

СМЕШАННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ КАК ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС¹**Болбаков Роман Геннадьевич,**

*канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой инструментального
и прикладного программного обеспечения,
e-mail: antaros05@ya.ru,*

Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва,

Мордвинов Владимир Александрович,

*канд. техн. наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой инструментального
и прикладного программного обеспечения по научной работе,
e-mail: mordvin-vlad@list.ru,*

Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва,

Синицын Анатолий Васильевич,

*ассистент, заместитель заведующего кафедрой инструментального
и прикладного программного обеспечения по учебной работе,
e-mail: kama950028@gmail.com,*

Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва

В статье исследуется информационный морфизм как ключевая технология создания смешанной реальности. Раскрывается содержание смешанной реальности как новой образовательной технологии. Показано сходство и различие смешанной реальности, виртуальной реальности и дополненной реальности. Показано, что смешанная реальность реализуется средствами мультимедиа. Раскрывается многообразие информационного морфизма как технологии информационного взаимодействия. Формулируются требования, необходимые для реализации этой технологии. Рассматривается преобразование теоретической концептуальной модели в информационном поле в модель информационной конструкции, которая служит основой для построения информационных моделей объектов и процессов. Информационные модели процессов и объектов дают возможность построения виртуальной реальности. Показывается, что смешанная реальность строится как синтез виртуальной реальности, информационной ситуации и пространственной реальности. Приводится структура взаимосвязанных информационных моделей объектов и процессов при конструировании смешанной реальности. Раскрываются преимущества применения смешанной реальности в учебном процессе, обусловленные свойствами вариативности, высокой адаптации к нововведениям, представления ретроспективных фактов и моделей в процессе обучения.

Ключевые слова: образовательные технологии, информационный морфизм, информационное взаимодействие, информационное поле, смешанная реальность, дополненная реальность, виртуальная реальность

MIXED REALITY AS AN EDUCATIONAL RESOURCE**Bolbakov R.G.,**

*candidate of technical sciences, Associate Professor, head of the department of instrumental
and applied software,
e-mail: antaros05@ya.ru,*

Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow,

¹ В статье освещаются результаты исследования, полученные в ходе выполнения научно-исследовательской работы по теме «Исследование когнитивной семиотики в мультимедиа среде виртуальной реальности», выполненной на кафедре инструментального и прикладного программного обеспечения РТУ МИРЭА. В исследование вошли также материалы инициативной научно-исследовательской работы по теме «Создание и внедрение в образовательную индустрию методологии и средств информационно-методической поддержки мультисервисного макромедиа обеспечения массового пользователя на основе использования мобильной техники».

Mordvinov V.A.,

candidate of technical sciences, professor, deputy head of the department of instrumental and applied software for scientific work,

e-mail: mordvin-vlad@list.ru,

Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow,

Sinitsin A.V.,

assistant, deputy head of the department of instrumental and applied software for academic affairs,

e-mail: kama950028@gmail.com,

Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow

The information morphism as a key technology for creating a mixed reality is investigated. The content of mixed reality as a new educational technology is revealed. The similarities and differences between mixed reality, virtual reality, and augmented reality are shown. It is shown that mixed reality is realized by means of multimedia. The variety of information morphism as a technology of information interaction is revealed. The requirements necessary for the implementation of this technology are formulated. The transformation of a theoretical conceptual model in the information field into a model of information construction, which serves as the basis for building information models of objects and processes, is considered. Information models of processes and objects make it possible to build virtual reality. It is shown that mixed reality is constructed as a synthesis of virtual reality, information situation and spatial reality. The structure of interrelated information models of objects and processes in the construction of mixed reality is presented. The advantages of using mixed reality in the educational process are revealed due to the properties of variability, high adaptation to innovations, the possibility of presenting retrospective facts and models in the course of training.

Keywords: education, information resources, educational technologies, information systems, information interaction, information field, information situation, information morphism, mixed reality, augmented reality, virtual reality, immersive devices

DOI 10.21777/2500-2112-2020-4-7-16

Введение

Смешанная реальность (Mixed reality – MR) [1; 2], иногда называемая гибридная реальность с позиций технологии, включает дополненную реальность [3; 4] и дополненную виртуальность [5; 6; 7]. Смешанная реальность с позиций представления включает континуум виртуальности и континуум медиальности. Отсюда следует важность системы обработки мультимедийной информации, которая формируется на множестве интерфейсов и разнородных технических источников.

