

## Когнитивное моделирование

Научная статья  
Статья в открытом доступе  
УДК 004.8:004.81  
doi: 10.30987/2658-4026-2026-2-188-197

### Модель иммерсивного шума для человеко-компьютерных интерфейсов виртуальной реальности

Антон Владимирович Иващенко<sup>1</sup>✉, Денис Сергеевич Жейков<sup>2</sup>, Наталья Валерьевна Чертыковцева<sup>3</sup>, Александр Юрьевич Нестеров<sup>4</sup>

<sup>1,2,3.</sup> Самарский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, Самарская область, Самара, Россия

<sup>4</sup> Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самарская область, Самара, Россия

<sup>1</sup> anton.ivashenko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7766-3011>

<sup>2</sup> d.s.zhejkov@samsmu.ru; <https://orcid.org/0009-0008-6024-0539>

<sup>3</sup> chertykovtseva@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0060-9778>

<sup>4</sup> phil@ssau.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0670-9315>

#### Аннотация.

Статья посвящена проблеме анализа и моделирования информационного шума в современных интерфейсах человеко-компьютерного взаимодействия при применении технологий виртуальной реальности для формирования иммерсивной среды глубокого погружения. Проблема информационной перегрузки рассматривается через призму семиотики. Ключевые требования к знаку, применяемому для информационного взаимодействия с пользователем, должны включать заметность и однозначность. С этих позиций введена формально-логическая модель иммерсивного шума и предложены механизмы противодействия ему путем адаптации пользовательского интерфейса. Типизация знаков при определении соответствующих фильтров обеспечивает нацеливание их на наиболее важные аспекты информационного восприятия. Например, выделение иконических знаков, знаков-индексов (указателей) и знаков-символов позволяет определить разные спектры семиозиса в человеко-компьютерных интерфейсах и реализовать фильтрацию по ним с целью снижения информационной нагрузки на пользователя. Фильтрация по отдельным спектрам знаков позволяет выделить частоту пропуска, снижающую информационный шум и повышающую контрастность информативных знаков, следовательно, повысить эффективность соответствующей коммуникативной системы. Предложенные определения предназначены для реализации системы управления погружением пользователей иммерсивной реальности, формируемой интерактивными человеко-компьютерными интерфейсами для снижения информационного шума и максимизации вовлеченности пользователей в процесс человеко-компьютерной коммуникации. Применение данных технологий на практике показало хорошие результаты при автоматизации психологической диагностики и медицинской реабилитации. В частности, модель и построенные на ее базе алгоритмы снижения информационного шума при терапии и диагностики виртуальной реальности позволяют реализовать персонализированный подход к проведению медицинской реабилитации психических поведенческих стрессовых расстройств.

**Ключевые слова:** кибер-физическая среда, человеко-компьютерные интерфейсы, информационный шум, иммерсивная среда, виртуальная реальность, медицинская реабилитация

**Для цитирования:** Иващенко А.В., Жейков Д.С., Чертыковцева Н.В., Нестеров А.Ю. Модель иммерсивного шума для человеко-компьютерных интерфейсов виртуальной реальности // Эргодизайн. 2026. №2 (32). С. 188-197. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2026-2-188-197>.

Original article  
Open access article

# Immersive Noise Model for Virtual Reality Human-Computer Interfaces

Anton V. Ivaschenko<sup>1</sup>✉, Denis S. Zheykov<sup>2</sup>, Natalya V. Chertykovtseva<sup>3</sup>, Alexander Yu. Nesterov<sup>4</sup>  
<sup>1,2,3</sup>. Samara State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Samara Region, Samara, Russia

<sup>4</sup>. Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, Samara Region, Samara, Russia

<sup>1</sup> anton.ivashenko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7766-3011>

<sup>2</sup> d.s.zhejkov@samsmu.ru; <https://orcid.org/0009-0008-6024-0539>

<sup>3</sup> chertykovtseva@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0060-9778>

<sup>4</sup> phil@ssau.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0670-9315>

## Abstract.

*The article is devoted to the problem of analyzing and modelling information noise in modern human-computer interaction interfaces when using virtual reality technologies to create an immersive environment of deep immersion. The problem of information overload is considered through the lens of semiotics. The key requirements for a sign used for information interaction with a user must include salience and unambiguity. From these positions, a formal-logical model of immersive noise is introduced, and mechanisms for countering it are proposed through user interface adaptation. The typology of signs in determining appropriate filters ensures their targeting of the most important aspects of information perception. For example, the distinction between iconic signs, indexical signs (pointers), and symbolic signs allows for the definition of different spectra of semiosis in human-computer interfaces and the implementation of filtering reducing the user's information load. Filtering by individual sign spectra allows for the selection of a transmission frequency that reduces information noise and increases the contrast of informative signs, thereby increasing the efficiency of the corresponding communication system. The proposed definitions are intended for implementing a system for managing user immersion in an immersive reality formed by interactive human-computer interfaces to reduce information noise and maximize user engagement in the human-computer communication process. The practical application of these technologies has shown good results in automating psychological diagnostics and medical rehabilitation. In particular, the model and algorithms for reducing information noise, built on its basis, for virtual reality therapy and diagnostics, allow for the implementation of a personalized approach to medical rehabilitation of mental behavioural stress disorders.*

**Keywords:** cyber-physical environment, human-computer interfaces, information noise, immersive environment, virtual reality, medical rehabilitation

**For citation:** Ivashchenko A.V., Zheykov D.S., Chertykovtseva N.V., Nesterov A.Yu. Immersive Noise Model for Virtual Reality Human-Computer Interfaces. Ergodizayn [Ergodesign]. 2026;2(32):188-197. Doi: 10.30987/2658-4026-2026-2-188-197.

