



---

## АНАЛИЗ СИСТЕМ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Рахимов Бобур Камолович

PhD, Консультативный совет по ИИ при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан,  
[bk@edu.uz](mailto:bk@edu.uz)

Рахимов Алишер Камолович

самостоятельный соискатель Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий,  
[a.rakhimov@smartchain.uz](mailto:a.rakhimov@smartchain.uz)

### Аннотация

Дополненная реальность (AR) представляет собой быстроразвивающуюся область цифровых технологий, направленную на интеграцию виртуальных объектов в реальную среду. Данный тезис посвящён анализу современных систем дополненной реальности с акцентом на их технические особенности, способы интеграции и области применения в различных отраслях, включая культуру, образование и промышленность. Основное внимание уделено сравнительному анализу технологий трекинга, рендеринга и взаимодействия с пользователем, а также рассмотрению преимуществ и ограничений, влияющих на масштабируемость и качество AR-опыта. На основе обзора существующих систем сформированы рекомендации по дальнейшему развитию и применению AR в комплексных информационных системах.

**Ключевые слова:** Дополненная реальность; AR-системы; компьютерное зрение; трекинг; рендеринг; интеграция; масштабируемость.

Современные технологии дополненной реальности открывают новые возможности во многих сферах человеческой деятельности. AR-системы находят применение в образовании, туризме, медицине, производстве и других областях, обеспечивая интерактивное и визуальное обогащение реальной среды. Однако, несмотря на очевидный потенциал, внедрение AR



## International Conference on Educational Discoveries and Humanities

Hosted online from Moscow, Russia

Website: [econfseries.com](http://econfseries.com)

16<sup>th</sup> April, 2025

технологий сталкивается с рядом технических и организационных проблем. Основные вызовы связаны с высокой вычислительной нагрузкой, ограничениями мобильных устройств, качеством отслеживания (трекинга) и рендеринга виртуальных объектов, а также трудозатратами по созданию контента.

Нами проводится анализ существующих систем дополненной реальности, рассматриваются их архитектурные особенности, принципы работы и области применения. Цель исследования — выявить ключевые технологические факторы, влияющие на эффективность AR-систем, и сформировать рекомендации для повышения масштабируемости и качества пользовательского опыта. При этом особое внимание уделяется обзору методов компьютерного зрения, алгоритмов трекинга и методик рендеринга, применяемых в современных AR-приложениях.

### **Определение и классификация систем дополненной реальности**

Дополненная реальность (AR) представляет собой технологию, которая позволяет наложить компьютерно-сгенерированный контент на изображение реальной среды в режиме реального времени. Традиционно системы AR подразделяются на маркерные и безмаркерные решения, основанные на определённых алгоритмах компьютерного зрения. Маркерные системы используют заранее заданные визуальные объекты (например, QR-коды или специальные изображения), в то время как безмаркерные опираются на алгоритмы SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) и GPS для отслеживания окружающей среды.

При классификации AR-систем также учитываются области применения: от развлекательных приложений (игры, фильтры в социальных сетях) до промышленных и образовательных решений. Каждая категория требует особого подхода к оптимизации вычислений, визуализации и пользовательскому интерфейсу.



### Технологические особенности современных AR-систем

Современные AR-системы объединяют несколько ключевых компонентов:

— **Аппаратная платформа.** Большинство AR-приложений работает на мобильных устройствах (смартфонах, планшетах, AR-очках), оснащённых высокопроизводительными процессорами, камерами и сенсорами (GPS, акселерометры, гироскопы). Ограниченные вычислительные ресурсы мобильных устройств диктуют необходимость оптимизации алгоритмов трекинга и рендеринга.

— **Алгоритмы компьютерного зрения.** Основное внимание уделяется методам обнаружения и отслеживания объектов. В маркерных системах используются алгоритмы сопоставления паттернов, в безмаркерных — технологии SLAM. От качества трекинга зависит корректное позиционирование виртуальных объектов в реальном пространстве.

— **Графический движок.** Рендеринг виртуальных объектов требует эффективного использования графических ресурсов. Системы, основанные на движках Unity3D или Unreal Engine, предоставляют инструменты для отрисовки 3D-моделей с учётом освещения, теней и перспективы.

— **Интеграция с другими цифровыми технологиями.** Для улучшения опыта взаимодействия с AR-системами всё чаще применяются технологии искусственного интеллекта. Генеративные модели (например, GPT и Stable Diffusion) помогают автоматизировать создание контента, что существенно снижает затраты времени и средств на разработку.

### Преимущества и ограничения AR-систем

#### Преимущества:

— **Интерактивность и персонализация.** AR позволяет пользователю активно взаимодействовать с виртуальными объектами, что делает опыт намного более увлекательным и адаптированным под индивидуальные потребности.