Необходимо разграничить понятия “виртуальная реальность”, “дополненная реальность”, “смешанная реальность”. Виртуальная реальность (Virtual reality – VR) исключает реальный мир, человек видит объект и его спроектированное окружение. Виртуальная реальность есть фактофиксирующая модель, выраженная средствами мультимедиа. Дополненная реальность (Augmented reality – AR) частично заменяет реальный мир, на существующий мир накладывается виртуальное изображение. Человек частично видит объект и частично его спроектированное окружение. AR можно рассматривать как подсказку, нарисованную поверх реального мира. Виртуальная реальность не дает ощущение реального расположения и взаимодействия объектов с окружающим миром. И, именно в этом, ключевое отличие дополненной реальности от смешанной реальности. Дополненная реальность есть фактофиксирующая модель [8], выраженная смешанными средствами мультимедиа и реальности. Смешанная реальность (MR) позволяет видеть взаимодействие реальных и виртуальных объектов. Человек уже может оценить передний и задний план, как объекты расположены относительно друг друга и, самое важное – появляется точка соприкосновения реальных и виртуальных объектов. Смешанная реальность есть динамическая модель, выраженная смешанными средствами мультимедиа и реальности. В образовании MR позволяет применять симуляционное обучение (Simulation Based Learning – SBL). SBL является разно-

видностью электронного обучения. Оно построено на активной передаче образовательных знаний. Симуляционный тренинг представляет собой интерактивное экспериментальное обучение. SBL включает программные и визуальные решения с масштабируемой моделью программ обучения.

1. Методическая основа построения MR

Ключевыми понятиями построения MR являются дополненная реальность, информационный морфизм [9; 10; 11; 12] и информационное взаимодействие [13; 14]. На рисунке 1 показано отношение понятий между этими сущностями.

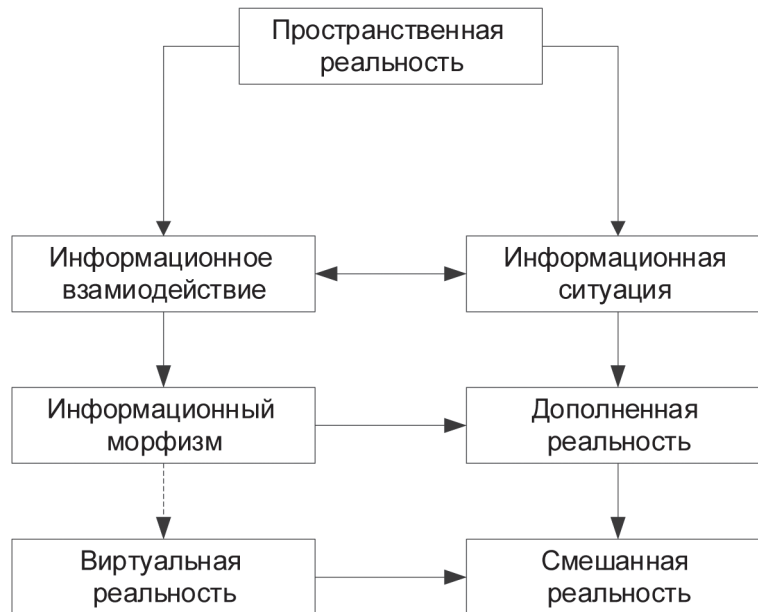


Рисунок 1 – Отношение понятий “информационный морфизм”, “дополненная реальность”, “виртуальная реальность”, “смешанная реальность”

Пространственная реальность сжимается до информационной ситуации, которая представляет объект исследования. В информационном поле существуют информационные взаимодействия. Частным случаем информационного взаимодействия является информационный морфизм. Дополненная реальность формируется как синтез реальности (информационной ситуации) и информационной модели, формируемой при помощи информационного морфизма. В отличие от этого виртуальная реальность формируется как информационная модель при помощи информационного морфизма.

Дополненная реальность и виртуальная реальность могут быть рассмотрены как информационные конструкции информационного поля. Поэтому в этой технологии значительная роль отведена понятию информационного морфизма, как инструмента обеспечения межагентного взаимодействия программ и программных систем, обслуживающих образовательные информационные системы с опорой на методы и технологии когнитивной семантики.

