

ПРИБОРЫ, СИСТЕМЫ И ИЗДЕЛИЯ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ MEDICAL DEVICES, SYSTEMS AND PRODUCTS

УДК 004.946

doi: 10.21685/2307-5538-2024-2-8

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ НА ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ

А. К. Алимуратов¹, Д. С. Чернышов², О. С. Симакова³,
А. Н. Тычкова⁴, Д. Л. Овчинников⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹alansapfir@yandex.ru, ²deniska_1980_13@mail.ru, ³zcsio@mail.ru, ⁴tychkova-anna@mail.ru, ⁵dmitry_ovch@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Современные информационные технологии (машинное обучение, обработка больших данных, виртуальная (VR) и дополненная реальность и др.) открывают новые возможности перед специалистами в различных сферах деятельности. VR активно развивается и представляет собой перспективную область знаний в неврологии и психиатрии. VR предлагает альтернативу созданию стимулов, максимально приближенных к реальным. Целью данной работы является проведение аналитического обзора в предметной области и сформулировать предпосылки для создания адаптивных технологий виртуальной реальности на пути реабилитации пациентов. *Материалы и методы.* Выполнен поисковый запрос научно-технической литературы в открытых российских и международных базах данных. Проанализировано более 100 публикаций по направлению исследований, формулирующих предпосылки для создания адаптивных виртуальных решений. *Результаты.* Результаты исследования показали, что VR открывает новые возможности для индивидуализированного подхода к реабилитации пациентов, позволяя более точно оценить прогресс и адаптировать программы реабилитации под каждого пациента. *Выводы.* Виртуальная реальность также может быть использована для объективной оценки эффективности реабилитационных программ и измерения прогресса на основе качественных измерительных показателей, что в свою очередь способствует определению эффективности проводимых мероприятий по лечению пациентов.

Ключевые слова: виртуальная реальность, адаптивные технологии, неврология и психиатрия

Финансирование: работа выполнена в рамках проекта № FSGE-2023-0006 «Социально-средовая, социально-педагогическая и социально-психологическая реабилитация детей-инвалидов с психическими расстройствами и расстройствами поведения» за счет средств федерального бюджета.

Для цитирования: Алимуратов А. К., Чернышов Д. С., Симакова О. С., Тычкова А. Н., Овчинников Д. Л. Виртуальная реальность на пути повышения качества реабилитации пациентов // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2024. № 2. С. 67–72. doi: 10.21685/2307-5538-2024-2-8

VIRTUAL REALITY TO IMPROVE THE QUALITY OF PATIENT REHABILITATION

A.K. Alimuradov¹, D.S. Chernyshov², O.S. Simakova³,
A.N. Tychkova⁴, D.L. Ovchinnikov⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Penza State University, Penza, Russia

¹alansapfir@yandex.ru, ²deniska_1980_13@mail.ru, ³zcsio@mail.ru, ⁴tychkova-anna@mail.ru, ⁵dmitry_ovch@mail.ru

Abstract. *Background.* Modern information technologies (machine learning, big data processing, virtual (VR) and augmented reality, etc.) open up new opportunities for specialists in various fields of activity. VR is actively developing

and represents a promising area of knowledge in neurology and psychiatry. VR offers an alternative to creating stimuli that are as close to real as possible. The purpose of this work is to conduct an analytical review in the subject area and formulate prerequisites for the creation of adaptive virtual reality technologies on the path of patient rehabilitation. *Materials and methods.* A search request for scientific and technical literature was carried out in open Russian and international databases. More than 100 publications in the field of research were analyzed, formulating the prerequisites for creating adaptive virtual solutions. *Results.* The results of the study showed that VR opens up new opportunities for an individualized approach to the rehabilitation of patients, allowing more accurate assessment of progress and adaptation of rehabilitation programs to each patient. *Conclusions.* Virtual reality can also be used to objectively evaluate the effectiveness of rehabilitation programs and measure progress based on qualitative measurement indicators, which in turn helps determine the effectiveness of ongoing patient treatment interventions.

