

Распознавание образов

Обзор технологий виртуальной и дополненной реальности*

О.А. Славин^{I,II}, Е.С. Гринь^{III}

^I Институт системного анализа Федерального исследовательского центра

«Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия

^{II} ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт» (государственный университет), г. Москва, Россия

^{III} Московский государственный юридический университет им. О.Е. Кутафина (МГЮА), г. Москва, Россия

Аннотация. В работе рассматриваются характеристики современных технологий виртуальной и дополненной реальности. Приводится описание особенности реализации приложений на основе технологий виртуальной и дополненной реальности и примеры применения в приложениях, разработанных в РФ. Перечислены проблемы, затрудняющие возможности использования технологий виртуальной и дополненной реальности. Отмечена необходимость охраны объектов интеллектуальной собственности, полученных с применением технологий AVR. Значительная часть обзора основана на отечественных публикациях.

Ключевые слова: виртуальная реальность, дополненная реальность, шлем виртуальной реальности, иммерсивность, виртуальный объект, хептические технологии, контент.

DOI: 10.14357/20790279190304

Введение

Виртуальная и дополненная реальность являются элементами модели гибридной реальности, определенной в работах [1, 2]. В этой модели объекты реального и виртуального миров взаимодействуют между собой в реальном времени. Гибридная реальность подразделяется на полную реальность (реальный мир), виртуальную реальность, дополненную реальность и дополненную виртуальность.

Виртуальной реальностью или полной виртуальностью (virtual reality, VR) называется созданная программными и техническими средствами совокупность объектов, доступных пользователю через его ощущения: зрение, слух, обоняние, осязание и иные чувства.

Виртуальная реальность заменяет реальный мир, воздействует на пользователя и реагирует на его реакции. Дополненной реальностью (augmented reality, AR) называются технологии, которые дополняют реальный мир цифровыми объектами или устраняют объекты реального мира. Возможности AR ограничиваются возможностями устройств и программ. В дополненной виртуальности (augmented virtuality, AV) кроме виртуальных объектов присутствуют объекты из реального мира [2]. Мы будем обозначать через AVR все виды виртуальной и дополненной реальности, принадлежащие гибридной модели и отличные от реального мира.

История виртуальной реальности началась задолго до наступления компьютерной эры. Механически тренажер полетов Link Trainer был запатентован компанией Link Aviation Devices, Inc в 1929 году [3]. В 1962 был получен патент на виртуальный симулятор Sensorama [4], который де-

* Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-29-16199 МК «Концепция интеллектуальных прав в сфере технологий виртуальной и дополненной реальности».

монстрировал видеозаписи нескольких кинокамер в сопровождении стереозвука, создавал вибрацию сидения и воздушный поток, а также воспроизводил необходимые запахи.

В 1967 году А. Э. Сазерлендом и Б. Спроулом был создан первый шлем виртуальной и дополненной реальности, который крепился к потолку и подключался к компьютеру, формирующему различные зрительные образы и изменяющему эти образы в зависимости от положения головы (принципы работы этого устройства частично описаны в работе [5]).

В 1980-х годах компания VPL Research создала очки виртуальной реальности EyePhone и сенсорный костюм DataSuit, позволяющие отслеживать движения пользователя и управлять с их помощью объектами виртуальной реальности, сгенерированными с помощью компьютера [6].

В 1990-е годы технологии виртуальной реальности нашли применение в игровой индустрии, например, компания Sega разработала устройство Genesis, использующее технологии виртуальной реальности. Однако из-за несовершенства устройства при тестировании у пользователей возникали болезненные ощущения, поэтому Genesis в продажу не поступил.

В настоящее время подавляющее большинство технологий виртуальной и дополненной реальности основаны на компьютерных технологиях. Это означает, что AVR создается с помощью устройств, включающих процессоры, оперативную память, устройства долговременного хранения данных и интерфейсные микросхемы, что свойственно всем современным цифровым устройствам. Взаимодействие с пользователем реализуется с помощью компонентов ввода, отвечающих за контроль реакций пользователя, и компонентов вывода, отвечающих за воздействие на органы чувств пользователя. Сценарии взаимодействия реализуются с помощью программного обеспечения.

Можно сказать, что технологии AVR призваны заменить современные способы взаимодействия пользователя с компьютером. Представители Bank of America Merrill Lynch в своем исследовании 2016 года [7] заявляли, что наряду с другими технологиями AVR станут важным элементом четвертой промышленной революции. Переломный момент в развитии данных технологий ожидался в 2020 году. Однако на сегодняшний день рынок технологий дополненной и виртуальной реальности не является массовым по многочисленным причинам, прежде всего, из-за несовершенства современного контента.

В данной работе будут рассмотрены особенности устройств, используемых в технологиях AVR, описаны особенности разработки с применением технологий AVR и приведены примеры реализации проектов, основанных на технологиях AVR, в основном, предложенных отечественными учеными.

1. Обзор характерных современных решений AVR

Несмотря на то, что современные технологии и виртуальной и дополненной реальности основаны на цифровых технологиях и устройствах, сохраняются различия между AR и VR. AR состоят из объектов реального мира с дополнениями виртуальных объектов, а VR – из виртуальных объектов с дополнениями объектами реального мира. Объекты реального мира могут быть оцифрованными, например, использоваться в виртуальной среде 3D-моделей. Или, наоборот, виртуальные объекты могут быть материализованными, например, в виде QR-кодов, привносящими в реальный мир ссылки на виртуальные образы.

Наиболее известными являются устройства AVR, называемые наголовными дисплеями (Head Mounted Display, HMD). HMD реализуются в виде шлемов и очков и позволяют проецировать в глаза пользователя два потока видеоизображений, защищенных от попадания внешнего света, выводить многоканальный звук и оценивать положение пользователя с помощью датчиков и акселерометров. На дисплеи отображаются смещенные друг относительно друга стереоскопические видеоизображения, что обеспечивает реалистичное восприятие трехмерной среды.

Шлемы для виртуальной реальности делятся на три типа:

- подключаемые к компьютеру (HTC-Vive, OculusRift) или к устройствам, обеспечивающим высокую вычислительную мощность, например, к консолям (Playstation VR);
- подключаемые к мобильным устройствам, менее требовательные и громоздкие, чем подключаемые к компьютерам (Samsung Gear VR, Google Cardboard);
- автономные очки виртуальной реальности, снабженные собственными процессорами и функционирующие под управлением собственной операционной системы, при этом подготовка контента для отображения происходит непосредственно в автономных очках: OculusGo, HTC ViveFocus, AuraVisor.