Информационный морфизм в узком понимании – это процесс трансформации [15], в широком понимании – это процесс информационного взаимодействия [16]. Как взаимодействие информационный морфизм есть проявление межагентных взаимодействий, которое эмерджентно проявляется в семантических системах при взаимодействии их частей, агентов, инструментальных средств. В образовательных технологиях информационный морфизм является наследником модельных подходов ONTONET технологий в современных подходах когнитивной семиотики.

Представляет интерес аспект информационного моделирования смешанной реальности. На рисунке 2 приведены информационные модели при конструировании смешанной реальности. Основой

всех моделей являются концептуальные модели. Теоретическая концептуальная модель в информационном поле преобразуется в модель информационной конструкции. Модель информационной конструкции может быть рассмотрена как информационная концептуальная модель. Пространственная реальность наблюдается не вся, а только ее часть, наиболее важная для моделирования. Эта наиболее важная для моделирования часть называется модель информационной ситуации. При построении смешанной реальности модель информационной ситуации представляет собой окружение объектов моделирования.

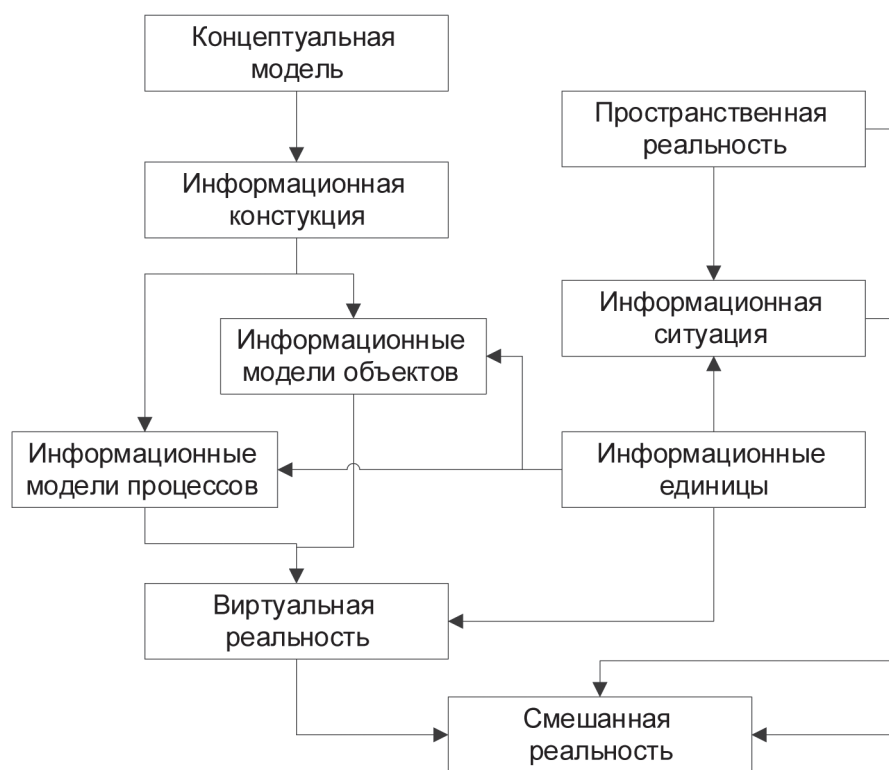


Рисунок 2 – Информационные модели при конструировании смешенной реальности

Модель информационной ситуации [17; 18; 19; 20] строится на основе применения информационного морфизма между реальностью и ее подмножеством объектов. Модель информационной конструкции служит основой для построения информационных моделей объектов и процессов. Важнейшим процессом для смешанной реальности является информационное взаимодействие в информационной ситуации. Информационные модели объектов и процессов дают возможность построения виртуальной реальности. Смешанная реальность строится как синтез виртуальной реальности, информационной ситуации и пространственной реальности. Основой для построения разнообразных моделей являются информационные единицы. Информационной единицей называют информационный объект, представляющий описание некоторой сущности в виде совокупности логически связанных реквизитов и обладающий свойством неделимости по какому-либо критерию. Поскольку можно выбрать разные критерии делимости, то возможно образование различных информационных единиц. Если для информационных единиц существует синтаксис и целостность, то такую совокупность можно назвать информационным языком [21] моделирования.