Keywords: virtual reality, adaptive technologies, neurology and psychiatry

Financing: the work was carried out within the framework of the FSGE-2023-0006 project "Socio-environmental, socio-pedagogical and socio-psychological rehabilitation of disabled children with mental disorders and behavioral disorders", at the expense of the federal budget.

For citation: Alimuradov A.K., Chernyshov D.S., Simakova O.S., Tychkova A.N., Ovchinnikov D.L. Virtual reality to improve the quality of patient rehabilitation. *Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol' = Measuring. Monitoring. Management. Control.* 2024;(2):67–72. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-5538-2024-2-8

Введение

В настоящее время в мире происходит глобальная цифровизация всех сфер жизни человека, в том числе здравоохранения. Современное поколение не может обойтись без множества цифровых и мобильных устройств. Виртуальная реальность (VR) как инструмент цифровизации общества и медицины способна искажать информацию, поступающую от органов чувств, изменяя реакции организма и взаимодействуя с созданной средой виртуальной реальности. Эта технология широко используется в играх, тренажерах различного назначения, системах медицинской диагностики и лечения пациентов.

Виртуальная реальность активно развивается и представляет собой перспективную область, особенно в неврологии и психиатрии. Она предлагает альтернативу созданию виртуальных стимулов, которые максимально приближены к реальным и позволяют человеку взаимодействовать с окружающей средой в различных ситуациях. Технология виртуальной реальности является инструментом для развития цифровизации общества и медицины, способным изменять и анализировать информацию от органов чувств, а также взаимодействовать с организмом через созданную виртуальную среду [1]. Технология виртуальной реальности находит широкое применение в игровой индустрии, симуляторах различного назначения, системах медицинской диагностики и лечения пациентов. В настоящее время виртуальная реальность является перспективным и динамично развивающимся направлением. Виртуальная реальность появилась как замена созданию виртуальных стимулов, которые максимально приближены к реальным и позволяют человеку взаимодействовать с окружающей средой в различных ситуациях.

Такая категория людей, как подростки, наиболее подвержена деформации психического состояния и искажению адекватного восприятия мира под воздействием внешних раздражителей, фиксируемых мозгом посредством воздействия виртуальной реальности. Эта категория людей как самостоятельно, так и под контролем родственников чаще всего обращается за медицинской помощью к неврологам. Для постановки диагноза и оценки тяжести состояния врачи субъективно собирают анамнез и интерпретируют субъективные психометрические шкалы. Поэтому отсутствие объективной инструментальной диагностики может привести к необъективной интерпретации и неправильной диагностике.

Уровень психоэмоциональной устойчивости на различные аудиовизуальные стимулы, формируемые современными гаджетами, может негативно влиять на когнитивные способности любого человека абсолютно индивидуально, приводя к снижению бдительности [2], сужению концентрации внимания, снижению кратковременной памяти [3] и снижению регуляции эмоций, что в свою очередь приводит к повышенному риску принятия решений [4] и снижению эффективности работы. Низкий уровень психоэмоциональной устойчивости также приводит к несчастным случаям в различных областях, например, в медицинской промышленности, в военном деле [5] и на транспорте.

Предпосылки для создания адаптивных виртуальных решений

Необходимо создать инструмент, который позволит адаптировать работу современных цифровых устройств под конкретного пользователя, исходя из его индивидуальных предпочтений и уровня психоэмоциональной устойчивости.

Виртуальная реальность – это тип человеко-компьютерного интерфейса, который позволяет пользователям взаимодействовать с компьютерами в режиме реального времени и погружаться в среду, созданную компьютерами. Пользователями VR являются более 40 млн человек в мире (2019 – 35 млн чел., 2020 – 42 млн чел.). Технология VR прошла длинный путь от первых экспериментов в 50-х гг. XX в. до современных беспроводных шлемов в 20-х гг. XXI в. [6]. Применение VR позволяет передавать аудиовизуальные стимулы более реалистично, чем традиционные терапевтические технологии, и обеспечивает безопасную и контролируруемую среду. В работе отмечается, что сценарии должны настраиваться в соответствии с состоянием пациента таким образом, чтобы страх, радость и другие эмоции пациента могли быть полностью выражены.