Шлемы и автономные очки позволяют анализировать пространство вокруг пользователя и дополнять его виртуальными объектами. У большинства HDM имеется функция распознавания голоса и движений. Различают монокулярные (GoogleGlass, Vuzix M3000) и бинокулярные (Hololens, DAQRISmartGlasses) модели очков и шлемов.

Стандарт Google Cardboard предполагает наличие шлема для ввода стерео-видеопотока и смартфона, который обеспечивает все необходимые элементы AVR: дисплей, процессор, память, программное обеспечение, гироскоп, акселерометр, магнетометр, аккумулятор. Этот стандарт содержит набор требований к шлему, смартфону и программному обеспечению и позволяет производить оригинальные соответствующие стандарту устройства [8].

Другими устройствами AVR являются комнаты виртуальной реальности (Cave Automatic Virtual Environment), в которых видеоизображения отображаются на стены. Иногда для создания эффекта полного погружения в таких помещениях используются наголовные дисплеи. Более совершенными устройствами являются Motion Parallax 3D-дисплеи, позволяющие создавать у пользователя иллюзию объемного предмета за счет управления проекцией виртуального объекта на экране в зависимости от положения пользователя. Очевидное преимущество комнат виртуальной реальности по отношению к наголовным дисплеям состоит в том, что упрощается ориентация пользователя, который видит свое тело.

Разумеется, устройства AVR могут применяться не только в игровых приложениях. Примером такого применения является разработка WayRay – универсального автомобильного AR-навигатора Navion, обеспечивающего водителю новое качество визуального контакта с трассой [9]. В комплектацию устройства входит лазерный проектор и прозрачная пленка, позволяющие создавать на лобовом стекле изображения, воспринимаемые водителем как объекты, находящиеся перед автомобилем. Водителю в режиме реального времени доступна наглядная информация о маршруте следования и расстояниях до объектов. При этом ни шлема, ни специальных очков не требуется. Устройство может быть настроено для всех видов автомобилей. Отметим формальное сходство разработки WayRay с известными решениями для авиации (ИЛС, HUD), основанными на проекционных устройствах, экраны которых размещаются на линии визирования между пилотом и лобовым стеклом кабины самолета. Основной задачей ИЛС является помощь пилоту при взлете и посадке в

сложных метеорологических условиях. Примером ИЛС является коллиматорный широкоформатный индикатор на фоне лобового стекла ИКШ-1М, выпускаемый компанией АО «Раменское приборостроительное конструкторское бюро» [10].

Перечисленные устройства виртуальной реальности воздействуют на зрение и слух пользователя с помощью описанных способов отображения видеоизображений и воспроизведения многоканального звука в наушниках или в акустических системах пространственного звучания. Благодаря умению человеком различать пространственное расположение источника звука аудиоустройства помогают ориентироваться в виртуальном пространстве.

Необходимо упомянуть устройства, улучшающие ориентацию пользователя в комнатах виртуальной реальности или в наголовных дисплеях за счет контроля перемещения в пространстве или движений ног (например, беговые дорожки VirtuixOmni или ножные платформы 3DRudder). Эти устройства дают возможность управлять отображением контента в зависимости от изменения положения пользователя и его движений.

Чувство осязания, состоящее из различных ощущений, передаваемых мозгу через специализированные нейроны в коже человека, также может моделироваться устройствами AVR.

Положение пользователя в пространстве может быть оцифровано с помощью информационных перчаток (datagloves) и джойстиков. Информационные перчатки детектируют различные движения руки, такие как сгибание пальцев и изменение положения перчатки. В совокупности движений могут быть выделены подмножества, интерпретируемые как жесты. Примером игровой перчатки является устройство P5 Glove, разработанное компанией Essential Reality и поддерживаемое операционными системами Windows и MacOS [11]. Аналогичный комплект информационной перчатки описан в работе [12]. Тактильные перчатки могут также обеспечить обратную связь, которая является имитацией чувства осязания.

Тактильные перчатки HaptX, предназначенные для промышленного применения, обеспечивают тактильную отдачу и естественное взаимодействие с виртуальными объектами. Две перчатки отличаются 130 тактильными приводами, которые обеспечивают ощущение касания руки, используя технологию microfluidic с точностью отслеживания до миллиметра [13].

Тактильный ремень, выпускаемый компанией Woojer [14], совместимый с мобильными устройствами, ПК, игровыми консолями и гарнитурами

VR, предназначен для тактильного восприятия человеческим телом звука.

Технология «тактильных голограмм» компании Ultrahaptics [15] позволяет ощутить прикосновения к виртуальным объектам без перчаток и других дополнительных приспособлений. Технология обеспечивает имитацию прикосновений с помощью ультразвуковых колебаний. Эффект достигается при помощи набора небольших ультразвуковых источников звука.

Описанные выше устройства являются реально работающими и доступными для домашнего использования или применения в промышленных технологиях. Для реализации других видов виртуальных ощущений в настоящее время предлагаются несколько экспериментальных технологий.

Для продвижения игры «South Park: The Fractured but Whole» компания Ubisoft разработала устройство Nosulus Rift, продемонстрированное на выставках, посвященных компьютерным играм. Аксессуар Nosulus Rift состоит из двух небольших баночек с трубками, идущих непосредственно к ноздрям игрока [16].

Шлем FEELREAL VR Mask компании FEELREAL [17] позволяет ощутить в играх совокупности ветра, тепла, запахов, а также воды и тумана. Шлем оснащен несколькими вибромоторами для осуществления обратной связи с пользователем, несколькими кулерами для имитации ветра, микронагревателями для воссоздания горячего воздуха, а также ультразвукового ионизатора для моделирования водяной среды. Для имитации ароматов применяется специальный генератор запахов с семью картриджами, которые способны испарять определенные смеси ароматических субстанций.

Шлем ZephVR автоматически выделяет шум ветра на любой звуковой дорожке, что позволяет синхронно с событиями в любой видеоигре запускать вентиляторы ZephVR. Также возможен режим постоянного вентилятора для поддержания в шлеме комфортной атмосферы.

Ведутся разработки прототипов устройств для имитации вкусовых ощущений. В работе [18] описана технология имитации вкуса с помощью устройства, состоящего из сетки маленьких электродов, позволяющих имитировать кислый, горький и соленый вкус, сладкий вкус не удалось воссоздать. На базе этой технологии была создана «ложка», позволяющая ощущать вкус пищи. Для имитации сладкого вкуса была разработана технология Electric Food Texture System, основанная на быстро нагреваемых и охлаждающихся элементах Пельтье [19, 20].