Семантический аспект построения MR приводит к трансформации понятия “информационная конструкция” [19; 22] в понятие семантических конструкций программно-сетевых комплексов на основе использования технологий и методологии ONTONET. Результаты исследования информационных морфизмов показали необходимость нахождения коэффициентов информационной мощности для формирования смешанной реальности.

2. Информационная система моделирования смешанной реальности

Основой создания смешанной реальности является информационная система (ИС). Проектирование ИС [23] в первую очередь предопределяет архитектура системы, отражающая и реализующая концепцию, определяющая модель, структуру, выполняемые функции и взаимосвязи всех компонентов ИС, а также самой ИС с окружающей ее информационной средой [24]. В обобщённом понимании взаимодействие с окружающей средой и внутрисистемное взаимодействие представляется в терминологии информационного морфизма и его различных модификациях.

При формировании смешанной реальности ключевым элементом является максимально возможное число информационных каналов, которые система должна обрабатывать одновременно. Нагрузка каждого канала в значительной мере зависит от типа предоставляемых системой услуг. Например, MPEG-закодированный кинофильм можно просто передавать через систему к различным портам, без декодирования. А речевую информацию, считываемую из ADPCM – упакованного файла, по мере прохождения через систему нужно наоборот распаковывать. Самые «тяжёлые» случаи нагруженности мультимедиа систем связаны с разрешением видеоизображения, частотой кадров, масштабированием и т.п.

Технологической основой получения смешанной реальности являются мультимедийные технологии. В смешанной реальности воссоединены реальные и виртуальные компоненты интенсивных мультимедиа. В процессуальном аспекте они характеризуются прагматическими признаками, которые являются регуляторами технической реализации мультимедиа. К важной категории при формировании смешанной реальности относится время реакции мультимедийной системы в заданных временных параметрах.

В интенсифицированной видео и мультимедиа среде, равно как и в системах смешанной реальности, важной практической задачей является проблема обеспечения экранной синхронизации изображения со звуком. Звук генерируется внешним аппаратным устройством с собственным таймером, а изображение синхронизируется с ним. Пользователь способен заметить даже самые незначительные временные неоднородности в звуковом потоке, а пропуск кадров в визуальном потоке менее заметен. Расхождение же звука и изображения фиксируется человеком уже при задержках около 30 мс. Поэтому системы высококачественного мультимедиа или смешанной реальности должны обеспечивать синхронизацию с такой же или более высокой точностью, что мало отличается от реального времени. Основному видеофайлу сопутствует синхронный вспомогательный файл языкового перевода или субтитров. Достаточно изменить одну букву, один знак в его идентификационных признаках как система обретёт полный срыв ранее имевшейся синхронизации.

Новые требования привели к появлению новых архитектур – мультимедиа-компьютеров. Эти системы предназначены для передачи непрерывных потоков данных с одновременной их обработкой. В некоторых случаях это цифровая фильтрация данных, в других – упаковка/распаковка потоков информации. В любом случае обработка выполняется специализированными прикладными программами, исполняющимися под управлением стандартных цифровых сигнальных процессоров. И хотя все используют одни и те же технические средства, сейчас появилась возможность собирать специализированные системы мультимедиа из готовых компонентов. Причём объединяющими признаками, мерами и инструментами в этом являются когнитивные характеристики.

3. Компоненты смешанной реальности

В интенсивной среде технологии мультимедиа учитывают особенности дополненной реальности представляемой как совокупность реальной части и виртуальных дополнений в макромедиа. Вместе с тем в смешанной реальности речь идет не только о виртуальной реальности, но и обладающей более сложной архитектурой смешанной реальности, где взаимодействуют две взаимосвязанные составляющие:

- реальная составляющая (основная);
- виртуальное дополнение (надстроечная).

Исследования показали, что смешанная реальность рассматривается как продукт интеграции и взаимодействия макромедиа реальности без виртуализации и сотрудничающего с ней виртуального дополнения, что определено самим термином «дополненная реальность». Смешанная реальность ис-

пользует подход самоорганизации. Это позволяет условно разделять информационное поле на реальную часть и виртуальное дополнение. При этом любые регулирующие действия морфизмов в каждой из этих двух частей независимы друг от друга. Соединение и взаимодействие реальной составляющей и виртуальной осуществляется на основе применения принципов, связанных с синергией этого объединения на основе эргодичности и информационного соответствия.