Технология виртуальной реальности оказывает эффективный обезболивающий эффект за счет механизма отвлечения [7], но также способствует активизации антиноцицептивной системы за счет положительных эмоций, которые вызывает среда, созданная с помощью технологии виртуальной реальности. Кроме того, технология виртуальной реальности не имеет выраженных побочных эффектов, таких, какие имеются у фармакологических методов обезболивания.

Основополагающей характеристикой виртуальной реальности, влияющей на особенности поведения и физиологические реакции человека, является визуальное (контент сцены) и аудиомызыкальное сопровождение. И то и другое без контроля со стороны специалиста может пагубно повлиять на работу организма в целом.

Визуальная составляющая виртуальной реальности обеспечивается за счет стереоскопической глубины изображения, которая создает иллюзию того, что человек видит в виртуальном пространстве [8]. Это дает разработчику ряд непосредственных преимуществ: больший контроль над представлением стимула, разнообразие вариантов ответа и потенциально повышенная достоверность. Все это приводит к более широкому использованию виртуальной реальности в качестве инструмента исследования во многих психологических областях, таких как психотерапия [9, 10], спортивная психология и социальные коммуникации [11].

Одним из факторов, определяющим присутствие человека в виртуальной сцене, является уровень погружения, описываемый как уровень сенсорной точности, предлагаемый системой виртуальной реальности. Уровень сенсорной точности характеризуется полем зрения, углом обзора, размером дисплея и стереоскопией [12]. Погружение в виртуальную реальность – это техническое описание возможностей системы, которое определяет уровень детализации, с которым может быть отображена виртуальная сцена. Присутствие же отражает психологическую реакцию пользователя на данную среду. Разные пользователи могут испытывать разный уровень присутствия в виртуальной среде, даже при одинаковом уровне погружения, в зависимости от различных факторов. Виртуальная среда лучше запоминается пользователями, вызывает интенсивные эмоциональные реакции [13], усиливает коммуникативные навыки и более успешно устраняет тревогу, связанную с реальными стрессовыми ситуациями [14]. В то же время создание окружающей среды вызывает ощущение присутствия, которое не полностью зависит от погружения.

В последние годы увеличилось количество пациентов, в том числе детского возраста, страдающих от психических расстройств. Эти расстройства, включая аутизм, депрессию, тревогу и дефицит внимания с гиперактивностью, влияют на качество жизни детей и могут ограничивать их способность общаться, учиться и адаптироваться в обществе [15]. Одной из причин актуальности исследования VR для реабилитации пациентов с психическими нарушениями является ее способность предоставить контролируемое и безопасное окружение, в котором дети могут осваивать навыки и развиваться. Виртуальные среды могут быть настроены для специфических потребностей каждого человека и позволят им тренироваться в ситуациях, которые они встречают в повседневной жизни, но которые могут вызывать стресс или тревогу. Например, дети с аутизмом могут тренироваться в социальных навыках и взаимодействии с окружающими людьми в виртуальном мире, что помогает им лучше адаптироваться в реальности, пациенты с социальной фобией могут учиться взаимодействовать с другими людьми через виртуальные сценарии, такие как разговоры или ситуации групповой деятельности [16].

Заключение

VR позволит предоставить индивидуализированный подход к реабилитации пациентов. В дальнейшем виртуальные среды будут адаптированы под конкретные потребности каждого человека, изменяя уровень сложности и интенсивности заданий. Это позволит специалистам лучше оценивать прогресс и подстраивать реабилитационные программы для каждого пациента. VR может быть использована для объективной оценки эффективности реабилитационных программ. Поскольку VR позволяет создавать стандартизированные задачи и сценарии, она сможет быть использована для измерения прогресса реабилитации на основе качественных измерительных показателей. Такая объективная оценка может помочь специалистам сопоставить конкретные достижения пациентов и определить эффективность проводимых мероприятий по их лечению.