## Введение

Современные технологии виртуальной реальности позволяют существенно расширить возможности компьютерных интерфейсов человеко-машинного взаимодействия, формируя для пользователя иммерсивную среду глубокого погружения. Иммерсивные технологии востребованы, в частности, при решении задач психологической диагностики и медицинской реабилитации, поскольку позволяют эффективно воздействовать на пациентов с учетом контролируемой биологической обратной связи [1], [2]. Такой подход учитывает индивидуальные особенности восприятия пациентами новых компьютерных интерфейсов.

Вместе с тем, формирование иммерсивной среды с помощью компьютерных интерфейсов виртуальной реальности ориентировано в основном на передачу больших объемов визуальных данных и сопряжено в связи с этим с информационной перегрузкой. Наблюдаемое при этом явление информационного шума имеет достаточно

сложный генезис, это не просто дополнительная информация, отвлекающая внимание пользователя, а привязанные к текущему информационному контексту знаки, которые в отдельные моменты времени могут быть полезны и интересны, а другие – отвлекают внимание и вследствие этого становятся вредны.

Таким образом, актуальной представляется задача уточнения определения и построения модели иммерсивного шума, затрагивающей социально-психологические, этические и семиотические аспекты создания и контроля гибридных кибер-физических систем. В данной статье представлена попытка решения этой проблемы применительно к современным человеко-компьютерным интерфейсам.

## 1. Материалы и методы

Основные аспекты человеко-компьютерного взаимодействия в теории информационных технологий описываются с помощью, так называемых, вариантов использования (Use Cases) [3] – указаний на

определенное поведение компьютерной системы, доступ к которому пользователь или актер получает в ходе ее эксплуатации. Понятие варианта использования тесно связано с возможностями человеко-компьютерного интерфейса; в нужный момент времени пользователь должен вступить во взаимодействие с компьютерной системой и, либо получить необходимую информацию, либо повлиять на ее функционирование в соответствующем контуре управления.

Взаимодействие средствами человеко-компьютерных интерфейсов образует собой коммуникативную систему и может быть исследовано с позиций теории семиотики [4, с.6]. Сообщения компьютера пользователю формируются в виде знаков, информирующих его о происходящих процессах и событиях и требующих своевременной реакции. В этом смысле применение знаковой системы в пользовательском интерфейсе задается прагматикой их использования в коммуникации человек-компьютер. Для данного типа коммуникации свойственна информационная перегрузка, обусловленная особенностями человеческого восприятия данных.

Проблема информационной перегрузки, вызванной широким внедрением современных информационно-коммуникационных технологий, активно отмечается в исследованиях современных ученых разных направлений [5]. В частности, информационная перегрузка характерна для сложных технических решений в области дизайна программных приложений [6], например, при оформлении меню, элементов управления или текстовых элементов. Отмечается перегрузка пользователей онлайн платформ и мессенджеров, возникающая в широком диапазоне информационных нагрузок [7]. Информационная перегрузка, свойственная экстремальному развитию цифровых медиа, приводит к трансформации человеческого языка [8].

Важность исследования особенностей человеко-компьютерного взаимодействия с позиций семиотики обусловлена ролью знаков, используемых в обработке и передаче информации в организации [9], [10]. Исследования человеческого фактора показали [11], что способ представления оперативной информации в динамичных средах, таких как, например, цифровая диспетчерская, в ментальной модели оператора играет важную роль в ожидании и

реагировании на определенные события. Большие объемы данных, визуализируемые в сложных средах промышленного управления, приводят к чрезмерной информационной нагрузке и, следовательно, к ошибкам оператора. В этом случае важным является изучение того, как знаки в человеко-компьютерном интерфейсе выделяются из совокупности, и того, как оператор решает, на чем сосредоточить свое внимание. Необходимо знать, что способствует перцептивной значимости информации, и как знак, например, сигнал тревоги или отображение графика тренда, изменяет внутреннюю психическую организацию оператора, то есть способ интерпретации знака.

В этом контексте крайне важно дополнение естественной системы информационного общения виртуальными знаками в рамках создания среды смешанной реальности для достижения эффекта гипервиртуальности [12]. Семиотика позволяет интерпретировать знак с онтологических и эпистемологических точек зрения, включая реальность и бытие знака виртуального аватара, а также этические соображения, связанные с его использованием в иммерсивной реальности [13], [14]. Современные тенденции в области совершенствования методов и средств человеко-компьютерного взаимодействия связаны с развитием теоретических положений семиотики [15], [16]. Применение теории о знаках позволяет адаптировать, геймифицировать и развивать привлекательность пользовательских интерфейсов [17].

Семиотический анализ [18] показывает, что информация, понимаемая как знаки, последовательно чувствительна как к объективным, так и к субъективным/дискурсивным особенностям информации. Семиотическая шкала, адаптированная для интерфейсов библиотечного программного обеспечения [19], включает четырнадцать элементов, характерных для библиотечных интерфейсов и позволяющих оценить удобство их использование и влияние на восприятие пользователя.