4. Информационные морфизмы как комплекс информационных взаимодействий

Информационные морфизмы как вид информационного взаимодействия могут продуктивно применяться в информационных полях, сопряженных с обширнейшим разнообразием технологических средств, в том числе смешанной реальности. В межагентном взаимодействии в сложных информационных средах, каковыми являются макромедиа мобилити, в самом общем виде наиболее универсально использование понятия изоморфизма. В частных случаях в информационном взаимодействии вполне корректно применение разновидностей информационного морфизма, представляющих это взаимодействие. Например, графовый морфизм – отображение графа, представляющее описание его координат и направления действия, сохраняющее структуру графа, смежность и метки вершин [24].

Информационный морфизм в обобщенном толковании как процессуальная модель представляет собой оценку совокупной эффективности межагентного информационного взаимодействия заданной континуальной области информационных полей и технологических средств, в том числе смешанной реальности. Информационный морфизм как параметрическая модель есть продукт генеральных показателей, причем показатели отобраны таким образом, чтобы обеспечить наивысшую эффективность информационного взаимодействия.

Введение в трактовку информационного морфизма с позиций семиотики позволяет подключать семантическое и когнитивное моделирование в этот процесс. В сложных ситуациях взаимодействия формальное описание не отражает в полной мере возможности и ответную реакцию агента-приемника информации с человеком-пользователем, то есть не работает полноценно в теории и практике моделирования и проектирования информационных эргатических систем. Это требует включения когнитивных технологий в систему информационного морфизма при сложных мультимедийных взаимодействиях. Поэтому главная задача состоит в создании универсального математического описания информационного морфизма, обладающего возможностями полноценной унифицированной оценки и приводящего к ясному и точному выявлению совокупной эмерджентности, как результатов взаимодействий с точностью до постоянного коэффициента. Модель межагентных информационных морфизмов в смешанной реальности характеризуется наличием двух взаимосвязанных потоков морфизма виртуального и реального составляющего.

Обобщая всё выше сказанное, можно полагать, что возможно представление всех факторов межагентных взаимодействий и их морфизмов в виде набора (матрицы) вероятностных или детерминированных функций, описывающих все разнообразие определяющих это взаимодействие факторов.

Ценность введенного в теорию информационных процессов и систем понятия информационного морфизма как обобщения многих свойств и признаков позволяет выделить ключевой показатель машинно-машинного и человеко-машинного взаимодействия – информационный морфизм. Этот показатель определяет и позволяет передавать информацию с последующей возможностью ее обработки в заданном информационном пространстве. Информационный морфизм – это характеристика синергетического информационного взаимодействия, приводящего к возникновению эмерджентности на выходе этого процесса. Из этого следует, что наиболее продуктивной оценочной характеристикой информационного морфизма является величина эмерджентности как результат произведенной синергии.

При проектировании смешанной реальности подлежит анализу и уточнению определение информационного морфизма, описывающего межагентное взаимодействие применительно к различным архитектурным решениям разнообразных макромедиа сред. Это является необходимым в различных архитектурных решениях для портално-сетевых комплексов, информационных киосков, а также систем виртуальной, дополненной и смешанной реальности.

При проектировании смешанной реальности необходимо выявить особенности применения понятия и разновидностей информационных морфизмов в условиях возникновения множества разрозненных или пересекающихся информационных связей в современных интенсифицированных мультимедиа средах. При проектировании смешанной реальности необходимо наряду с понятиями «информационное пространство», «информационное поле» включать в рассмотрение понятия «информационная ситуация», как локальную область информационного взаимодействия. Необходимо также включать в рассмотрение понятия «информационная среда» как коммуникационную область информационного взаимодействия. Это понятие позволяет учитывать влияние интенсифицированных информационных технологий в макромедиа.

