Social Grammars of Virtuality, no. 2

Welcome to the second issue of the *Social Grammars of Virtuality*. This is a digital publication dedicated to providing a high-level, critical summary of extended reality (XR) research, with a focus on the social sciences. This report is intended as a resource for the global community of researchers and practitioners wishing to better understand the social fabric and communicative dynamics around XR experiences, including virtual, augmented, and mixed reality. In this issue readers can find a systematic mapping of the intellectual, geographic, and funding sources of XR peer-reviewed, social science articles published in English in 2023. This is followed by sections providing a summary of cutting-edge, social science advances in XR theories, methods, technological innovations, and language.

Our deepest gratitude to our colleagues at the Annenberg School for Communication at the University of Pennsylvania for their support for this project. We also extend thanks to our colleagues and Editorial Board members who have generously shared their time and thoughts on drafts of this report.

Bienvenidos al segundo número de *Social Grammars of Virtuality*. Esta se trata de una publicación digital dedicada a proporcionar un resumen crítico de alto nivel de la investigación en realidad extendida (XR), con un enfoque en las ciencias sociales. El informe está pensado como un recurso para la comunidad global de investigadores y profesionales que deseen comprender mejor el tejido social y la dinámica comunicativa en torno a las experiencias de XR, incluida la realidad virtual, aumentada y mixta. En este número, los lectores pueden encontrar un mapeo sistemático de las fuentes intelectuales, geográficas y de financiamiento de los artículos de ciencias sociales revisados por pares sobre XR publicados en inglés en 2023. A esto le siguen secciones que ofrecen un resumen de los avances de vanguardia de las ciencias sociales en relación a las teorías, métodos, innovaciones tecnológicas y lenguaje de XR.

Nuestro más profundo agradecimiento a nuestros colegas de la Escuela de Comunicación Annenberg de la Universidad de Pensilvania por su apoyo a este proyecto. También hacemos llegar nuestro agradecimiento a nuestros colegas y a los miembros del Consejo Editorial que han compartido generosamente su tiempo y sus ideas sobre los borradores de este informe.

Annenberg School for Communication, University of Pennsylvania | Extended Reality Lab

Texts

UNCATEGORIZED

Introduction to Issue 2	UPDATED SEPTEMBER 2024	PUBLISHED
Knowledge Mapping of Extended Reality Literature in 2023	UPDATED SEPTEMBER 2024	PUBLISHED
Theories in XR, 2023	UPDATED OCTOBER 2024	PUBLISHED
The Language of Extended Reality Technologies and Experiences	UPDATED SEPTEMBER 2024	PUBLISHED
Advances in XR Technologies	UPDATED SEPTEMBER 2024	PUBLISHED
Commercial Innovation 2023: A Year in Review	UPDATED SEPTEMBER 2024	PUBLISHED
Introducción al Segundo Número	ADDED OCTOBER 2024	
Mapeo del conocimiento de la literatura de realidad extendida en 2023	ADDED OCTOBER 2024	
Teorías en XR, 2023	ADDED OCTOBER 2024	
El lenguaje de las tecnologías y experiencias de realidad extendida	ADDED OCTOBER 2024	
Avances en tecnologías XR	ADDED OCTOBER 2024	
Innovación comercial 2023: un resumen del año	ADDED OCTOBER 2024	

Metadata

PUBLISHER PLACE

Philadelphia, Pennsylvania

PDFs of Issue 2

1 Total Resource →

Introducción al Segundo Número

Katerina Girginova, Katie Rawson, Maxwell Foxman, Jeffrey Vadala, Kyle Cassidy

¡Bienvenidos al segundo número de *Gramáticas Sociales de la Virtualidad* ! Este es un informe anual, dedicado a rastrear y analizar críticamente los desarrollos en la investigación de realidad extendida (que comprende realidad aumentada, mixta y virtual). Examinamos una amplia gama de publicaciones académicas y tenemos un gran interés en buscar avances en las ciencias sociales y formas de conocimiento arraigadas en los estudios de comunicación y medios, áreas que consideramos fundamentales para la construcción de conocimiento de realidad extendida (XR), pero que aún están subrepresentadas en el trabajo existente.