Система знаков пользовательского интерфейса может явно указывать на определенные объекты и явления, выступая по Пирсу в качестве индексов или упрощенных изображений [20], [21], а может символизировать определенные события, требуя от человека адекватных действий.

Частично такая система знаков принята в качестве традиции и осваивается пользователями с ранних лет. Например, визуальное изображение кнопки сохранения в виде дискеты или группы файлов в виде папки для документов давно утратило изначальный смысл, однако используется традиционно. Наличие общих базовых навыков использования интерфейса у пользователей связывают с концепцией интуитивно понятного интерфейса, хотя они строго не увязаны с психофизиологическими особенностями пользователя, и не определяются ими в виде закономерности.

Прагматика использования знаков в пользовательских интерфейсах должна быть связана с определением интерпретанты [22], [23] для обобщенных групп пользователей, что позволяет задать правила разработки удобных пользовательских интерфейсов и требования к их практической реализации. Ключевые требования к знаку, применяемому для информационного взаимодействия с пользователем, должны включать заметность и однозначность. Однозначность определяет единство толкования знака всеми пользователями, а заметность характеризуется временем и вероятностью идентификации знака пользователем в момент его появления.

Следует отметить, что оба свойства зависят от общего объема информации, предоставляемого пользователю. Если определить весь объем визуального контента, отображаемого в момент времени как информационный фон, то для обеспечения заметности и однозначности необходима контрастность знака на информационном фоне. Данной проблеме уделялось достаточно много внимания в аспектах, например [24]. Современный интерфейс содержит множество знаков разного назначения и разной природы. Минимизация знаков приводит к уменьшению возможностей пользователя, которые он может реализовать в момент времени и переходу к процессной организации работы. Однако для множества программных продуктов, старающихся максимально погрузить пользователя в иммерсивную реальность, объем отображаемой информации в момент времени должен быть максимальным.

Это свойственно и окружающему миру, что и определяет требование к иммерсивной реальности по реализации максимальной реалистичности. Находясь в определенной точке пространства в заданный момент времени, мы наблюдаем множество объектов, как относящихся к нашему текущему

интересу, занимающих ведущее место в нашем фокусе, так и второстепенных, описывающих контекст вокруг нас. Стоит нашему интересу поменяться, как сразу меняется и роль этих объектов – часть из них становятся фокусными, главными, а часть теряют значение и уходят в контекст. Также современные интерфейсы вынуждены предоставлять избыточную информацию для пользователя.

Проблемы восприятия знаков на фоне контекста, несомненно, связаны с психофизиологическими особенностями человека. Способность корректно воспринимать полезные знаки среди насыщенного контекста ограничена временем на сознательную обработку информации и когнитивными способностями. В рамках изучения этой проблемы в медиасреде определяют понятие информационного шума [25]. Информационный шум может создаваться специально с манипулятивными целями, а также возникать самостоятельно в случае наложения процессов информационного взаимодействия по разным тематикам. В любом случае, информационный шум препятствует восприятию информации путем ее искажения или невозможности рецепции.

Проблема существующих подходов к определению и изучению информационного шума состоит в том, что для заданного пользователя в конкретный момент времени стараются выделить полезную информацию и контекст, бесполезную информацию, препятствующую восприятию. На основе данных соображений введем модель иммерсивного шума.

## **2. Модель иммерсивного шума**

На основе проведенного обзора исследований информационного шума, обобщим его определение следующим образом.

Информационный шум – это избыточный поток информации, который мешает восприятию полезных данных путем информационной перегрузки человека. В общем, информационный шум описывает любую перегрузку информацией, возникающую вследствие увеличения ее объема.

Иммерсивность – это способ восприятия, создающий эффект высокого погружения человека в искусственно созданную среду. Традиционно иммерсивная среда создается творческой силой художественных произведений, однако в настоящее время производится посредством аудиовизуальных

стимулов, формируемых устройствами виртуальной реальности. Таким образом, наиболее вредными с точки зрения погружения пользователя в иммерсивную среду, являются близкие по интересу пользователя, адресные воздействия, от которых тяжело абстрагироваться.

Так, например, современный пользователь может успешно выполнять производственные задачи на фоне играющей музыки, нейтральной новостной телевизионной ленты или разговоров коллег по работе. Однако адресные воздействия, относящиеся к фокусу интереса пользователя, например, сообщения в онлайн-мессенджере или контекстная реклама, может существенно отвлечь пользователя, изменить эмоциональный настрой и разрушить иммерсивную реальность.

Иммерсивный шум – это информация, которая мешает целевому погружению пользователя в виртуальную среду, либо создает ложное погружение. Выделение иммерсивного шума как отдельного подвида информационного шума позволяет определить информационное воздействие на пользователя, негативно влияющее на его восприятие в контексте требуемого погружения в иммерсивную реальность.

Пусть в конкретный момент времени иммерсивная визуальная среда, формируемая пользовательским интерфейсом, содержит некоторое количество информационных объектов  $d_i$ , характеризующихся множеством знаков  $s_{i,j,n}$ , интерпретируемых субъектом  $u_n$ .