Межагентный информационный морфизм наряду с изменением свойств и качеств объектов обмена информации может приводить вместе с этим или вне этого к проявлению и/или индикации (иногда только индикации) до сего не вскрытых свойств и качеств. Это дает основание утверждать, что возникает специфический информационный морфизм смешанной реальности. Следует отметить научную публикацию Дышленко С.Г. «Информационный морфизм пространственных преобразований» [11], в которой доказано, что информационный морфизм характеризует не только преобразования, но и пространственные и информационные отношения. В заключение уместно заметить, что формирование оценки информационного морфизма сводится к построению и реализации целевой функции.

5. Реализация смешанной реальности

Сочетание трех факторов – компьютерной обработки, когнитивного ввода и воздействия окружающей среды – создает основу для создания модели смешанной реальности. В этом случае динамика физического мира с помощью информационного морфизма может переводиться в динамику цифрового мира или в построение картины цифрового мира. Границы физического мира могут влиять на работу приложений в цифровом мире. Без участия окружающей среды информационный морфизм не может проявляться между физической и цифровой реальностями.

Поскольку смешанная реальность сочетает в себе физический и цифровой миры, то ее модель задает полярные концы шкалы (рисунок 3), известной как континуум виртуальности. Можно назвать совокупность реальностей спектром смешанной реальности. С левой стороны у нас есть физическая реальность, в которой мы, люди, существуем. С правой стороны у нас есть соответствующая цифровая реальность.

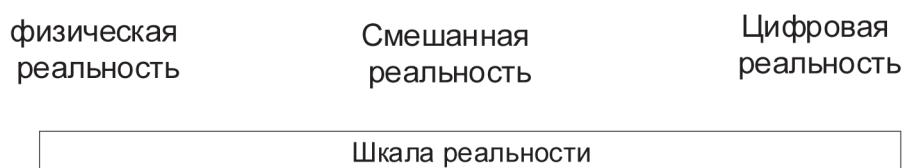


Рисунок 3 – Шкала реальностей

Информационные технологии, которые накладывают графику на видеопотоки физического мира, являются приложениями дополненной реальности. Модели и технологии, которые закрывают взгляд на реальный мир, чтобы представить цифровой опыт, являются виртуальной реальностью. Возможности взаимодействия между дополненной и виртуальной реальностью формируют смешанную реальность. Большинство приложений дополненной реальности и виртуальной реальности, доступных сегодня, составляют небольшую часть этого спектра и считаются подмножествами более широкого спектра смешанной реальности.

Существует два основных типа устройств, которые обеспечивают работу с Mixed Reality:

- голографические устройства характеризуются способностью устройства размещать цифровой контент в реальном мире, позволяют наблюдать виртуальный мир как реальный;
- иммерсивные устройства характеризуются способностью в той или иной степени, заменить ощущения реального мира на симулированные с помощью иммерсивных технологий, тем самым погружая человека в измененный или полностью виртуальный мир.

Есть два способа применения Mixed Reality в учебном процессе. Первый более традиционный, он включает в себя настольный компьютер, на котором обучающиеся исследуют виртуальную среду с помощью компьютера, клавиатуры, мыши или другого устройства ввода, например, беспроводного контроллера. Это определяется как виртуальная реальность. Второй способ – это полностью иммерсивный опыт, требующий от обучающихся носить шлемы виртуальной реальности (HMD – Head-Mounted Displays) и контроллер движения, с помощью которого они могут взаимодействовать с окружающей средой, создаваемой сочетанием реального и виртуального миров, в которых сосуществуют физические и цифровые объекты. Благодаря этой смешанной реальности обучающиеся могут прикасаться к объектам и манипулировать ими, создавая более глубокое их понимание. Для многих студентов учиться на практике легче, чем учиться на слух. Этот второй тип смешанной реальности обеспечивает более информативный, многоканальный и эффективный процесс обучения, чем первый и, чем все другие традиционные методы обучения.

Заключение

Разработаны рекомендации по применению обобщенного метода упорядочения информационного морфизма эквивалентных семантических архитектур в портално-сетевых комплексах смешанной реальности. Приводится обоснование, что все виды межагентных взаимодействий в обучающих информационных системах можно свести к той или иной разновидности информационного морфизма в пределах поставленной аналитической и/или образовательной задачи. В частности, в дополненной, смешанной реальности, в многомерной компьютерной графике целесообразно применение морфизмов как интегрированной универсальной технологии информационного обмена и информационного взаимодействия. Важным фактором смешанной реальности являются различные информационные единицы: логические, семантические, графические, процессуальные и другие. Совокупность этих составляющих инвариантна по отношению к морфизмам. В противовес позиции жесткому лекционному обучению смешанная реальность вариативна, легко адаптируется к нововведениям и может быть приспособлена к показу ретроспективных фактов и моделей в ходе обучения.