En este número, los lectores encontrarán un mapeo de conocimiento de todas las publicaciones XR revisadas por pares disponibles en inglés en 2023 (un total de 17,857 artículos, un número ambicioso para el lector más ávido, incluso cuando usa ChatGPT). El mapeo del conocimiento examina las geografías de la producción de conocimiento, los temas clave de investigación, los medios de publicación y la financiación, y proporciona un resumen de alto nivel de las tendencias de investigación. A esto le siguen capítulos que brindan una inmersión más profunda en las teorías, tecnologías, metodologías y lenguaje que se encuentran en la investigación de XR en 2023. El informe concluye con una descripción general de la innovación comercial a lo largo de 2023: un anaálisis de importantes desarrollos en tecnología que a menudo desembocan en futuros trabajos académico.

Dos nuevos desarrollos en nuestro informe de este año incluyen la capacidad de comparar los hallazgos con los del año anterior, 2022, y un enfoque en las intersecciones entre XR y la inteligencia artificial (IA). Muchos de los capítulos mencionan comparativamente las tendencias encontradas en la literatura en 2022 y destacan las discontinuidades entre ambos años. Esperamos que a medida que sigamos publicando estos informes, las tendencias anuales se vuelvan más pronunciadas y las oportunidades de investigación sean más fáciles de identificar. Además, dada la reciente explosión de herramientas de IA generativa disponibles públicamente, este número prestó especial interés en cómo y en qué medida la IA apareció en la investigación de XR en 2023. Por lo tanto, a cada uno de nuestros contribuyentes se le asignó la tarea de notar la presencia o falta de la IA en su capítulo específico.

Hallazgos clave

- 1. Si bien sigue siendo una fracción (6%) de la producción total de la investigación de XR en 2023, las publicaciones de ciencias sociales (aquellas que examinan los diversos contextos sociales y los impactos de la adopción de XR) experimentaron el mayor crecimiento en todas las disciplinas de investigación desde el año pasado.
- 2. La investigación sobre realidad aumentada también experimentó un crecimiento significativo en 2023, reflejando más fielmente las tendencias del mercado a nivel mundial, donde la realidad aumentada (RA) sigue siendo el medio de uso más popular en 2023, con unos 1.400 millones de dispositivos de usuarios móviles activos proyectados,[1] en comparación con 21,8 millones de cascos de realidad virtual.[2]
- 3. La educación, incluido el aprendizaje en el aula y la capacitación en tareas específicas, sigue siendo el área más prolífica de la investigación en ciencias sociales. También es una de las principales áreas de investigación en el contexto de otras disciplinas, como la atención sanitaria.
- 4. Meta está perdiendo participación de mercado y está surgiendo rápidamente una gran cantidad de herramientas XR de software y hardware nuevas y especializadas, incluidas aquellas respaldadas por IA.

Recomendaciones para investigadores y profesionales de XR

- La construcción de teorías en torno a la XR es limitada, pero es posible que no siempre sean necesarias nuevas teorías. Una mirada más cercana al trabajo existente en los mundos virtuales o las artes (dos áreas con una larga tradición de investigación sobre la virtualidad) puede proporcionar un terreno fructífero y sinergias para nuevos trabajos.
- La investigación XR, y ahora sus interconexiones con la IA, sigue siendo un tema prioritario a nivel nacional con oportunidades globales de financiamiento. Posteriormente, quienes busquen financiamiento tal vez deseen ampliar su mirada.
- Las áreas más prolíficas de la investigación de XR siguen arraigadas en la atención sanitaria y la informática, pero hay un amplio margen para la colaboración con campos adyacentes, como lo demuestra la presencia de temas como la educación y la formación en todos los contextos.