Согласно семиотической теории Ч.С. Пирса, знак представляет собой триадическое отношение между носителем (представлением), объектом и значением (интерпретантой). Один и тот же набор объектов для разных субъектов образует разный набор знаков с учетом их интерпретанты. В рамках Булевой алгебры определим область допустимых значений  $s_{i,j,n} = \{0, 1\}$ , то есть знак принимает значение «1», если он триадическое отношение по

$$I(u_n, t) = \sum_{i,j} \sum_m s_{i,j,n} \cdot e_{n,m} \cdot \delta(t_{n,m} \leq t < t_{n,m+1}) \quad (3)$$

$$\delta(x) = \begin{cases} 1, & x = true, \\ 0, & x = false. \end{cases}$$

где

Введенное определение знака дает нам возможность посчитать объем информации как характеристику экспозиции субъекта. Аналогично можно определить объем

Пирсу истинно и «0» иначе. В данной постановке знак определен для реального или виртуального объекта, он не может существовать без носителя, при этом для одного объекта может быть задано несколько знаков. Несколько объектов также могут образовывать составной знак, в этом случае они должны быть семантически объединены, поскольку потеря их групповой связности будет означать потерю соответствующего знака.

Обозначим совокупность объектов и знаков, отображаемых для субъекта  $u_n$  в заданный момент времени  $t_{n,m}$  с помощью информационного представления, которое назовем экспозицией:

$$e_{n,m} = e_{n,m}(\{d_i\}, \{s_{i,j,n}\}, t_{n,m}). \quad (1)$$

Здесь  $t_{n,m}$  обозначает момент времени, соответствующий формированию новой экспозиции путем появления новых объектов и соответствующих знаков или их исчезновения из области видимости субъекта.

Последовательность экспозиций образует неэквидистантный временной ряд с неравномерной дискретизацией:

$$t_{n,m+1} = t_{n,m} + \xi_m, \quad (2)$$

где  $\xi_m$  - случайная величина, функция распределения которой зависит от динамики событий и концентрации внимания субъекта.

Новая экспозиция возникает объективно при появлении в области видимости субъектов новых объектов или манипулятивно, когда субъекту специально демонстрируется новый объект или группа объектов в рамках некоторого информационного сообщения. Такое сообщение может носить относительный характер (индекса или референта), когда оно указывает на другие объекты в экспозиции, или инициативный, внося в экспозицию пользователя принципиально новые знаки.

С целью оценки размера информационной нагрузки на субъекта введем понятие объема информации для мгновенной экспозиции:

информации, получаемый субъектом за некоторый интервал времени  $\Delta t$ :

$$V(u_n, \Delta t) = \sum_{i,j} \sum_m s_{i,j,n} \cdot e_{n,m} \cdot \delta(t_{n,m} \in \Delta t) \quad (4)$$

В данном определении принципиально не делается различие между реальными объектами и виртуальными. Понятие знака и его интерпретанты виртуализирует любой объект, так как обращается не к его непосредственному воплощению. Однако такое отличие существует: реальные объекты обычно многозначны и могут нести высокую информационную нагрузку в силу своей визуальной сложности.

Виртуальные объекты имеют искусственную природу, поскольку конструируются человеком (например, дизайнером) и программно (например, искусственным интеллектом) по заданным правилам. В связи с этим они, как правило, однозначны и эффективны в смысле передачи сообщения субъекту. Для реальных объектов количество возможных знаков может быть велико, но интерпретируемых знаков  $s_{i,j,n}$ , поступающих в экспозицию субъекта ниже. В то же время для виртуальных объектов количество возможных знаков, скорее всего, будет соответствовать количеству интерпретируемых.

Сочетание реальной и виртуальной среды в среду смешанной реальности (Mixed Reality) существенно изменяет данную картину. Дополнение виртуальных объектов в контексте наблюдаемой реальности способно обратить внимание субъекта на отдельные объекты и обеспечить их восприятие. Например, каждый ценник, установленный для продукта в супермаркете, информирует субъекта в роли покупателя о цене. Маловероятно, что субъект будет обращать внимание на стоимость каждого

приобретаемого продукта, но сравнительно маленькие или большие цифры привлекут его внимание. Согласно теории манипуляторного маркетинга Nudge, здесь скорее играет роль расположение товара на уровне глаз покупателя, то есть в экспозиции субъекта. Добавление дополнительного указателя на низкие цены в виде желтых ценников или красных рамок должно привлечь внимание покупателя. В данном случае мы имеем виртуальный знак, указывающий на отличие в общем ряду наблюдаемых объектов. Использование планшета позволяет внедрить виртуальную реальность в маркетинге и существенно дополнить информирование покупателей и продавцов о товарах, однако, его внедрение затрудняется в силу причин, рассмотренных далее.

Таким образом, в отличие от реальной среды, где количество знаков, строго говоря, бесконечно, виртуальная визуальная среда в силу рукотворности содержит счетное и конечное количество информационных объектов  $i = 1..N_d$ , а, следовательно, и конечное число знаков  $j = 1..N_s$ .

Из введенных определений видно, что на точность оценки  $I(u_n, t)$  и  $V(u_n, \Delta t)$  влияет погрешность идентификации знаков  $s_{i,j,n}$ . Определив теоретически или в результате статистического исследования максимальный перечень знаков в экспозиции  $s_{i,j,n}^*$  можно количественно оценить относительную погрешность объема информации в идеальной экспозиции  $e_{n,m}^*$ :

$$\delta V = \frac{\left| V(u_n, \Delta t) - \sum_{i,j} s_{i,j,n}^* \cdot e_{n,m}^* \cdot \delta(t_{n,m} \in \Delta t) \right|}{\sum_{i,j} s_{i,j,n}^* \cdot e_{n,m}^* \cdot \delta(t_{n,m} \in \Delta t)} \quad (5)$$

Исходя из приведенных выше рассуждений, на величину  $\delta V$  влияет способность субъекта воспринимать знаки, то есть замечать их и интерпретировать в экспозиции и контексте наблюдаемых объектов. Если субъект не замечает знаки, они не вносят вклад в информационную нагрузку.