Список литературы

1. *Rasimah C.M.Y., Ahmad A., Zaman H.B.* Evaluation of user acceptance of mixed reality technology // *Australasian Journal of Educational Technology*. – 2011. – Т. 27. – № 8.
2. *Huber T. et al.* Head-mounted mixed-reality technology during robotic-assisted transanal total mesorectal excision // *Diseases of the Colon & Rectum*. – 2019. – Vol. 62. – № 2. – pp. 258–261.
3. *Chen P. et al.* A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016 // *Innovations in smart learning*. – Springer, Singapore, 2017. – С. 13–18.
4. *Elmqaddem N.* Augmented reality and virtual reality in education. Myth or reality? // *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*. – 2019. – Vol. 14. – № 03. – pp. 234–242.
5. *Цветков В.Я.* Когнитивные аспекты построения виртуальных образовательных моделей // *Перспективы науки и образования*. – 2013. – №3 (3). – С. 38–46.
6. *Tsvetkov V.Ya.* Virtual Modeling // *European Journal of Technology and Design*. – 2016. – 1(11). – pp. 35–44.
7. *Deshko I.P., Kryazhenkov K.G., Cheharin E.E.* Virtual Technologies // *Modeling of Artificial Intelligence*. – 2016. – 1 (9). – pp. 33–43. DOI: 10.13187/mai.2016.9.33 www.ejournal11.com
8. *Цветков В.Я.* Фактофиксирующие и интерпретирующие модели // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2016. – № 9-3. – С. 487.
9. *Линецкий Б.Л.* Информационный морфизм в менеджменте // *Славянский форум*. – 2012. – 1(1). – С. 232–236.
10. *Розенберг И.Н.* Диадный и тринитарный информационный морфизм // *Славянский форум*. – 2018. – 2(20). – С. 76–82.
11. *Дышленко С.Г.* Информационный морфизм пространственных преобразований // *ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении*. – 2018. – № 6. – С. 21–26.

12. *Ожерельева Т.А.* Информационное соответствие и информационный морфизм в информационном поле // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. – 2017. – № 4. – С. 86–92.
13. *Tsvetkov V.Ya.* Information interaction // European researcher. – 2013. – № 11-1 (62). – pp. 2573–2577.
14. *Tsvetkov V.Ya.* Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European researcher. – 2013. – 4-1 (45). – pp. 782–786.
15. *Tsvetkov V.Ya., Matchin V.T.* Information Conversion into Information Resources// European Journal of Technology and Design. – 2014. – № 2(4)/ – pp. 92–104.
16. *Охотников А.Л.* Информационный морфизм в информационном поле // Перспективы Науки и Образования. – 2017. – №4 (28). – С. 7–11.
17. *Цветков В.Я.* Модель информационной ситуации // Перспективы науки и образования. – 2017. – № 3(27). – С. 13–19.
18. *Цветков В.Я.* Систематика информационных ситуаций // Перспективы науки и образования. – 2016. – № 5 (23). – С. 64–68.
19. *Лотоцкий В.Л.* Информационная ситуация и информационная конструкция // Славянский форум. – 2017. – 2(16). – С. 39–44.
20. *Ожерельева Т.А.* Информационная ситуация как инструмент управления // Славянский форум. – 2016. – 4(14). – С. 176–181.
21. *Иванников А.Д.* Проблема информационных языков и современное состояние информатики // Вестник МГТУ МИРЭА. – 2014. – № 4(5). – С. 39–62.
22. *Tsvetkov V.Ya.* Information Constructions // European Journal of Technology and Design. – 2014. – № 3(5). – pp. 147–152.
23. *Монахов С.В., Савиных В.П., Цветков В.Я.* Методология анализа и проектирования сложных информационных систем. – М.: Просвещение, 2005. – 264 с.
24. *Войтович А.Ю., Мордвинов В.А.* Вопросы математического обеспечения компьютерных сетей на основе семантического подхода // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – № 5. – С. 80–82.

