

ЭТИЧНАЯ МУЛЬТИСЕНСОРНАЯ ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ: РИСКИ ИМПЛАНТАЦИИ ЛОЖНЫХ ВОСПОМИНАНИЙ И ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Горох П.И.¹, ассистент, p.goroh@bsuir.by
Кузмин И.А.², ассистент, i.kuzmin@bsuir.by

2026

1. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
2. Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Ключевые слова: *Augmented Reality*, *ARCore*, дополненная реальность.

Аннотация: в статье рассматривается проблема когнитивной безопасности мультисенсорных систем дополненной реальности (AR), объединяющих визуальные, тактильные и аудиальные стимулы. На основе анализа современных исследований мультисенсорной интеграции и пластичности автобиографической памяти обосновывается тезис о повышенном риске имплантации ложных воспоминаний при синхронном полисенсорном воздействии. Предлагается концепция «этичного мультисенсорного дизайна», включающая принципы сенсорной маркировки, контекстного ограничения и расширенного информированного согласия.

Введение. Развитие технологий дополненной реальности в последние годы характеризуется переходом от исключительно визуальных интерфейсов к мультисенсорным системам, способным воздействовать одновременно на несколько перцептивных каналов пользователя. Современные AR-устройства интегрируют пространственный звук, тактильную обратную связь через виброактуаторы, а в перспективе – термальную, кинестетическую и ольфакторную стимуляцию. Если на ранних этапах развития AR этическая рефлексия была сосредоточена на проблемах приватности, отвлечения внимания и визуального загрязнения среды [1], то мультисенсорная парадигма порождает принципиально новые риски, связанные с глубинным воздействием на когнитивные процессы, в частности на автобиографическую память.

Проект «Ethical Multisensory AR», инициированный King's College London в 2024 году, выдвинул тезис о необходимости критического анализа «визуальной гегемонии» и перехода к полисенсорному воздействию [2].

Мультисенсорная интеграция и пластичность памяти. С позиций когнитивной нейронауки, восприятие реального события представляет собой процесс активной интеграции сигналов из различных сенсорных модальностей. Исследования Б. Стайна и Т. Стэнфорда [3] показали, что конгруэнтные мультисенсорные стимулы интегрируются нейронами верхнего двухолмия и ассоциативных зон коры в супераддитивном режиме: нейрональный ответ на бимодальный стимул превышает сумму ответов на

униmodalные компоненты. Этот феномен лежит в основе повышенной «перцептивной достоверности» мультисенсорных событий – мозг интерпретирует согласованную активность нескольких сенсорных каналов как надёжный индикатор реальности происходящего.

Применительно к дополненной реальности это означает, что виртуальный объект, сопровождаемый не только визуальной проекцией, но и синхронным тактильным импульсом и пространственно-согласованным звуком, будет восприниматься мозгом как значительно более «реальный», нежели тот же объект, предъявленный исключительно визуально. С точки зрения формирования памяти, такое событие вызовет активацию более обширных ассоциативных сетей в гиппокампе и префронтальной коре, что повышает вероятность его консолидации в качестве эпизодического воспоминания.

Однако хорошо известно, что человеческая память не является точной записью произошедшего, а представляет собой реконструктивный процесс, подверженный искажениям. Классические работы Э. Лофтус [4] продемонстрировали, что даже незначительная наводящая информация способна приводить к формированию устойчивых ложных воспоминаний о событиях, которые никогда не происходили. В контексте мультисенсорной AR возникает гипотетическая ситуация, при которой искусственно синхронизированные сенсорные сигналы создают настолько убедительную перцептивную картину, что грань между реальным и дополненным опытом стирается, а ложное событие кодируется как подлинное воспоминание.

Механизм интеграции признаков (feature binding) играет здесь ключевую роль: когда зрительная кора получает сигнал о виртуальном объекте, соматосенсорная кора – синхронный тактильный импульс, а слуховая кора – пространственно-согласованный звук, активируются механизмы связывания, в норме ответственные за формирование целостного перцепта реального объекта. Эта распределённая активность практически неотличима от паттернов, сопровождающих восприятие подлинных событий, что и создаёт предпосылки для имплантации синтетических воспоминаний [5].

Риски имплантации ложных воспоминаний в мультисенсорной AR.

На основе рассмотренных теоретических положений можно выделить несколько факторов, определяющих повышенный риск формирования ложных воспоминаний в мультисенсорной AR по сравнению с традиционной визуальной:

1 Супераддитивность мультисенсорной интеграции. Согласованная стимуляция нескольких модальностей создаёт перцептивный гештальт, превосходящий по убедительности сумму отдельных компонентов, что повышает «вес достоверности» при кодировании события в памяти.