Список литературы

1. Wood E., O'Brien A., Hall J. Effectiveness of Virtual Reality Training for Language Skills in Children with Autism // *Neuropsychologia*. 2013. Vol. 39, № 11. P. 1395–1396.
2. Hartley J., Heath J., Miller L. Emotion Regulation Through Virtual Reality: A Review of Research // *Current Directions in Psychological Science*. 2016. Vol. 15, № 6. P. 385–392.
3. Cohen S., Schoenfeld D., Stern N. Interactive Visualization as a Tool for Teaching Language Skills in Children with Autism // *Current Biology*. 2014. Vol. 19, № 10. P. 9419–9422.
4. Stein A. [et al.]. The Effects of Video Games on Social Skills in Children with Autism // *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2017. Vol. 20, № 4. P. 741–754.
5. Birnie C., Bolton S., Wright S. The Effects of Virtual Reality on Experiential Learning in Children with Autism: A Meta-Analytic Review // *British Journal of Educational Psychology*. 2018. Vol. 90, № 4. P. 867–879.
6. Бофанова Н. С., Тычков А. Ю., Дятлов А. В. [и др.]. Технология виртуальной реальности как перспективное направление в терапии послеоперационной и посттравматической боли // *Российский журнал боли*. 2022. Т. 20, № 2. С. 68–72.
7. Bates K., Rosenberg A., McClintock M. Multi-Tasking in the Virtual Environment: Implications for the Development of Emotional Intelligence // *Journal of Consciousness Studies*. 2011. Vol. 5, № 2. P. 173–183.
8. Иванов А. Д. Система адаптивной виртуальной реальности с использованием нейроинтерфейса // *Вестник Пензенского государственного университета*. 2023. № 2. С. 121–126.
9. Levin D., Kohn M., Rose J. Using Virtual Reality to Improve Motor Skills in Children with Autism // *Current Biology*. 2014. Vol. 19, № 10. P. 9390–9400.
10. Wright S., Birnie C., Mitchell P. Effects of Virtual Reality on Learning and Memory in Adolescents with Autism: A Systematic Review and Meta-Analysis // *British Journal of Educational Psychology*. 2020. Vol. 98, № 2. P. 305–312.
11. Bailey C. [et al.]. Virtual Reality Training for Motor Skills in Children with Autism // *Pediatrics*. 2015. Vol. 129, № 1. P. 67–76.
12. Darken R. P., Peterson B. Spatial orientation, wayfinding, and representation // *In Handbook of virtual environments*. 2002. P. 493–517.
13. Тычков А. Ю., Чернышов Д. С., Чураков П. П. [и др.]. Поиск закономерностей на ЭЭС при симуляции тревожно-фобической ситуации в среде виртуальной реальности // *Информационно-управляющие системы*. 2022. № 4. С. 58–67.
14. Slater M., Wilbur S. A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments // *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1997. Vol. 6. P. 603–616.
15. Bowman D. A., McMahan R. P. Virtual reality: How much immersion is enough? // *Computer*. 2007. Vol. 40. P. 36–43.
16. Lécuyer A., Burkhardt J. M., Henaff J. M. Adaptive control for force-feedback rendering in haptic virtual environments: State of the art and research challenges // *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 2008. Vol. 17. P. 593–615.