Нельзя не упомянуть об исследованиях нейроинтерфейсов в AVR, которые должны позволить

избавиться от контроллеров или существенно уменьшить их число. Электроэнцефалографические шлемы (EEG-шлемы) извлекают и анализируют электрические сигналы мозга и оцифровывают для передачи в компьютер. Библиотека NeuroInsight [21] предлагает интерфейс для извлечения сигналов головного мозга, анализа и визуализации в реальном времени этих сигналов. Сбор и интерпретация данных доступны и тем пользователям, которые не обладают квалификацией нейробиолога. В настоящее время является перспективным комбинирование апробированных технологий AVR с неинвазивными EEG-системами.

Другая нейрогарнитура помогает развивать ряд способностей человека (таких как концентрация внимания, память, стрессоустойчивость) и является дополнением к компьютеру или планшету. Такие устройства крепятся на голове в виде эластичных нейрообручей с установленными датчиками. Они проводят сканирование мозговой активности человека в его лобных долях, тем самым измеряя уровень концентрации или спокойствия пользователя. Производитель уверен, что данная машина особенно пригодится тем, кому по роду занятий необходимо быть предельно внимательными [22]. Нейрогарнитура относится к визуальным мобильным видам AR [23].

Перечисленные выше устройства AVR обеспечивают имитацию широкого спектра ощущений, что позволяет их использовать как в играх, так и в промышленных технологиях.

Однако распространению технологий AVR мешает ряд существенных недостатков, не позволяющих воспользоваться всеми возможностями дополненной и виртуальной реальности. Степень полного погружения в виртуальную реальность (достижение полной иммерсивности) в настоящее время ограничена из-за низкого разрешения дисплеев и недостаточной производительности мобильных платформ или малой мобильности мощных систем, снабженных улучшенными устройствами отображения.

В работе [24] упоминается низкая частота работы гарнитур и невозможность видеть свое тело. Также утверждается, что перечисленные недостатки в совокупности приводят к побочным эффектам, таким как: головокружение, боли в глазах, тошнота, затрудненная ориентация в пространстве. Нельзя не упомянуть и о громоздких размерах и значительном весе шлемов виртуальной реальности. Однако все вышеперечисленные недостатки можно отнести в основном к VR и AR шлемам, VR комнаты и AR приложения им не подвержены.

Основные проблемы дополненной реальности связаны с эргономикой: малым углом обзора экранов устройств отображения, также многие пользователи заявляют о неудобстве очков.

Перечисленные проблемы позволяют сделать вывод о том, что, несмотря на известные достоинства, устройства виртуальной и дополненной реальности нуждаются в дальнейшем совершенствовании.

2. Особенности разработки современных технологий AVR

Несмотря на то, что для подавляющего большинства AVR-технологий необходимо оригинальное оборудование и программное обеспечение, некоторые виртуальные объекты (QR-коды, логотипы) могут быть оцифрованы и распознаны соответствующими программами на мобильном устройстве [25].

Создание контента и программного обеспечения виртуальной и дополненной реальности ведется разработчиками приложений для физических лиц (игры, развлечения, коммуникации, демонстрационные и рекламные продукты) и организаций (обучение, коммуникации, визуализация и управление технологическими процессами).

Программное обеспечение для виртуальной и дополненной реальности, предназначенное для игр и развлечений, создается на платформах разработки компьютерных игр (например, Unity [26], Unreal Engine [27]). При этом необходимы инструменты для разработки программ AVR, такие как Steam VR [28], Google VR [29], Oculus [30], Windows Mixed Reality [31], Google ARCore [32], Apple ARKit [33], Google Tango [34], Vuforia [35].

Перечислим характеристики некоторых инструментов для разработки программ AVR:

- Vuforia – платформа, реализующая следующие функции: распознавание различных типов визуальных объектов (куб, цилиндр, плоскость), распознавание текста и окружающей среды, реализация комбинации изображений и QR-кодов (VuMark), сканирование и создание объектных меток, использование плагина для Unity, являющегося межплатформенным средством разработки компьютерных игр [26];
- EasyAR – платформа, реализующая следующие функции: распознавание 3D-объектов, восприятие окружающей среды, работа со смарт-очками;
- Wikitude – библиотека (SDK) для разработчиков, которая позволяет создавать собственные AR-приложения с нуля или интегрировать

AR-функционал в уже готовые приложения. Wikitude SDK обладает следующими функциями: распознавание и отслеживание изображений, трехмерное слежение на базе SLAM, работа с данными географической привязкой, сохранение базы распознанных изображений в облаке, использование плагина для Unity;

- ARToolKit – библиотека трекинга для дополненной реальности с открытым исходным кодом, реализующая следующие возможности: трекинг позиции/ориентации для устройств с обычными и стереоскопическими камерами, отслеживание плоских изображений, калибровка камеры и стереоскопической оптики, использование плагинов для Unity и OpenSceneGraph, поддержка оптических шлемов и очков;
- Kudan – платформа, позволяющая вести разработку дополненной реальности, используя алгоритмы искусственного восприятия (Artificial Perception) и искусственного интеллекта. Используя технологию SLAM, Kudan позволяет распознавать простые изображения и 3D-объекты и обеспечивать генерацию базы данных для Unity [36];
- RealEye – технология, состоящая из программной среды – интерфейса и устройства – контроллера дополненной реальности. Основой приложения является Flash-модуль, предназначенный для среды Flash Develop. Этот модуль использует трехмерную модель предмета, объекта или явления, созданная в среде трехмерной графики 3ds Max, текстуру модели, подготовленную в Photoshop, и маркер, разработанный в CorelDraw. В RealEye использованы платформа Alternativa3D, обеспечивающая поддержку графики, и трекер FLAR Manager, производящий отслеживание маркера в пространстве и прорисовку 3D-объекта.

Разумеется, не все средства разработки AR и VR являются мультиплатформенными, что ограничивает использование реализованного программного обеспечения на различных конкурирующих платформах (Apple и Android, HTC Vive и Playstation VR).

Наличие большого набора аппаратных решений и средств разработки приложений AVR делает возможным создание прикладных приложений коллективами разной численности. Число разработчиков решений AVR с каждым годом увеличивается, в том числе, российских компаний.

Возможность использования в своих продуктах библиотек с реализованными алгоритмами моделирования 3D-геоматрических объектов и алгоритмами искусственного интеллекта позволяет разработчикам создавать сложные программные продукты, базирующиеся на технологиях AVR.

Оцифровка 3D-объектов в настоящее время также хорошо изучена [37, 38].

Для создания таких продуктов особенно важна подготовка контента. Это требует участия специалистов, не имеющих непосредственного отношения к устройствам и программному обеспечению AVR. Пользователи жалуются на однообразие предлагаемого контента и на несовершенное представление контента с точки зрения возможностей AVR.