Los capítulos de este informe pueden leerse individualmente, para aquellos con un enfoque particular en el trabajo de XR , o pueden leerse secuencialmente para brindar una descripción más amplia de los esfuerzos de investigación en curso. El informe sigue siendo un recurso gratuito y de calidad para la comunidad académica y profesional interesada en el campo y está disponible en inglés y español. Esperamos que este informe represente un paso valioso para llevar la comunicación y, en términos generales, las voces de las ciencias sociales al primer plano de las conversaciones sobre XR en la sociedad -y hacerlo de una manera accesible. Consideramos nuestro trabajo como una conversación con investigadores de XR a nivel mundial. Esperamos que disfrute leyéndolo y que se ponga en contacto para continuar esa conversación.

Biografías de autores

La Dra. Katerina Girginova es coeditora de Gramáticas Sociales de la Virtualidad y Cofundadora/Directora del Laboratorio de Realidad Extendida Annenberg (AER) de la Universidad de Pensilvania. Escribe sobre la lógica de cómo los medios, las audiencias, los cuerpos y los eventos globales migran a diversos ámbitos virtuales. Antes de unirse a la Universidad de Pensilvania, Katerina trabajó en varias organizaciones de medios y le gusta combinar perspectivas creativas y críticas en la producción de medios.

La Dra. Katie Rawson es directora sénior de Servicios y Operaciones de la Biblioteca y codirectora de Tecnología de la Información y los Medios en la Escuela de Comunicación Annenberg de la Universidad de Pensilvania. Ha ocupado puestos en el ámbito de la investigación digital, la innovación en el aprendizaje y la publicación. Ha publicado sobre conservación de datos, colaboración académica, métodos computacionales y cultura alimentaria. Ya sea que estudie modelos de datos o cocineros de comida rápida, su investigación se centra en las formas de conocimiento.

El Dr. Maxwell Foxman es profesor asistente de estudios de medios y estudios de juegos en la Escuela de Periodismo y Comunicación de la Universidad de Oregón. Su investigación se centra en cómo los juegos impactan a los medios no relacionados con los juegos y a las industrias afiliadas, incluido el periodismo, los deportes electrónicos y la XR. Foxman es coautor de Mainstreaming y periodismo de juegos (MIT Press) con David B. Nieborg. Su investigación ha aparecido en *New Media & Society*, *Social Media + Society*, y *Digital Journalism*, entre otras publicaciones.

El Dr. Jeffrey Vadala es un investigador en el campo de la neuroestética y la antropología y se centra en cómo la arquitectura da forma a la experiencia y la cognición humanas. Mediante el uso de realidad virtual (VR), realidad aumentada (AR), realidad mixta (MR) e inteligencia artificial (IA), estudia cómo los humanos crean y experimentan el espacio y el lugar. Como director del Laboratorio de VR de Penn Neurology, el Dr. Vadala enseña y dirige proyectos que integran VR, RA e IA para estudiar cómo los humanos perciben y responden a diferentes entornos arquitectónicos.

Kyle Cassidy es cofundador y director del Laboratorio de Realidad Extendida (AER) Annenberg de la Universidad de Pensilvania y ha escrito sobre tecnología desde principios de los años 1990. Es autor de varios libros sobre informática y ha sido editor colaborador de la revista *Videomaker* durante dos décadas. Ha ganado cuatro premios Keystone de Periodismo y en 2020 ganó el premio Modelo de Excelencia de la Universidad de Pensilvania por su trabajo en realidad virtual.

El Dr. Waseq Rahman es profesor adjunto en el Departamento de Ciencias de la Computación, Diseño y Periodismo de la Universidad de Creighton. Su principal interés es el entretenimiento mediático. Su investigación se centra en el uso de los juegos y la participación de los espectadores en contextos de comunicación estratégica desde una perspectiva psicológica de los medios.