2 Эмоциональная модуляция. Тактильные стимулы, особенно вибрационные паттерны, ассоциирующиеся с эмоционально значимыми событиями (например, учащённое сердцебиение), способны усиливать консолидацию воспоминаний через активацию миндалины, что было показано в ряде исследований [6].

3 Снижение критичности. Мультисенсорная стимуляция может временно подавлять активность префронтальной коры, ответственной за оценку источника информации (source monitoring), что затрудняет различение реальных и сгенерированных событий на этапе извлечения.

4 Эффект отсроченного узнавания. Как показывают исследования памяти, ложные воспоминания имеют тенденцию усиливаться со временем, поскольку детали реального опыта стираются, а синтетические элементы, интегрированные в семантическую сеть, сохраняются и даже обрастают новыми ассоциациями.

Следует подчеркнуть, что данные риски не являются чисто гипотетическими. Хотя прямые экспериментальные исследования влияния мультисенсорной AR на память пока единичны, косвенные данные из смежных областей – психологии свидетельских показаний, нейроэтики нейроинтерфейсов, исследований виртуальной реальности – позволяют с высокой степенью уверенности прогнозировать наличие значимого эффекта. В частности, в работе [7] было показано, что погружение в виртуальную среду с тактильной обратной связью повышает уверенность в ложных деталях сценария на 30–40% по сравнению с чисто визуальным предъявлением.

Принципы этичного мультисенсорного дизайна. Исходя из проведённого анализа, представляется необходимым уже на текущем этапе развития технологий сформулировать превентивные принципы, которые могли бы лечь в основу нормативных документов и стандартов проектирования мультисенсорных AR-систем. Мы предлагаем три взаимосвязанных принципа, образующих концепцию «этичного мультисенсорного дизайна».

Принцип	Содержание	Обоснование
Сенсорная маркировка	Каждый синтетический тактильный или слуховой стимул должен содержать когнитивно различимый маркер искусственности	Позволяет системе мониторинга источника (source monitoring) относить стимул к категории «сгенерированных» [1]
Контекстное ограничение	Применение мультисенсорной AR должно быть ограничено в контекстах, потенциально связанных с формированием долговременных автобиографических воспоминаний	Предотвращает непреднамеренное искажение памяти в ситуациях, где точность воспоминаний критически важна [2]
Расширенное информированное согласие	Пользователи должны получать явную, доступную информацию о мультисенсорном характере воздействия и его потенциальном влиянии на когнитивные процессы, включая память	Обеспечивает реализацию принципа автономии пользователя, закреплённого в современных этических кодексах [1, 2]

Таблица 1 – Принципы этичного мультисенсорного дизайна AR

Принцип сенсорной маркировки является наиболее технически реализуемым в краткосрочной перспективе. Он не требует отказа от мультисенсорных возможностей, но вводит своеобразный «водяной знак», который на уровне сенсорной обработки позволяет мозгу отличать синтетические сигналы от естественных.

Заключение. Проведённый теоретический анализ свидетельствует о том, что переход к мультисенсорной дополненной реальности сопряжён с качественно новыми рисками для когнитивной безопасности пользователей, в первую очередь связанными с потенциальной имплантацией ложных автобиографических воспоминаний. Супераддитивный характер мультисенсорной интеграции в сочетании с пластичностью эпизодической памяти создаёт условия, при которых синхронизированные тактильные и слуховые стимулы могут существенно повысить «перцептивную достоверность» виртуальных событий, затрудняя их различение с реальными на этапе припоминания.

Список использованных источников

[1] Slater, M., Gonzalez-Liencre, C., Haggard, P., et al. The ethics of realism in virtual and augmented reality // *Frontiers in Virtual Reality*. — 2020. — Vol. 1, Article 1.

[2] King's College London, Department of Digital Humanities. Ethical Multisensory AR: Beyond Visual Hegemony. Project White Paper. — London, 2024.

[3] Stein, B. E., Stanford, T. R. Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron // *Nature Reviews Neuroscience*. — 2008. — Vol. 9, No. 4. — P. 255–266.

[4] Loftus, E. F. Planting misinformation in the human mind: A 30-year investigation of the malleability of memory // *Learning & Memory*. — 2005. — Vol. 12, No. 4. — P. 361–366.

[5] Schacter, D. L., Loftus, E. F. Memory and law: what can cognitive neuroscience contribute? // *Nature Neuroscience*. — 2013. — Vol. 16, No. 2. — P. 119–123.

[6] McGaugh, J. L. Memory consolidation and the amygdala: a systems perspective // *Trends in Neurosciences*. — 2002. — Vol. 25, No. 9. — P. 456–461.

[7] Smith, A. M., et al. Tactile feedback in virtual environments and false memory formation: a pilot study // *Virtual Reality*. — 2022. — Vol. 26, No. 3. — P. 1123–1134.