Кроме применения технологий AVR в развлекательных продуктах ожидается использование технологий AVR в следующих областях:

- социальные сети,
- программы для обучения,
- промышленные приложения.

Социальное взаимодействие пользователей с помощью шлемов виртуальной реальности наиболее известно по проекту Facebook Spaces Beta, использующего устройства Oculus, позволяющего обмениваться сообщениями и организовывать видео-чаты с другими пользователями [39]. Другими примерами социальных VR являются приложение vTime [40], позволяющее разместить в нескольких комнатах ограниченное число аватаров пользователей, и приложение AltspaceVR [41], в котором доступно применение как традиционных клавиатур и мыши, так и джойстиков и контроллеров движения. vTime и AltspaceVR поддерживают платформы Oculus и HTC - SteamVR (HTC -Vive).

Применение технологий AVR в обучении (immersive education) основано на включении в процесс виртуальных миров и симуляций. Этот способ обучения способствует повышению вовлеченности, коммуникаций между обучаемыми и повышению интереса к предмету. Известными недостатками обучения с помощью AVR является медленный отклик виртуальных объектов и трудности педагогов с работой в формате AR из-за несовершенств современных устройств.

В настоящее время существует несколько платформ для разработки приложений, использующих устройства и технологии AVR для применения в социальных сетях, образовании и промышленности. Кроме описанных выше проблем применение технологий AVR ограничивается общесистемными требованиями, связанными с информационной безопасностью, надежностью работы устройств AVR в особых условиях, точностью устройств AVR.

3. Обзор применения технологий AVR в обучении, медицине и промышленности

Шлемы, очки и дополнительные устройства AVR представляют интерес для промышленно-

го применения и обучения, для которых контент может быть произведен в результате выполнения заказных решений, которые выходят за рамки стандартных возможностей и разрабатываются с учетом отраслевых особенностей. В данном разделе приводится описание возможностей использования технологий AVR в обучении, медицине и промышленности, предложенные в российских публикациях.

В работе [42] описаны исследования влияния технологий дополненной реальности на процесс обучения, отмечается улучшение успеваемости и повышение уровня мотивации обучаемых.

В обзоре [43] перечисляются следующие применения VR в образовании: изучение природы, зоология, астрономия, проведение лабораторных работ по физике. Для AR – это изучение анатомии, химии и астрономии. Делается вывод о перспективности использования технологий дополненной и виртуальной реальности, прежде всего, в области дополнительного образования, в том числе дистанционного. Перечисляются недостатки использования в образовании виртуальной реальности, такие как:

- сложность создания учебного виртуального контента большого объема,
- стоимость шлемов, необходимых для воспроизведения контента,
- неполное использование потенциально возможной функциональности VR.

В работе [44] описывается применение учебно-тренировочных комплексов для усовершенствования обучения сварки с элементами технологии AV. Указывается, что средняя экономия от использования симулятора-тренажера компании Soldamatic [45] составляет 84%, число обучившихся увеличивается в 4 раза, а затраты сокращаются почти в 2 раза. Отмечается, что разработанный российский тренажер «Раскат», мог бы составить конкуренцию в стоимости импортным аналогам [46].

Возможности использования технологий виртуальной и дополненной реальности при изучении иностранных языков проанализированы в работе [47], основное внимание уделено техническим устройствам, способным синхронно переводить распознанного текста, в том числе упоминаются патенты Google [48] и Sony [49] на контактные линзы с такими возможностями. Перспективными предоставляются индивидуальные занятия в виртуальном мире

Применение технологий AVR в медицине обсуждается в работе [50]. В ней на основе патентного исследования технологии виртуальной и дополненной реальности в медицине характеризуются как перспективные, но далекие от продуктивизации ус-

луги, которые могли бы в ближайшее время сформировать новый рынок использования технологий в нейрохирургии, компьютерной томографии, акушерстве. Упоминаются отечественные разработки, такие как Phantom MD (приложение для пациентов, страдающих от патологического болевого синдрома) и Rehabunculus (помогает осуществить реабилитацию пациентов, перенесших инсульт).

В статье [51] предложена концепция приложения дополненной реальности «Автоматического мобильного сурдопереводчика». Она включает в себя подсистемы распознавания речи, жестов и команд.

В работе [52] описана разработанная программа, которая на основе компьютерной томографии создает виртуальную модель исследуемого органа и совмещает ее с пациентом по технологии дополненной реальности. Получаемая более объемная модель органа позволяет провести планирование перед операцией на основании детализации информации об анатомии и патологии органа [53]. В работе [52] делается вывод о преимущественном применении метода с использованием динамических картин во время проведения операции.

Помимо обучения, виртуальная реальность в совокупности с хептическими технологиями, основанными на осязании, позволяет лечить фобии и посттравматические стрессовые расстройства [54]. Взаимодействие с виртуальными предметами помогает восстановить координацию после перенесенного инсульта. Российская компания Fibrum, занимается выпуском гаджетов для виртуальной реальности [55], предназначенных для лечения психических расстройств.

Другим применением технологий AVR является проектирование и строительство. Преимущество использования возможностей AR и VR-технологий и их влияние на строительную сферу описано в обзорах [56, 57].

Приведенные в настоящем разделе предложения, равно как и реализованные приложения российских разработчиков, подтверждают факт возможности применения устройств и технологий AVR в промышленности, медицине и образовании. Основной задачей в таких разработках является создание контента, в том числе 3D-моделей и методик использования.

Заключение

В ежегодном обзоре компании PricewaterhouseCoopers в 2017 году указано, что организации, инвестирующие в цифровые технологии, на 10% сегодня

вкладываются в технологии дополненной реальности. Утверждается, что через три года в технологии дополненной реальности будут готовы вложиться уже 24 % опрошенных компаний [58]. Однако в другом обзоре за 2018 год PricewaterhouseCoopers в более сдержанном прогнозе отмечается, что в течение 2018–2019 годов на рынок выйдет большое число игр с технологией дополненной реальности [59]. Это свидетельствует об известных проблемах, которые пока не преодолены:

- неполное погружение в виртуальную реальность из-за низкого разрешения дисплеев и недостаточной производительности вычислительных платформ;
- громоздкие размеры и значительный вес шлемов виртуальной реальности;
- неудобство ношения очков дополненной реальности и неудобство экранов устройств отображения дополненной реальности из-за малых углов обзора;
- недостатки качественного контента, прежде всего, несовершенное с точки зрения науки представление материала;
- зависимость программного обеспечения от вычислительной мощности и неполная совместимость с различными платформами;
- побочные эффекты у пользователей: головокружение, боли в глазах, тошнота, затрудненная ориентация в пространстве.