Shane Burrell es estudiante de doctorado en Estudios de Juegos en la Escuela de Periodismo y Comunicación de la Universidad de Oregon. La investigación de Shane trata sobre la relación que tienen los usuarios de la realidad virtual con sus personajes virtuales. Shane investiga esto a través de una lente crítica y pospositivista, utilizando métodos mixtos y enfoques fundamentados. La investigación de Shane se centra en los usos de tecnologías y medios innovadores mientras los examina a través del paradigma de la psicología de los medios.

1. Cifra de Statista Reports: https://www.statista.com/statistics/1098630/global-mobile-augmented-reality-ar-users/ ↑
2. Figura de Statista Reports: https://www-statista-com.proxy.library.upenn.edu/forecasts/1331896/vr-headset-sales-volume-worldwide ↑

Powered by Manifold Scholarship. Learn more at manifoldapp.org

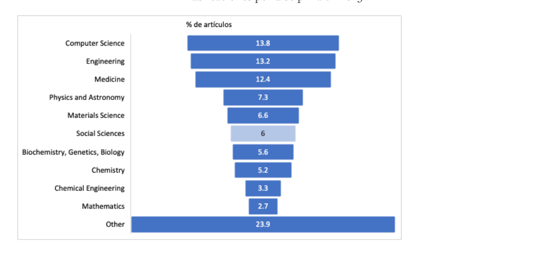
Mapeo del conocimiento de la literatura de realidad extendida en 2023

Introducción

Esta sección proporciona una descripción general de la creación de conocimiento en la investigación sobre realidad extendida (XR) en 2023. XR es un término general que cubre tecnologías y experiencias de realidad aumentada, mixta y virtual. La sección destaca tendencias clave como las geografías de la producción de conocimiento, los temas de investigación, los autores y los medios, y las fuentes de financiamiento a nivel de las ciencias sociales y, con fines de comparación, en otras disciplinas.

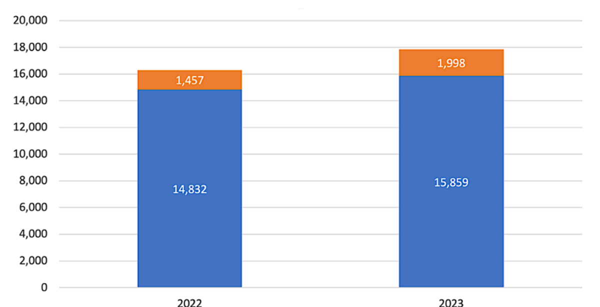
Una búsqueda [1] en la base de datos Scopus arroja un total de 17.857 artículos revisados por pares en inglés para el año 2023, que abarcan 11 áreas temáticas.

Publicaciones por disciplina en 2023



De este total, casi 2.000, o poco más del 11%, fueron designados como parte de las ciencias sociales, lo que representa un aumento con respecto a 2022, donde 1.457, o poco menos del 9%, fueron clasificados dentro de las ciencias sociales. Según las designaciones proporcionadas por la base de datos Scopus, el área temática de ciencias sociales experimentó el mayor crecimiento durante el último año, mientras que otras áreas, como la medicina, que fue la más prolífica en 2022, vieron una leve disminución.

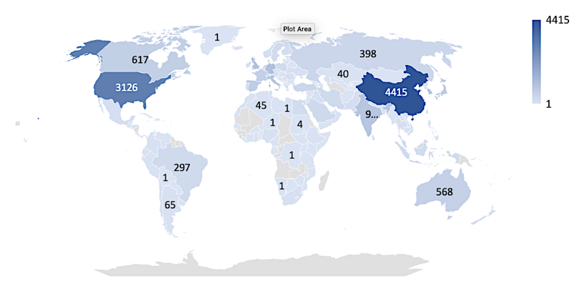
Crecimiento de las publicaciones de ciencias sociales 2022-2023