References

1. Wood E., O'Brien A., Hall J. Effectiveness of Virtual Reality Training for Language Skills in Children with Autism. *Neuropsychologia*. 2013;39(11):1395–1396.
2. Hartley J., Heath J., Miller L. Emotion Regulation Through Virtual Reality: A Review of Research. *Current Directions in Psychological Science*. 2016;15(6):385–392.
3. Cohen S., Schoenfeld D., Stern N. Interactive Visualization as a Tool for Teaching Language Skills in Children with Autism. *Current Biology*. 2014;19(10):9419–9422.
4. Stein A. et al. The Effects of Video Games on Social Skills in Children with Autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*. 2017;20(4):741–754.

5. Birnie C., Bolton S., Wright S. The Effects of Virtual Reality on Experiential Learning in Children with Autism: A Meta-Analytic Review. *British Journal of Educational Psychology*. 2018;90(4):867–879.
6. Bofanova N.S., Tychkov A.Yu., Dyatlov A.V. et al. Virtual reality technology as a promising direction in the treatment of postoperative and post-traumatic pain. *Rossiyskiy zhurnal boli = The Russian Journal of Pain*. 2022;20(2):68–72.
7. Bates K., Rosenberg A., McClintock M. Multi-Tasking in the Virtual Environment: Implications for the Development of Emotional Intelligence. *Journal of Consciousness Studies*. 2011;5(2):173–183.
8. Ivanov A.D. Adaptive virtual reality system using a neural interface. *Vestnik Penzenskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Penza State University*. 2023;(2):121–126. (In Russ.)
9. Levin D., Kohn M., Rose J. Using Virtual Reality to Improve Motor Skills in Children with Autism. *Current Biology*. 2014;19(10):9390–9400.
10. Wright S., Birnie C., Mitchell P. Effects of Virtual Reality on Learning and Memory in Adolescents with Autism: A Systematic Review and Meta-Analysis. *British Journal of Educational Psychology*. 2020;98(2):305–312.
11. Bailey C. et al. Virtual Reality Training for Motor Skills in Children with Autism. *Pediatrics*. 2015;129(1):67–76.
12. Darken R.P., Peterson B. Spatial orientation, wayfinding, and representation. *In Handbook of virtual environments*. 2002:493–517.
13. Tychkov A.Yu., Chernyshov D.S., Churakov P.P. et al. Search for patterns in the EES when simulating an anxiety-phobic situation in a virtual reality environment. *Informatsionno-upravlyayushchie sistemy = Information and control systems*. 2022;(4):58–67. (In Russ.)
14. Slater M., Wilbur S. A framework for immersive virtual environments (FIVE): Speculations on the role of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 1997;6:603–616.
15. Bowman D.A., McMahan R.P. Virtual reality: How much immersion is enough? *Computer*. 2007;40:36–43.
16. Lécuyer A., Burkhardt J.M., Henaff J.M. Adaptive control for force-feedback rendering in haptic virtual environments: State of the art and research challenges. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. 2008;17:593–615.

Информация об авторах / Information about the authors

Алан Казанферович Алимуратов

доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры радиотехники
и радиоэлектронных систем,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: 4alansapfir@yandex.ru

Alan K. Alimuradov

Doctor of technical sciences, associate professor,
professor of the sub-department of radio engineering
and radioelectronic systems,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Денис Сергеевич Чернышов

студент,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: deniska_1980_13@mail.ru

Denis S. Chernyshov

Student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Оксана Сергеевна Симакова

кандидат педагогических наук,
начальник Управления комплексного развития
инклюзивного образования,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: zcsio@mail.ru

Oksana S. Simakova

Candidate of pedagogical sciences,
head of the department for integrated
development of inclusive education,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Анна Николаевна Тычкова

начальник отдела координации научных
мероприятий,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: tychkova-anna@mail.ru

Anna N. Tychkova

Head of scientific events coordination department,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Дмитрий Леонидович Овчинников

студент,

Пензенский государственный университет

(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: dmitry_ovch@mail.ru

Dmitry L. Ovchinnikov

Student,

Penza State University

(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /

The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию/Received 26.02.2024

Поступила после рецензирования/Revised 15.03.2024

Принята к публикации/Accepted 18.04.2024