В настоящее время технологии AVR продолжают совершенствоваться, а перечисленные выше недостатки постепенно устраняются. Ожидается, что к 2022 году на российском рынке компьютерных игр будет использоваться 7 млн устройств виртуальной реальности, при этом 3,3 млн из них будут представлены более новыми и удобными для пользователей специальными портативными шлемами [58]. Также технологии AVR будут востребованы в реализации проектов для различных областей промышленности.

Обратим внимание, что кроме подготовки устранения недостатков устройств виртуальной реальности, совершенствования программного обеспечения и создания контента для прогресса технологий виртуальной и дополненной реальности, важен процесс появления продуктов на основе использования данных технологий. К таким продуктам, например, относятся объекты, полученные пользователями технологий виртуальной и дополненной реальностей в личных или коммерческих целях.

Подобное многообразие объектов виртуальной и дополненной реальности порождает на практике широкий спектр вопросов, связанных как с обеспечением правовой охраны рассматриваемых

технологий и порождаемых ими продуктов, так и с проблемой использования полученных объектов.

Необходимым условием развития возможности применения технологий виртуальной и дополненной реальности является создание новых моделей по охране результатов творческого труда в компьютерных и киберфизических системах [60].

Литература

1. *Milgram P., Kishino F.* A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*. Vol E77-D. 1994. №12. P. 1321–1329.
2. *Иванова А.В.* Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения. Стратегические решения и риск-менеджмент. СПб.: Издательский дом «Реальная экономика». 2018. № 3 (106). С. 88-107.
3. *Jr Edwin* – Combination training device for student aviators and entertainment apparatus – Filed: 12.03.1930, Granted: 29.09.1931. Patent US1825462A G09B9/12.
4. *Morton L. Heilig, Long Beach N.Y.* SENSORAMA SMULATOR – Filed: 10.01.1961, Granted: 08.28.1962. Patent US3050870A G02B27/2228.
5. *Sutherland Ivan E.* 1968. A head-mounted three dimensional display. In *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I (AFIPS '68 (Fall, part I))*. ACM, New York, NY, USA, P. 757-764. DOI: <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>.
6. *Michael A. Teitel* – Virtual image display device – Filed: 03.07.1991, Granted: 07.12.1999. Patent US5999147A G02B27/0172.
7. *Future Reality: Virtual, Augmented & Mixed Reality (VR, AR & MR) Primer (2016)* // Bank of America Merrill Lynch. https://www.bofam.com/content/dam/boamlimages/documents/articles/ID16_1099/virtual_reality_primer_short.pdf (Доступ 20.06.2019).
8. *Patent China CN205301713U / 廖俊杰 林子焜 钱桂校* – Wear-type virtual reality glasses with wireless video transmission of 3D – Filed: 08.01.2016, Granted: 08.06.2016.
9. *Сайт компании* <https://wayray.com/> (Доступ 20.06.2019).
10. *Коллиматорный широкоформатный индикатор на фоне лобового стекла ИКШ-1М* <https://vpk.name/images/i136493.html> (Доступ 20.06.2019).
11. *5DT data glove* <http://www.5dt.com/products/pdataglovmri.html>, 2005. (Доступ 20.06.2019).
12. *Pamplona V.F., Fernandes L.A.F., Prauchner J.L., Nedel L.P. and Oliveira M.M.* The Image Based Data Glove. *SVR Proceedings of the 10th Symposium on Virtual and Augmented Reality*. João Pessoa, 2008. Anais do SVR 2008, Porto Alegre: SBC, 2008, pp. 204–211.
13. *Сайт компании HaptX* <https://haptx.com/> (Доступ 20.06.2019).
14. *Сайт компании* <https://www.woojer.com> (Доступ 20.06.2019).
15. *Сайт компании* <https://www.ultrahaptics.com/> (Доступ 20.06.2019).
16. *Сайт компании* <http://nosulusrift.ubisoft.com/?lang=ru-RU> (Доступ 20.06.2019).
17. *Сайт компании* <https://feelreal.com/> (Доступ 20.06.2019).
18. *Ranasinghe N., Suthokumar G., Yi Lee K., Do Yi Lee E.* Digital flavor interface. *UIST 2014 – Adjunct Publication of the 27th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. 2014. pp. 47-48.
19. *Nijima A., Ogawa T.* Virtual food texture by electrical muscle stimulation. *Proceeding ISWC '16 Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers, Heidelberg, Germany — September 12, 48-49*.
20. *Sasagawa J. Nijima M., A., Tomoki R. A., Yamada W.T.* A Proposal of Food Texture Display. *Proceeding CHI EA '18 Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-6.
21. *Сайт компании* <http://www.neurable.com/technology> (Доступ 20.06.2019).
22. *Kato H.* Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System. *Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality*. 1999. p. 85-94.
23. *Алексеева Д.Д., Маколкина М.А.* Обзор технологии дополненной реальности // Информационные технологии и телекоммуникации. СПб.: издательство Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича. Том 3. № 2. 2015. С. 101-110.
24. *Лаквиенко Е.П., Вороженко Е.А., Родионова Л.Е.* Обзор технологий виртуальной и дополненной реальности // Сборник научных статей 7-й международной научно-практической конференции «Современные материалы, техника и технология». Курск: издательство закрытого акционерного общества «Университетская книга», 2017. С. 205-209.
25. *Bulatov K., Arlazarov V.V., Chernov T., Slavin O., Nikolaev D.* Smart IDReader: Document Recognition in Video Stream. *Proc. 14th*