Geografías de la producción de conocimiento

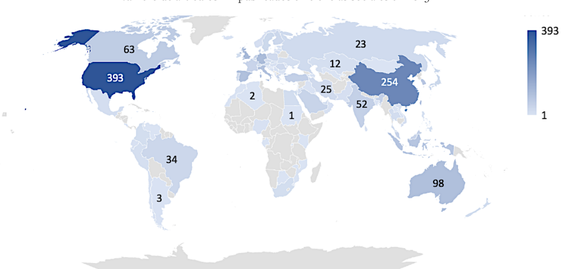
China fue la principal fuente de todas las publicaciones XR en inglés, seguida de Estados Unidos en segundo lugar. Esta tendencia se invierte en el contexto de las ciencias sociales, donde Estados Unidos fue la principal fuente intelectual y China ocupa el segundo lugar. Estos hallazgos son similares a los del año pasado; sin embargo, la brecha entre la producción XR de EE. UU. y China en ambos contextos se ha reducido ligeramente.

Número de artículos XR publicados en todas las disciplinas durante 2023



Los temas clave en la producción total sobre XR de todos los países fueron la educación y el aprendizaje, la informática y la medicina. La investigación de EE. UU. se centró principalmente en aplicaciones de XR en salud y medicina (33% de la producción total), mientras que la producción de China se centró en ingeniería e informática (casi 60% de la producción total). Otros países en la lista de los 10 más prolíficos de producción de conocimiento siguieron patrones similares pero con un énfasis temático menos pronunciado.

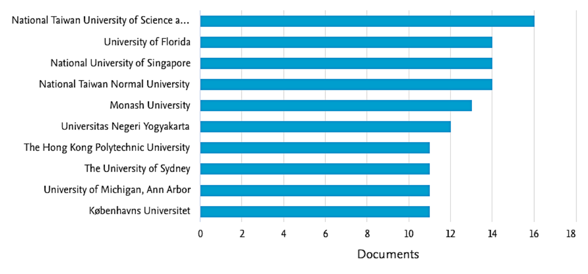
Número de artículos XR publicados en ciencias sociales en 2023



Autoría y afiliaciones

Alrededor del 95% de todos los artículos fueron escritos en coautoría, lo que indica altos niveles de colaboración en la investigación sobre XR. Cuatro de las cinco principales afiliaciones de publicaciones siguen siendo organismos a nivel nacional, lo que indica un interés continuo del Estado en la investigación sobre XR (por orden de publicación: Ministerio de Educación de la República Popular China (357), Academia China de Ciencias (350) y CNRS Centro Nacional de la Investigación Científica (261)). Al igual que en 2022, ninguna institución o autor dominó la producción de investigación, ya que la afiliación principal representó poco menos del 2% del total de artículos publicados sobre XR en 2023.

Afiliaciones institucionales dentro de las ciencias sociales



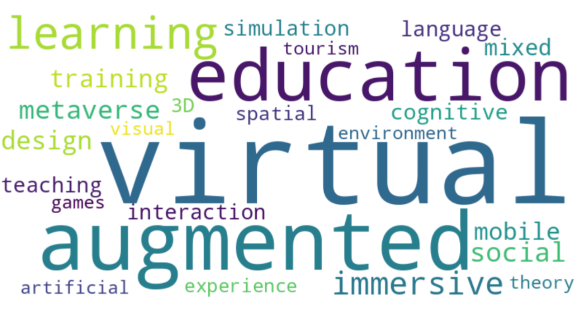
La investigación en ciencias sociales también fue altamente colaborativa: en promedio, más del 80% de los artículos fueron coautorados. Las instituciones de investigación más prolíficas se encuentran en Asia Oriental y el Pacífico e incluyen la Universidad Nacional de Ciencia y Tecnología de Taiwán y la Universidad Normal Nacional de Taiwán, ambas cercanas a las empresas globales líderes en la industria del país en desarrollo tecnológico y fabricación. La Universidad Nacional de Singapur, la Universidad Politécnica de Hong Kong, la Universitas Negeri Yogyakarta, la Universidad de Monash y la Universidad de Sydney también figuran en esta lista. Aunque existen más investigaciones aplicadas como el uso de XR en el transporte y la arquitectura urbana, así como investigaciones más críticas como las investigaciones sobre datos y privacidad (particularmente provenientes de Australia), el área común clave de investigación entre estas instituciones es el aprendizaje utilizando tecnologías XR. Mientras que algunos resultados están dirigidos a tareas que requieren recursos significativos para la capacitación en el mundo real, la mayoría apunta a mejorar experiencias más comunes como el aprendizaje en el aula y la retención general de conocimientos

