheva E, Madova N, Vinevskaya A. Comprehensive

support system for children with autism spectrum disorder: Regional experience. *Education and self-development*. 2022;17(3):296–316. (In Russ.) doi: 10.26907/esd.17.3.21

70. Semina II, Mukharyamova LM, Sabirov IS, Valeeva EV, Safiullina LR, Nikitin DO. The current state of the problem of autism spectrum disorders — some biomedical and socio-humanitarian aspects. *Kazan Medical Journal*. 2019;100(6):918–929. (In Russ.) doi: 10.17816/KMJ2019-918

71. Farrakhov AZ, Ignashina EG, Sadykov MM, Zubova EP. Experience of the Republic of Tatarstan in the implementation of early intervention model to support infants with developmental disorders and disabilities. *Kazan Medical Journal*. 2014;95(5):697–702. (In Russ.) doi: 10.17816/KMJ2218

72. *American Academy of Pediatrics: Family media plan*. 2019. Available from: <https://www.healthychildren.org/English/media/Pages/default.aspx> Accessed: Nov 07, 2023.

73. Kugurakova V, Elizarov A, Khafizov M, Lushnikov A, Nizamutdinov A. Towards the immersive VR: Measuring and assessing realism of user experience. *Proceedings of International Conference on Artificial Life and Robotics*. 2018;23:146–152. doi: 10.5954/ICAROB.2018.GS6-4

74. Kugurakova VV, Golovanova II, Kabardov MK, Kosheleva YP, Koroleva IG, Sokolova NL. Scenario approach for training classroom management in virtual reality. *Online Journal of Communication and Media Technologies*. 2023;13(3):e202328. doi: 10.30935/ojcm/13195

75. Sharaeva VV, Kugurakova VV, Galieva SV, Zinchenko RA. Approaches to the development of virtual surgical training. *Russian Digital Libraries Journal*. 2022;25(5):489–532. (In Russ.) doi: 10.26907/1562-5419-2022-25-5-489-532

ОБ АВТОРАХ

Кугуракова Влада Владимировна, канд. тех. наук, доц., каф. программной инженерии, ст. науч. сотр., научно-исследовательская лаборатория Digital Media Lab, Институт информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский федеральный (Приволжский) университет, г. Казань, Россия; ORCID: 0000-0002-1552-4910; eLibrary SPIN: 2678-6374; e-mail: vlada.kugurakova@gmail.com

***Гузельбаева Гузель Яхиевна**, канд. соц. наук, доц., ст. науч. сотр., научно-исследовательская лаборатория Digital Media Lab, Институт информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский федеральный (Приволжский) университет; доц., каф. истории, философии и социологии, ФГБОУ ВО Казанский ГМУ Минздрава России, г. Казань, Россия; ORCID: 0000-0002-9123-1124; eLibrary SPIN: 1071-2009; e-mail: Guzel.Guzelbaeva@kpfu.ru

Садретдинова Эльвира Азгамовна, канд. псих. наук, доц., зав., спец. детский сад для детей с РАС «Мы вместе» Казанского федерального университета; доц., каф. дошкольного образования, Институт психологии и образования, Казанский федеральный (Приволжский) университет, г. Казань, Россия; ORCID: 0000-0001-8808-6205; eLibrary SPIN: 3842-7763; e-mail: balan7@yandex.ru

Болтушкин Антон Александрович, мл. науч. сотр., научно-исследовательская SIM-лаборатория симуляционных технологий в биомедицине, Институт информационных технологий и интеллектуальных систем, Казанский федеральный (Приволжский) университет, г. Казань, Россия; ORCID: 0009-0000-8519-0306; e-mail: boltushkinalex@gmail.com

AUTHORS' INFO

Vlada V. Kugurakova, Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof., Depart. of Software Engineering; Head and Senior Researcher, Digital Media Lab, Institute of Information Technology and Intelligent Systems, Kazan Federal University, Kazan, Russia; ORCID: 0000-0002-1552-4910; eLibrary SPIN: 2678-6374; e-mail: vlada.kugurakova@gmail.com

***Guzel Ya. Guzelbaeva**, Cand. Sci. (Soc.), Assoc. Prof., Senior Researcher, Digital Media Lab, Institute of Information Technology and Intelligent Systems, Kazan Federal University; Assoc. Prof., Depart. of History, Philosophy and Sociology, Kazan State Medical University, Kazan, Russia; ORCID: 0000-0002-9123-1124; eLibrary SPIN: 1071-2009; e-mail: Guzel.Guzelbaeva@kpfu.ru

Elvira A. Sadretdinova, Cand. Sci. (Phsy.), Assoc. Prof., Head, Kindergarten for Children with ASD, Kazan Federal University; Assoc. Prof., Depart. of Preschool and Elementary Education, Institute of Psychology and Education, Kazan Federal University, Kazan, Russia; ORCID: 0000-0001-8808-6205; eLibrary SPIN: 3842-7763; e-mail: balan7@yandex.ru

Anton A. Boltushkin, Junior Researcher, Open Lab SIM — virtual and simulation technologies in biomedicine, Institute of Information Technology and Intelligent Systems, Kazan Federal University, Kazan, Russia; ORCID: 0009-0000-8519-0306; e-mail: boltushkinalex@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author