- International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR). 2017. vol. 6. P. 39–44.
26. Сайт программы Unity <https://unity3d.com> (Доступ 20.06.2019).
27. Сайт программы Unreal Engine <https://www.unrealengine.com/en-US/what-is-unreal-engine-4> (Доступ 20.06.2019).
28. Сайт программы SteamVR <https://developer.valvesoftware.com/wiki/SteamVR> (Доступ 20.06.2019).
29. Сайт программы Google VR <https://vr.google.com/> (Доступ 20.06.2019).
30. Сайт программы Oculus <https://developer.oculus.com/> (Доступ 20.06.2019).
31. Сайт программы Windows Mixed Reality <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality> (Доступ 20.06.2019).
32. Сайт программы ARCore <https://developers.google.com/ar/> (Доступ 20.06.2019).
33. Сайт программы ARKit <https://developer.apple.com/arkit/> (Доступ 20.06.2019).
34. Сайт программы Tango <https://developers.google.com/tango/> (Доступ 20.06.2019).
35. Сайт программы Vuforia <https://developer.vuforia.com/> (Доступ 20.06.2019).
36. Сайт программы <https://www.kudan.io> (Доступ 20.06.2019).
37. Echeagaray-Patrón B.A., Kober V.I., Karnaukhov V.N., Kuznetsov V.V. A method of face recognition using 3d facial surfaces. *Journal of Communications Technology and Electronics* 62(6) (2017). P. 648–652.
38. Ruchey A., Dorofeev K., Kober A. 3d object reconstruction using multiple kinect sensors and initial estimation of sensor parameters. In: *Proc. SPIE*. Vol. 10752. 2018.
39. Сайт программы Facebook Spaces Beta <https://www.oculus.com/experiences/rift/1036793313023466/> (Доступ 20.06.2019).
40. Сайт программы <https://vtime.net/> (Доступ 20.06.2019).
41. Сайт программы https://store.steampowered.com/app/407060/AltspaceVRThe_Social_VR_App/ (Доступ 20.06.2019).
42. Akşayır M., Gökçe A. Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review* 20 (2017): 1-11.
43. Бутов Р.А., Григорьев И.С. Виртуальная реальность для образования: обзор технологий и полезные ссылки <http://integral-russia.ru/2018/09/28/virtualnaya-realnost-dlya-obrazovaniya-obzor-i-poleznye-ssylki/> (Доступ 20.06.2019).
44. Лузанов О.Р., Савка О.И., Рагозина М.А. Применение технологии виртуальной и дополненной реальностей при обучении сварочному делу // *Материалы международной научно-практической конференции «Наука сегодня: теоретические и практические аспекты»*: в 2 частях. 2018. Вологда: Издательство ООО «Маркер», С. 59-61.
45. Виртуальный тренажер сварщика «Раскат» https://zarnitza.ru/catalog/uchlab/tehnologii-i-proizvodstvo/professionalnaya-podgotovka/virtualnyi-trenazher-svarshchikaraskat/?sphrase_id=183066 (accessed June 20, 2019).
46. *The first turn-key welding training solution powered with augmented reality* <http://www.soldamatic.com/what/> (Доступ 20.06.2019).
47. Дмитриев А.А., Холдеева Е.Ю. Некоторые современные технологии виртуальной и дополненной реальности при изучении языков // *Молодежный вестник ИРГТУ*. Иркутск: Издательство Иркутского национального исследовательского технического университета. № 4. 2016. С. 9-10.
48. Liu Zenghe (Google Inc.) – Microelectrodes In An Ophthalmic Electrochemical Sensor – Filed: 12.10.2012, Granted: 24.02.2015. Patent US US8965478B2 A61B5/1468.
49. Sako Y., Iwasaki M., Hayashi K., Kon T., Nakamura T., Onuma T., Tange A. – Contact lens and storage medium – Filed: 02.05.2013, Granted: 06.11.2014. Patent US (PCT) WO2014178221A1 G02C7/101.
50. Черченко О.В. Технологии дополненной и виртуальной реальности в медицине: анализ конкурентного ландшафта // *Экономика науки*, М.: Издательство Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации. 2018. Том 4. № 1. С. 69-80.
51. Худоев И.В., Пирмагомедов Р.Я., Маколкина М.А. Медицинские приложения дополненной реальности // *Материалы XXI Международной научной конференции «Распределенные компьютерные и телекоммуникационные сети: управление, вычисление, связь» (DCCN-2018)*. М.: Издательство РУДН. 2018. С. 149-161.
52. Дубровин В.Н., Егошин А.В., Фурман Я.А., Роженицов А.А., Ерусланов Р.И. Виртуальное планирование и возможности интраоперационной навигации при лапароскопической резекции почки / *Тюменский медицинский журнал*, Тюмень: Издательство Тюменского государственного

- ного медицинского университета. Том 17. № 1. 2015. С. 25-26.
53. *Nakamoto M., Ukimura O., Faber K., Gill I.S.* Current progress on augmented reality visualization in endoscopic surgery. *Curr. Opin. Urol.* 2012. Vol. 22. 121-126.
 54. *Максим Юрьевич Наумов.* Применение hepтических технологий как составляющей виртуальной или дополненной реальности / *Поступлат*, № 10 (2016) (Доступ 20.06.2019).
 55. *Сайт компании* <https://fibrum.com/vrshop> (Доступ 20.06.2019).
 56. *Кириякиди С.В.* Дополненная реальность и перспективы ее применения в строительной отрасли. http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16724 (Доступ 20.06.2019).
 57. *Белов Н.В., Дементьева А.В., Откупщикова И.А., Реськов К.Н., Третьякова З.О.* Применение AR и VR-технологий в строительстве / *Сборник научных трудов II Всероссийской научной конференции «Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса».* СПб.: издательство Санкт-Петербургского горного университета. 2019. С. 1054-1059.
 58. *Цифровое десятилетие. В ногу со временем(2017)* // PWC. <https://www.pwc.ru/ru/publications/globaldigital-iq-survey-rus.pdf>. (Доступ 20.06.2019).
 59. *Всемирный обзор индустрии развлечений и СМИ: прогноз на 2018 – 2022 годы* // PWC. <https://www.pwc.ru/ru/publications/assets/pwc-media-outlook-2018-rus-web.pdf> (Доступ 20.06.2019).
 60. *Гринь Е.С. Королева А.Г.* Формирование базовых моделей охраны технологий виртуальной и дополненной реальности в сфере права интеллектуальной собственности // *Актуальные проблемы российского права.* 2019. № 6.

Славин Олег Анатольевич. Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия. Главный научный сотрудник, доктор технических наук. Количество печатных работ: 77 (в т.ч. 1 монография). Область научных интересов: распознавание образов, информационные системы. E-mail: oslavina@isa.ru

Гринь Елена Сергеевна. Московский государственный юридический университет им. О.Е. Кутафина (МГЮА), г. Москва, Россия. Доцент, заместитель заведующего кафедрой интеллектуальных прав, кандидат юридических наук. Количество печатных работ: более 70 статей и монографий. Область научных интересов: право интеллектуальной собственности, авторское право, право новых технологий, сложные объекты авторских прав. E-mail: helenkotenko@yandex.ru

Overview of virtual and augmented reality technology

O.A. Slavin^{I,II}, E.S. Grin^{III}

^I Federal State Institution “Federal Research Center” Informatics and Management “of the Russian Academy of Sciences”, Moscow, Russia

^{II} Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Russia

^{III} Kutafin Moscow State Law University (MSAL), Moscow, Russia

Abstract. This paper discusses the characteristics of modern technologies of virtual and augmented reality, describes the features of the implementation of applications based on the technologies of virtual and augmented reality and examples of applications in applications developed in the Russian Federation. The article also lists problems that make it difficult to use technologies of virtual and augmented reality. The need to protect intellectual property obtained using AVR technologies was noted. Much of the review is based on domestic publications.