References

1. *Rasimah C.M.Y., Ahmad A., Zaman H.B.* Evaluation of user acceptance of mixed reality technology // Australasian Journal of Educational Technology. – 2011. – Vol. 27. – № 8.
2. *Huber T. et al.* Head-mounted mixed-reality technology during robotic-assisted transanal total mesorectal excision // Diseases of the Colon & Rectum. – 2019. – Vol. 62. – № 2. – pp. 258–261.
3. *Chen P. et al.* A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016 // Innovations in smart learning. – Springer, Singapore, 2017. – pp. 13–18.
4. *Elmqaddem N.* Augmented reality and virtual reality in education. Myth or reality? // International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET). – 2019. – Vol. 14. – № 03. – pp. 234–242.
5. *Tsvetkov V.Ya.* Kognitivnye aspekty postroeniya virtual'nyh obrazovatel'nyh modelej// Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2013. – №3 (3). – S. 38–46.
6. *Tsvetkov V.Ya.* Virtual Modeling // European Journal of Technology and Design. – 2016. – 1(11). – pp. 35–44.
7. *Deshko I.P., Kryazhenkov K.G., Cheharin E.E.* Virtual Technologies // Modeling of Artificial Intelligence. – 2016. – 1 (9). – pp. 33–43. DOI: 10.13187/mai.2016.9.33 www.ejournal11.com
8. *Tsvetkov V.Ya.* Faktifiksiruyushchie i interpretiruyushchie modeli // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovaniy. – 2016. – № 9–3. – S. 487.
9. *Lineckij B.L.* Informacionnyj morfizm v menezhmente // Slavyanskij forum. – 2012. – 1(1). – S. 232–236.
10. *Rozenberg I.N.* Diadnyj i trinitarnyj informacionnyj morfizm // Slavyanskij forum. – 2018. – 2(20). – S. 76–82.
11. *Dyshlenko S.G.* Informacionnyj morfizm prostranstvennyh preobrazovaniy // ITNOU: Informacionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii. – 2018. – № 6. – S. 21–26.
12. *Ozherel'eva T.A.* Informacionnoe sootvetstvie i informacionnyj morfizm v informacionnom pole // ITNOU: Informacionnye tekhnologii v nauke, obrazovanii i upravlenii. – 2017. – №4. – S. 86–92.

13. *Tsvetkov V.Ya.* Information interaction // European researcher. – 2013. – № 11-1 (62). – S. 2573–2577.
14. *Tsvetkov V.Ya.* Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European researcher. – 2013. – 4-1 (45). – pp. 782–786.
15. *Tsvetkov V.Ya., Matchin V.T.* Information Conversion into Information Resources// European Journal of Technology and Design. – 2014. – № 2(4). – pp. 92–104.
16. *Ohotnikov A.L.* Informacionnyj morfizm v informacionnom pole // Perspektivy Nauki i Obrazovaniya. – 2017. – № 4 (28). – S. 7–11.
17. *Tsvetkov V.Ya.* Model' informacionnoj situacii // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2017. – № 3(27). – S. 13–19.
18. *Tsvetkov V.Ya.* Sistematika informacionnyh situacij // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2016. – № 5 (23). – S. 64–68.
19. *Lotockij V.L.* Informacionnaya situaciya i informacionnaya konstrukciya // Slavyanskij forum. – 2017. – 2(16). – S. 39–44.
20. *Ozherel'eva T.A.* Informacionnaya situaciya kak instrument upravleniya // Slavyanskij forum. – 2016. – 4(14). – S. 176–181.
21. *Ivannikov A.D.* Problema informacionnyh yazykov i sovremennoe sostoyanie informatiki // Vestnik MGTU MIREA. – 2014. – № 4(5). – S. 39–62.
22. *Tsvetkov V.Ya.* Information Constructions // European Journal of Technology and Design. – 2014. – № 3(5). – pp. 147–152.
23. *Monahov S.V., Savinyh V.P., Tsvetkov V.Ya.* Metodologiya analiza i proektirovaniya slozhnyh informacionnyh sistem. – M.: Prosveshchenie, 2005. – 264 s.
24. *Vojtovich A.Yu., Mordvinov V.A.* Voprosy matematicheskogo obespecheniya komp'yuternyh setej na osnove semanticheskogo podhoda // Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. – 2010. – №5. – S. 80–82.