Разница экспозиций  $e_{n,m}^*$  и  $e_{n,m}$  обусловлена тем, что представив объекты в идеальной экспозиции нельзя гарантировать,

что они будут видны и заметны в субъективной экспозиции.

Зададим текущий или целевой (таргетный) интерес субъекта

$$\Omega_{n,l} = \Omega_{n,l}(u_n, t_{n,l}^{нач}, t_{n,l}^{заб}), \quad (6)$$

где  $t_{n,l}^{нач}, t_{n,l}^{заб}$  - время начала и завершения периода актуальности целевого интереса.

Такой интерес может быть описан с помощью онтологии предметной области или конкретной задачи, определенных в

информатике и компьютерных науках в виде концептуализации понятий, организованных в таксономию и связей между ними.

Технически описать  $\Omega_{n,l}$  можно в виде облака тегов, семантического дескриптора или семантической сети: в контексте данной статьи конкретный способ не важен.

Принадлежность знака целевому интересу определим булевой функцией:

$$S(u_n, \Delta t) = \sum_{i,j} \sum_m s_{i,j,n} \cdot e_{n,m} \cdot \delta(t_{n,m} \in \Delta t) \cdot \delta(s_{i,j,n} \in \Omega_{n,l}) \quad (8)$$

Соответственно, можно ввести новое определение для отношения сигнал/шум:

$$R_{SN}(u_n, \Delta t) = \frac{S(u_n, \Delta t)}{V(u_n, \Delta t)} \cdot 100\% \rightarrow \max \quad (9)$$

Отметим, что в такой постановке информационный шум не однороден. Знаки, представляющие интерес в один момент времени, могут быть отнесены к информационному шуму в другой момент времени, в зависимости от динамики интереса пользователя. Данный фактор учтен в разнице  $\Omega_{n,l}$ .

Определение информационного шума на практике средствами различных пользовательских интерфейсов может быть выполнено путем подсчета событий обращения внимания пользователя на совокупность частей объекта, определяющих каждый знак. Факт обращения внимания на знак при этом характеризуется фиксацией взгляда на объект, содержащий этот знак в течение некоторого минимального интервала времени. Фиксация взгляда может отслеживаться автоматически средствами окулографии.

### 3. Результаты и обсуждение

Предложенные решения были реализованы при создании программного комплекса социально-психологической реабилитации поведенческих стрессовых расстройств в среде виртуальной реальности с обратной связью [26]. В отличие от аналогов, система позволяет контролировать результативность применения технических средств виртуальной реальности в медицинских приложениях. Основное ее отличие от существующих решений заключается в реализации внешней обратной связи для фильтрации информационного шума, для чего перечень аппаратно-программных средств, формирующих иммерсивную среду включены средства контроля психо-физиологических параметров человека.

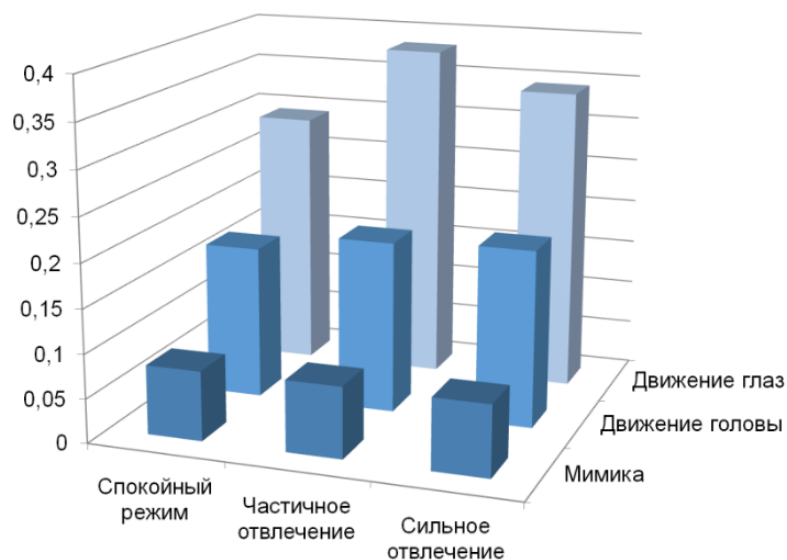
$$\delta(s_{i,j,n} \in \Omega_{n,l}) = \{0, 1\} \quad (7)$$

Это выражение означает, что знак может быть замечен, распознан и интерпретирован субъектом, но при этом оказаться за рамками его целевого интереса.

С учетом определения целевого интереса субъекта можно ввести понятие полезного объема информации:

Контроль обратной связи обеспечивается различными инструментальными средствами измерения психофизиологических параметров человека. Для контроля биологической обратной связи может использоваться температура тела, частота сердечных сокращений (пульс), частота дыхательных движений, ритмичность движения глаз, мимические эмоциональные движения, а также активность головного мозга, фиксируемая средствами электроэнцефалограммы. Для контроля этих параметров использованы цифровые медицинские приборы: термометры, пульсоксиметры, трекары движений, устройства ЭЭГ и др., оснащенные инфокоммуникационными модулями передачи данных.