— **Наглядность и доступность информации.** Дополненная реальность предоставляет визуальное представление сложных данных и концепций, облегчая понимание информации.



## International Conference on Educational Discoveries and Humanities

Hosted online from Moscow, Russia

Website: [econfseries.com](http://econfseries.com)

16<sup>th</sup> April, 2025

— **Масштабируемость.** При правильном подходе AR может использоваться в огромном количестве объектов и мест: от музеев до уличных навигационных систем.

### Ограничения:

— **Технические барьеры.** Высокие вычислительные требования, проблемы с энергоэффективностью мобильных устройств и необходимость точного трекинга остаются серьёзными препятствиями.

— **Создание контента.** Разработка качественного AR-контента требует значительных усилий и экспертных знаний. Это особенно критично для учреждений с ограниченным бюджетом.

— **Вопросы приватности и безопасности.** Использование камер и сенсоров для отслеживания местоположения вызывает опасения по поводу защиты личных данных.

### Перспективы развития и рекомендации

Развитие технологий дополненной реальности направлено на преодоление существующих ограничений за счёт:

— **Интеграции ИИ-технологий.** Применение генеративных моделей может автоматизировать создание текстового, визуального и аудиоконтента, повышая масштабируемость AR-систем.

— **Оптимизации алгоритмов трекинга.** Разработка новых методик компьютерного зрения позволит повысить точность определения позы устройства, что обеспечит плавную и достоверную интеграцию виртуальных объектов в реальное пространство.

— **Улучшения аппаратного обеспечения.** Внедрение специализированных AI-ускорителей и развитие мобильных процессоров будет способствовать реализации более сложных и насыщенных AR-опытов.

— **Междисциплинарного подхода.** Сотрудничество специалистов в области IT, дизайна, социологии и права поможет учитывать как



## International Conference on Educational Discoveries and Humanities

Hosted online from Moscow, Russia

Website: [econfseries.com](http://econfseries.com)

16<sup>th</sup> April, 2025

технические аспекты, так и вопросы этики, безопасности и пользовательского опыта.

Предлагается дальнейшее исследование интерактивных AR-систем с использованием генеративного ИИ для повышения качества контента, а также проведение пилотных проектов в различных сферах с целью апробации и оптимизации предлагаемых решений.

### Заключение

Проведённый анализ систем дополненной реальности выявил как их значительные преимущества в интерактивном представлении информации, так и существующие технологические и организационные вызовы. Технические ограничения, такие как точность трекинга и высокие требования к аппаратным ресурсам, требуют постоянного совершенствования алгоритмов и интеграции дополнительных технологий, таких как генеративный искусственный интеллект. Преодоление данных барьеров позволит значительно расширить применение AR в образовании, туризме и других отраслях, делая технологии более доступными и масштабируемыми.

Рекомендации, сформулированные в ходе исследования, направлены на оптимизацию архитектуры AR-систем, автоматизацию создания контента и обеспечение безопасного взаимодействия с пользователями. Дальнейшие исследования должны быть сосредоточены на разработке более точных методов компьютерного зрения, совершенствовании генеративных моделей и поиске методов интеграции различных цифровых технологий для создания единой, комплексной платформы дополненной реальности.

### Список литературы

- AliveNow. (2023). Generative AI (ChatGPT + DALL·E) combined with Augmented Reality: Create with AI and view in AR! [Project showcase on 8thWall]. Retrieved from <https://8thwall.com/alivenow>
- Lim, H. (2023, June 2). Narrated Tours (On Demand Audio Guides) – The first AI audio tour guide for all your travels. Product Hunt. Retrieved from <https://producthunt.com/posts/narrated-tours-on-demand-audio-guides>



## International Conference on Educational Discoveries and Humanities

Hosted online from Moscow, Russia

Website: [econfseries.com](https://econfseries.com)

16<sup>th</sup> April, 2025

- 
- Mattan, M. (2024, April 16). The High Cost of Augmented Reality: Why Your Next Digital Leap is Pricier Than Expected. BrandXR Blog. Retrieved from <https://brandxr.io>
  - McKinsey & Company. (2024, April 2). What is generative AI? McKinsey Explainer. Retrieved from <https://mckinsey.com>
  - OpenAI. (2025, March 20). Introducing next-generation audio models in the API. OpenAI Blog. Retrieved from <https://openai.com>
  - Tom Dieck, M. C., & Jung, T. H. (2017). Value of augmented reality at cultural heritage sites: A stakeholder approach. *Journal of Destination Marketing & Management*, 6(2), 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2017.03.002>