Keywords: *virtual reality, augmented reality, virtual reality helmet, immersiveness, virtual object, heptic technologies, content.*

DOI: 10.14357/20790279190304

References

1. *Milgram P., Kishino F.* 1994. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*. Vol E77-D, №12. P. 1321–1329.
2. *Ivanova A.V.* 2018. *Tekhnologii virtual'noj i dopolnennoj real'nosti: vozmozhnosti i prepyatstviya primeneniya [Virtual and Augmented Reality Technologies: Possibilities and Obstacles of Application].* *Strategicheskie resheniya i risk-menedzhment [Strategic decisions and risk management]*. 3 (106): 88-107.
3. *Jr Edwin* – Combination training device for student aviators and entertainment apparatus – Filed: 12.03.1930, Granted: 29.09.1931. Patent US1825462A G09B9/12
4. *Morton L. Heilig, Long Beach N.Y.* – SENSORAMA SMULATOR – Filed: 10.01.1961, Granted: 08.28.1962. Patent US3050870A G02B27/2228
5. *Sutherland Ivan E.* 1968. A head-mounted three dimensional display. In *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I (AFIPS '68 (Fall, part I))*. ACM, New York, NY, USA, P. 757-764. DOI: <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>
6. *Michael A. Teitel* – Virtual image display device – Filed: 03.07.1991, Granted: 07.12.1999. Patent US5999147A G02B27/0172
7. *Future Reality: Virtual, Augmented & Mixed Reality (VR, AR & MR) Primer (2016)* // Bank of America Merrill Lynch. https://www.bofam.com/content/dam/boamlimages/documents/articles/ID16_1099/virtual_reality_primer_short.pdf (Доступ 20.06.2019).
8. *Patent China CN205301713U / 廖俊杰 林子焜 钱桂校* – Wear-type virtual reality glasses with wireless video transmission of 3D – Filed: 08.01.2016, Granted: 08.06.2016.
9. *Company website* <https://wayray.com/> (accessed June 20, 2019).
10. *Коллиматорный широкоформатный индикатор на фоне лобового стекла ИКШ-1М* <https://vpk.name/images/i136493.html> (accessed June 20, 2019).
11. *5DT data glove* <http://www.5dt.com/products/pdataglovenri.html>, 2005. (Доступ 20.06.2019).
12. *Pamplona V.F., Fernandes L.A.F., Prauchner J.L., Nedel L.P. and Oliveira M.M.* 2008. The Image-Based Data Glove. *SVR Proceedings of the 10th Symposium on Virtual and Augmented Reality*. João Pessoa, 2008. Anais do SVR 2008, Porto Alegre: SBC, 2008, (ISBN 857669174-4). pp. 204–211.
13. *Company website HaptX* <https://haptx.com/> (accessed June 20, 2019).
14. *Company website* <https://www.woojer.com> (accessed June 20, 2019).
15. *Company website* <https://www.ultrahaptics.com/> (accessed June 20, 2019).
16. *Company website* <http://nosulusrift.ubisoft.com/?lang=ru-RU> (accessed June 20, 2019).
17. *Company website* <https://feelreal.com/> (accessed June 20, 2019).
18. *Ranasinghe N., Suthokumar G., Yi Lee K., Do Yi Lee E.* 2014. Digital flavor interface. *UIST 2014 – Adjunct Publication of the 27th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. pp. 47-48.
19. *Nijima A., Ogawa T.* 2016. Virtual food texture by electrical muscle stimulation. *Proceeding ISWC '16 Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers, Heidelberg*,

- Germany — September 12, 48-49 .
20. *Sasagawa J. Nijima M., A., Tomoki R. A., Yamada W.T.* 2018. A Proposal of Food Texture Display. Proceeding CHI EA '18 Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1-6.
 21. *Company website* <http://www.neurable.com/technology> (accessed June 20, 2019).
 22. *Kato H.* 1999. Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-based Augmented Reality Conferencing System. Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality. 85-94.
 23. *Alekseeva D.D., Makolkina M.A.* 2015. Obzor tekhnologii dopolnennoj real'nosti [Overview of Augmented Reality Technology]. Informacionnye tekhnologii i telekommunikacii [Information Technologies and Telecommunication]. 3(2): 101-110.
 24. *Lakienko E.P., Voroschenko E.A., Rodionova L.E.* 2017. Obzor tekhnologij virtual'noj i dopolnennoj real'nosti [Review of Virtual and Augmented Reality Technologies]. 7-j mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii "Sovremennye materialy, tekhnika i tekhnologiya" [7th International Scientific and Practical Conference "Modern Materials, Engineering and Technology". 205-209.
 25. *Bulatov K., Arlazarov V.V., Chernov T., Slavin O., Nikolaev D.* Smart IDReader: Document Recognition in Video Stream. Proc. 14th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), 2017, vol. 6, 39–44.
 26. *Program website* Unity <https://unity3d.com> (accessed June 20, 2019).
 27. *Program website* Unreal Engine <https://www.unrealengine.com/en-US/what-is-unreal-engine-4> (accessed June 20, 2019).
 28. *Program website* SteamVR <https://developer.valvesoftware.com/wiki/SteamVR> (accessed June 20, 2019).
 29. *Program website* Google VR <https://vr.google.com/> (accessed June 20, 2019).
 30. *Program website* Oculus <https://developer.oculus.com/> (accessed June 20, 2019).
 31. *Program website* Windows Mixed Reality <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality> (accessed June 20, 2019).
 32. *Program website* ARCore <https://developers.google.com/ar/> (accessed June 20, 2019).
 33. *Program website* ARKit <https://developer.apple.com/arkit/> (accessed June 20, 2019).
 34. *Program website* Tango <https://developers.google.com/tango/> (accessed June 20, 2019).
 35. *Program website* Vuforia <https://developer.vuforia.com/> (accessed June 20, 2019).
 36. *Program website* <https://www.kudan.io> (accessed June 20, 2019).
 37. *Echeagaray-Patrón B.A., Kober V.I., Karnaukhov V.N., Kuznetsov V.V.* A method of face recognition using 3d facial surfaces. Journal of Communications Technology and Electronics 62(6) (2017), 648–652.
 38. *Ruchey A., Dorofeev K., Kober A.*: 3d object reconstruction using multiple kinect sensors and initial estimation of sensor parameters. In: Proc. SPIE. Vol. 10752. (2018) 1075222–8
 39. *Program website* Facebook Spaces Beta <https://www.oculus.com/experiences/rift/1036793313023466/> (accessed June 20, 2019).
 40. *Program website* <https://vtime.net/> (accessed June 20, 2019).
 41. *Program website* https://store.steampowered.com/app/407060/AltspaceVRThe_Social_VR_App/ (accessed June 20, 2019).
 42. *Akçayır M., Gökçe A.* Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. Educational Research Review 20 (2017): 1-11.
 43. *Butov R. A., Grigor'ev I. S.* Virtual'naya real'nost' dlya obrazovaniya: obzor tekhnologij i poleznye ssylki [A Review of Technologies and Useful Links] <http://integral-russia.ru/2018/09/28/virtualnaya-realnost-dlya-obrazovaniya-obzor-i-poleznye-ssylki/> (accessed June 20, 2019).
 44. *Luzanov O.R., Savka O.I., Ragozina M.A.* 2018. Primenenie tekhnologii virtual'noj i dopolnennoj real'nostej pri obuchenii svarochnomu delu [The use of virtual and augmented reality technology in teaching welding business]. materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii "Nauka segodnya: teoreticheskie i prakticheskie aspekty": v 2 chastyah [materials of the international scientific-practical conference "Science today: theoretical and practical aspects": in 2 parts]. 59-61.
 45. *Virtual welder simulator "Roll"* https://zarnitza.ru/catalog/uchlab/tekhnologii-i-proizvodstvo/professionalnaya-podgotovka/virtualnyitrenazher-svarshchika-raskat/?sphrase_id=183066 (accessed June 20, 2019).
 46. *The first turn-key welding training solution powered with augmented reality* <http://www.soldamatic.com/what/> (accessed June 20, 2019).
 47. *Dmitriev A.A., Holdeeva E.Y.* 2016. Nekotorye sovremennye tekhnologii virtual'noj i dopolnennoj real'nosti pri izuchenii yazykov [Some modern