Апробация комплекса показала высокую практическую полезность моделирования и анализа иммерсивного шума. Один из экспериментов проиллюстрирован на Рис. 1. Группе испытуемых объемом 44 человека было предложено пройти процесс решения несложных логических задач, представленных интерактивным пользовательским интерфейсом. Концентрация и уровень внимания пользователя оценивались по объему двигательной активности средствами окулографии и системой компьютерного зрения с искусственной нейронной сетью. В качестве отвлекающего фактора выступала телепередача новостного канала на фоне эксперимента. Для каждого пользователя было проведено три эксперимента: в комфортных условиях, с небольшим (импульсный шум) и существенным (постоянный шум) отвлечением.



**Рис. 1. Результаты эксперимента по контролю изменения двигательной активности в ответ на влияние отвлекающих факторов с использованием компьютерного зрения**

**Fig. 1. The results of an experiment to control changes in motor activity in response to the influence of distracting factors using computer vision**

Результаты экспериментов подтверждают важность оценки иммерсивного шума и моделирования его в ходе анализа эффективности человеко-компьютерных интерфейсов виртуальной реальности. Появление отвлекающих аудиовизуальных стимулов приводит к увеличению общего объема двигательной активности, что свидетельствует о реакции пользователей на иммерсивный шум. Так, например, движение глаз при сильном отвлечении не увеличивается, в то время как общий объем движений сохраняет тенденцию к увеличению. При этом разные отвлекающие факторы по-разному влияют на концентрацию внимания пользователя, и как следствие, глубину его погружения в иммерсивную реальность.

#### Заключение

Моделирование и анализ иммерсивного шума позволяет по-новому взглянуть на

задачу повышения эффективности пользовательских интерфейсов виртуальной реальности. Снижение информационного шума повышает вовлеченность пользователей в процесс человеко-компьютерной коммуникации и как следствие, обеспечивает требуемый уровень их погружения в иммерсивную среду. Применение данных технологий на практике демонстрирует хорошие результаты при автоматизации психологической диагностики и медицинской реабилитации и позволяет сократить время на проведение диагностических процедур за счет повышения вовлеченности пользователей и противодействия отвлекающим факторам. В частности, моделирование и анализ иммерсивного шума способствует реализации персонализированного подхода к проведению медицинской реабилитации поведенческих стрессовых расстройств.

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ivaschenko A.V., Aleksandrova M.V., Zheikov D.S., Zakharova E.V., Koslanov A.V. Adaptation of virtual reality interfaces to psychological diagnosis and medical rehabilitation applications. *Biomedical Engineering*. 2024;57(5):340-342. DOI 10.1007/s10527-023-10329-0.
2. Жейков Д.С., Иващенко А.В., Колсанов А.В. Организация персонализированной медицинской реабилитации на основе технологий виртуальной реальности с биологической обратной связью // *Менеджер здравоохранения*. № 5. 2025. С. 155–163. DOI 10.21045/1811-0185-2025-5-155-163. EDN DCLWKO.
3. Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И. Язык UML. Руководство пользователя. М.: ДМК Пресс, 2006. 496 с. ISBN 5-94074-334-X.
4. Лотман Ю.М. Семиосфера. СПб.: Искусство-СПб, 2010. 703 с. ISBN 5-210-01562-9.

#### REFERENCES

1. Ivaschenko A.V., Aleksandrova M.V., Zheikov D.S., Zakharova E.V., Koslanov A.V. Adaptation of Virtual Reality Interfaces to Psychological Diagnosis and Medical Rehabilitation Applications. *Biomedical Engineering*. 2024;57(5):340-342. DOI 10.1007/s10527-023-10329-0.
2. Zheikov D.S., Ivaschenko A.V., Kolsanov A.V. Personalized Medical Rehabilitation Organization Based on Virtual Reality Technologies with Biological Feedback. *Health Care Manager*. 2025;5:155-163. DOI 10.21045/1811-0185-2025-5-155-163.
3. Buch G., Rambo D., Jacobson I. The UML Language. User's Guide. Moscow: DMK Press; 2006. 496 p.
4. Lotman Yu.M. Semiosphere. Saint Petersburg: Iskustvo-SPb; 2010. 703 p.

5. **Borkovich D.** Information overload revisited: infinite organizational threats. *Issues in information systems*, 2018;19:150-161. DOI 10.48009/4\_iis\_2018\_150-161.
6. **Alton N., Manning A.** Effect of color, visual form, and textual information on information overload. *Information overload: an international challenge for professional engineers and technical communicators*. 2012. pp. 103-124. DOI 10.1002/9781118360491.ch6.
7. **Nematzadeh A., Ciampaglia G., Ahn Y.-Y., Flammini A.** Information overload in group communication: from conversation to cacophony in the Twitch chat. *Royal society open science*. 2019;6(10):191412. DOI 10.1098/rsos.191412.
8. **Youvan D.** Digital babel: the impact of information overload on human language and existential security, Preprint. 2024. DOI 10.13140/rg.2.2.20321.89443.
9. **Rocha P, Nobre A.** Semiotics an Asset for Understanding Information Systems Communication. In: *Proceedings of the 11th International Conference on Enterprise Information Systems ICEIS 2009*: 2009. p. 273-278.
10. **Liu K.** Semiotics in information systems engineering, 2000, 217 p. DOI 10.1017/cbo9780511543364.
11. **Hugo J.** Semiotics in Human-System Interface Design. In: *Proceedings of the Ergonomics Society of South Africa (ESSA) Conference*. Pretoria, South Africa: 2006. 12 p.
12. **Davidson K.** Semiotic Modelling of Identity and Communication in Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy (in Semiotics and Culture Studies). University of Tartu; 2022. 221 p.
13. **Djonov E., Van Leeuwen T.** Social media as semiotic technology and social practice: the case of researchgate's design and its potential to transform social practice. *Social Semiotics*. 2018;28(5):641-664. DOI 10.1080/10350330.2018.1504715.
14. **Davidson K.** Me, myself, and my avatar - a semiotic study into digital transformation via avatars. *Digital age in semiotics & communication*. 2023;5:86-102. DOI 10.33919/dasc.22.5.5.
15. **Shilina M., Zarfian M.** Re-thinking semiotics: a new categorization of a sign? *RUDN Journal of Language Studies, Semiotics and Semantics*. 2023;14:305-313. DOI 10.22363/2313-2299-2023-14-2-305-313.
16. **Batu B.** An overview of the field of semiotics. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*. 2012;51:464-469. DOI 10.1016/j.sbspro.2012.08.190.
17. **Nadin M.** Semiotics is fundamental science. *Knowledge Discovery, Transfer, and Management in the Information Age*, 2013, pp. 76-126. DOI 10.4018/978-1-4666-4711-4.ch005.
18. **Thellefsen M., Thellefsen T., Sørensen B.** Information as signs: a semiotic analysis of the information concept, determining its ontological and epistemological foundations. *Journal of Documentation*. 2017;74(2):372-382. DOI 10.1108/jd-05-2017-0078.
19. **Verma M., Kumar V., Yuvaraj M.** Semiotic scale for library software interfaces: development and validation. *Journal of The Association for Information Science and Technology*. 2024;75(6):704-716. DOI 10.1002/asi.24875.
20. **Пирс Ч.С.** Что такое знак? // Вестник Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2009. № 3(7). С. 88-95. EDN LALUPH.
21. **Mohd Y., Halina S., Totu A.** The semiotic perspectives of Peirce and Saussure: a brief comparative study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 2014;155:4-8. DOI 10.1016/j.sbspro.2014.10.247.
5. **Borkovich D.** Information Overload Revisited: Infinite Organizational Threats. *Issues in Information Systems*, 2018;19:150-161. DOI 10.48009/4\_iis\_2018\_150-161.
6. **Alton N., Manning A.** Effect of Colour, Visual Form, and Textual Information on Information Overload. *Information Overload: An International Challenge for Professional Engineers and Technical Communicators*; 2012. p. 103-124. DOI 10.1002/9781118360491.ch6.
7. **Nematzadeh A., Ciampaglia G., Ahn Y.-Y., Flammini A.** Information Overload in Group Communication: From Conversation to Cacophony in the Twitch Chat. *Royal Society Open Science*. 2019;6(10):191412. DOI 10.1098/rsos.191412.
8. **Youvan D.** Digital Babel: the Impact of Information Overload on Human Language and Existential Security, Preprint; 2024. DOI 10.13140/rg.2.2.20321.89443.
9. **Rocha P, Nobre A.** Semiotics an Asset for Understanding Information Systems Communication. In: *Proceedings of the 11th International Conference on Enterprise Information Systems ICEIS 2009*: 2009. p. 273-278.
10. **Liu K.** Semiotics in Information Systems Engineering; 2000. 217 p. DOI 10.1017/cbo9780511543364.
11. **Hugo J.** Semiotics in Human-System Interface Design. In: *Proceedings of the Ergonomics Society of South Africa (ESSA) Conference*. Pretoria, South Africa: 2006. 12 p.
12. **Davidson K.** Semiotic Modelling of Identity and Communication in Virtual Reality, Augmented Reality, and Mixed Reality. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy (in Semiotics and Culture Studies). University of Tartu; 2022. 221 p.
13. **Djonov E., Van Leeuwen T.** Social Media As Semiotic Technology and Social Practice: The Case of Researchgate's Design and Its Potential to Transform Social Practice. *Social Semiotics*. 2018;28(5):641-664. DOI 10.1080/10350330.2018.1504715.
14. **Davidson K.** Me, Myself, and My Avatar – A Semiotic Study into Digital Transformation Via Avatars. *Digital Age in Semiotics & Communication*. 2023;5:86-102. DOI 10.33919/dasc.22.5.5.
15. **Shilina M., Zarfian M.** Re-thinking Semiotics: A New Categorization of a Sign? *RUDN Journal of Language Studies, Semiotics and Semantics*. 2023;14:305 313. DOI 10.22363/2313-2299-2023-14-2-305-313.
16. **Batu B.** An Overview of the Field of Semiotics. *Procedia. Social and Behavioural Sciences*. 2012;51:464-469. DOI 10.1016/j.sbspro.2012.08.190.
17. **Nadin M.** Semiotics is Fundamental Science. *Knowledge Discovery, Transfer, and Management in the Information Age*; 2013. p. 76-126. DOI 10.4018/978-1-4666-4711-4.ch005.
18. **Thellefsen M., Thellefsen T., Sørensen B.** Information As Signs: A Semiotic Analysis of the Information Concept, Determining Its Ontological and Epistemological Foundations. *Journal of Documentation*. 2017;74(2):372-382. DOI 10.1108/jd-05-2017-0078.
19. **Verma M., Kumar V., Yuvaraj M.** Semiotic Scale for Library Software Interfaces: Development and Validation. *Journal of the Association for Information Science and Technology*. 2024;75(6):704-716. DOI 10.1002/asi.24875.
20. **Pierce Ch.S.** What is a Sign? *Bulletin of Tomsk State University. Philosophy. Sociology. Political Science*. 2009;3(7):88-95.
21. **Mohd Y., Halina S., Totu A.** The Semiotic Perspectives of Peirce and Saussure: A Brief Comparative Study. *Procedia Social and Behavioural Sciences*. 2014;155:4-8. DOI 10.1016/j.sbspro.2014.10.247.