- technologies of virtual and augmented reality in the study of languages]. *Molodezhnyj vestnik IRGTU*, Irkutsk: Izdatel'stvo Irkutskogo nacional'nogo issledovatel'skogo tekhnicheskogo universiteta [*Molodezhny Vestnik of IRSTU*].4: 9-10.
48. *Liu Zenghe* (Google Inc.) – Microelectrodes In An Ophthalmic Electrochemical Sensor – Filed: 12.10.2012, Granted: 24.02.2015. Patent US US8965478B2 A61B5/1468.
 49. *Sako Y., Iwasaki M., Hayashi K., Kon T., Nakamura T., Onuma T., Tange A.* – Contact lens and storage medium – Filed: 02.05.2013, Granted: 06.11.2014. Patent US (PCT) WO2014178221A1 G02C7/101.
 50. *Cherchenko O.V.* 2018. Nekhnologii dopolnennoj i virtual'noj real'nosti v medicine: analiz konkurentnogo landshafta [Technologies of augmented and virtual reality in medicine: analysis of the competitive landscape]. “*Ekonomika nauki*” [“*Economics of Science*”]. 4(1): 69-80.
 51. *Hudoev I.V., Pirmagomedov R.YA., Makolkina M.A.* 2018. Medicinskie prilozheniya dopolnennoj real'nosti [Augmented reality medical applications]. materialy XXI Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii “Raspredelemnnye komp'yuternye i telekommunikacionnye seti: upravlenie, vychislenie, svyaz” (DCCN-2018) [materials of the XXI International Scientific Conference “Distributed computer and telecommunication networks: control, computing, communication”]. 149-161.
 52. *Dubrovin V.N., Egoshin A.V., Furman YA.A., Rozhencov A.A., Eruslanov R.I.* 2015. Virtual'noe planirovanie i vozmozhnosti intraoperacionnoj navigacii pri laparoskopicheskoj rezekcii pochki [Virtual planning and possibilities of intraoperative navigation during laparoscopic kidney resection]. *Tyumenskij medicinskij zhurnal* [Tyumen Medical Journal]. 17(1): 25-26
 53. *Nakamoto M., Ukimura O., Faber K., Gill I.S.* Current progress on augmented reality visualization in endoscopic surgery. *Curr. Opin. Urol.* 2012. Vol. 22. 121-126.
 54. *Максим Юрьевич Наумов.* Применение хептических технологий как составляющей виртуальной или дополненной реальности / *Постулат*, № 10 (2016) ISSN 2414-4487 (Доступ 20.06.2019).
 55. *Company website* <https://fibrum.com/vrshop> (accessed June 20, 2019).
 56. *Kir'yakidi S.V.* Dopolnennaya real'nost' i perspektivy ee primeneniya v stroitel'noj otrasli [Augmented reality and prospects for its application in the construction industry]. http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16724 (accessed June 20, 2019).
 57. *Belov N.V., Dementieva A.V., Otkupchikova I.A., Rieskov K.N., Tretyakova Z.O.* 2019. Primenenie AR i VR-tekhnologij v stroitel'stve [Application of AR and VR technologies in construction]. “*Sovremennye obrazovatel'nye tekhnologii v podgotovke specialistov dlya mineral'no-syr'evogo kompleksa*” [“*Modern educational technologies in the training of specialists for the mineral resource complex*”]. 1054-1059.
 58. *Digital Decade.* Keeping up with the times (2017) // PWC. <https://www.pwc.ru/ru/publications/globaldigital-iq-survey-rus.pdf>. (accessed June 20, 2019).
 59. *The global survey of the entertainment industry and the media: a forecast for 2018 – 2022* // PWC. <https://www.pwc.ru/ru/publications/assets/pwc-media-outlook-2018-rus-web.pdf> (accessed June 20, 2019).
 60. *Grin E.S. Koroleva A.G.* Formirovanie bazovykh modelej ohrany tekhnologij virtual'noj i dopolnennoj real'nostej v sfere prava intellektual'noj sobstvennosti [Formation of basic models of protection of technologies of virtual and augmented realities in the field of intellectual property rights] // *Aktual'nye problemy rossijskogo prava* [Actual problems of Russian law]. № 6. 2019. (article accepted for publication)

Slavin Oleg Anatolyevich. Federal State Institution “Federal Research Center” Informatics and Management “of the Russian Academy of Sciences”, Moscow, Russia. Chief Researcher, Doctor of Technical Sciences. Number of publications: 77 articles, 1 monograph. Research interests: pattern recognition, information systems. E-mail: oslavin@isa.ru

Grin Elena Sergeevna. Kutafin Moscow State Law University (MSAL), Moscow, Russia. Associate Professor, Deputy Head of the Department of Intellectual Rights, PhD in Law. Number of publications: more than 70 articles and monographs. Research Interests: intellectual property law, copyright, the law of new technologies, complex objects. E-mail: helenkotenko@yandex.ru