22. **Моррис Ч.У.** Основания теории знаков / Степанов Ю.С. (сост.) Семиотика: антология. М., Екатеринбург, 2001. 702 с. ISBN 5-8291-0104-1.
23. **Нестеров А.Ю.** Семиотические основания техники и технического сознания. Издательство Самарской гуманитарной академии, 2017. 155 с. ISBN 978-5-9896-201-3.
24. **Нестеров А.Ю.** Семиотика как методология и онтология // Семиотические исследования. Semiotic studies. Т. 1, № 1. 2021. С. 6–13. EDN RLWGHX.
25. **Басовская Е.Н.** Семантика и прагматика текста и языковых единиц // Вестник Челябинского государственного университета. 2014. № 7(336). С. 6-11. EDN SNRONZ.
26. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024684873 Российская Федерация. Программный комплекс социально-психологической реабилитации поведенческих стрессовых расстройств в среде виртуальной реальности с обратной связью : № 2024683968 : заявл. 15.10.2024 : опубл. 22.10.2024 / **А. В. Колсанов, А. В. Иващенко, Д. С. Жейков [и др.]** ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. – EDN YKURBO.
22. **Morris Ch.W.** Foundations of the Theory of Signs. In: Stepanov Yu.S., editor. Semiotics: An Anthology. Moscow, Yekaterinburg; 2001. 702 p.
23. **Nesterov A.Yu.** Semiotic Basis of Technique and Technical Consciousness. Publishing House of Samara Humanitarian Academy; 2017. 155 p.
24. **Nesterov A.Yu.** Semiotics as Methodology and Ontology. Semiotic Studies. 2021;1(1):6-13.
25. **Basovskaya E.N.** Semantics and Pragmatics of Text and Language Units. Bulletin of Chelyabinsk State University. 2014;7(336):6-11.
26. **Kolsanov A.V., Ivashchenko A.V., Zheikov D.S., et al.** Software Complex for Socio-Psychological Rehabilitation of Behavioural Stress Disorders in a Virtual Reality Environment with Feedback. Certificate of State Registration of Computer Program RF No. 2024684873; 2024 22 Oct.

#### Информация об авторах:

**Иващенко Антон Владимирович** – доктор технических наук, профессор, директор Передовой медицинской инженерной школы ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, Scopus-Author ID 42661608400, Author-ID-РИНЦ 330112

**Жейков Денис Сергеевич** – врач-психиатр, руководитель практики Передовой медицинской инженерной школы ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, Scopus-Author ID 58844784900, Author-ID-РИНЦ 1009022

**Чертыковцева Наталья Валерьевна** – кандидат технических наук, заместитель директора Передовой медицинской инженерной школы ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России, Scopus-Author ID 57205195520, Author-ID-РИНЦ 8845-3045

**Нестеров Александр Юрьевич** – доктор философских наук, кандидат филологических наук, доцент, директор социально-гуманитарного института, заведующий кафедрой философии Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, Scopus-Author ID 57222081807, Author-ID-РИНЦ 706559

#### Information about the authors:

**Ivaschenko Anton Vladimirovich** – Doctor of Engineering, Professor, Director of the Advanced Medical Engineering School Samara State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, the author's international identifiers: Scopus-Author ID: 42661608400, Author-ID-RISC: 330112.

**Zheikov Denis Sergeevich** – Psychiatrist, Head of Practice of the Advanced Medical Engineering School Samara State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, the author's international identifiers: Scopus-Author ID: 58844784900, Author-ID-RISC: 1009022.

**Chertykovtseva Natalya Valeryevna** – Candidate of Technical Sciences, Deputy Director of the Advanced Medical Engineering School Samara State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, the author's international identifiers: Scopus-Author ID: 57205195520, Author-ID-RISC: 8845-3045

**Nesterov Alexander Yuryevich** – Doctor of Philosophy, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Director of the Social and Humanitarian Institute, Head of the Department of Philosophy of Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev, the author's international identifiers: Scopus-Author ID: 57222081807, Author-ID-RISC: 706559

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.**

**Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

**Статья поступила в редакцию 21.05.2026; одобрена после рецензирования 29.05.2026; принята к публикации 02.06.2026. Рецензент – Подвесовский А.Г., кандидат технических наук, доцент Брянского государственного технического университета, член редакционного совета журнала «Эргодизайн»**

**The paper was submitted for publication on the 21<sup>st</sup> of May 2026; approved after the peer review on the 29<sup>th</sup> of May 2026; accepted for publication on the 02<sup>nd</sup> of June 2026. Reviewer – Podvesovsky A.G., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Bryansk State Technical University, member of the editorial board of the journal “Ergodesign”.**