En los EE. UU., la Universidad de Florida, que es la institución líder en producción de XR en los Estados Unidos, también se beneficia de la proximidad a los centros de ingeniería, aeroespaciales y de entretenimiento de Florida, lo que indica una estrecha sinergia en la industria de XR. Una vez más, ninguna institución o autor dominó la producción de investigación, ya que la afiliación principal representó solo 16 artículos, lo que representa menos del 1% de la producción total dentro de las ciencias sociales en 2023. Por lo tanto, cualquier tendencia detectada a nivel de institución individual sigue siendo bastante pequeña.

Palabras clave

Una vista panorámica de una lista seleccionada de palabras clave identificadas por el autor puede señalar y reforzar las tendencias en la investigación durante 2023.

Las 25 palabras clave principales identificadas por autores en la investigación en ciencias sociales

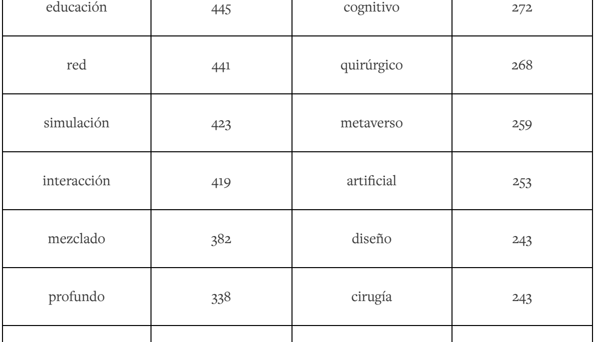


Palabra	Frecuencia	Palabra	Frecuencia
virtual	940	lenguaje	53
aumentado	393	enseñanza	52
educación	299	interacción	52
aprendizaje	284	espacial	44
inmersivo	125	3D	44
social	85	experiencia	44
metaverso	79	ambiente	42
diseño	76	turismo	42
capacitación	73	artificial	41
móvil	69	juegos	40
mezclado	61	teoría	39
cognitivo	57	visual	38
simulación	54		

Dentro y fuera de las ciencias sociales, la educación y el aprendizaje eran áreas clave de investigación. Sin embargo, una diferencia clave fue el entorno en el que se produjo el aprendizaje. En las ciencias sociales, se hizo hincapié en el aprendizaje en el aula con una variedad de aplicaciones de la vida real. En las demás disciplinas, hubo un enfoque en la medicina y la salud, como lo ejemplifican palabras clave adicionales como "cirugía". Otras diferencias notables dentro de las ciencias sociales incluyen un énfasis en la teoría, los juegos y el turismo, mientras que las palabras clave presentes en las otras disciplinas indican un mayor énfasis en los entornos experimentales.

Las experiencias de realidad aumentada (AR), que se basan en términos generales en la interacción entre contenido digital y del mundo real, también ocuparon un lugar más destacado que el año pasado entre las áreas clave de investigación tanto dentro de las ciencias sociales como en otras disciplinas. Este hallazgo está en línea con los avances de la industria. El metaverso y la inteligencia artificial también hicieron una aparición notable en ambas muestras.

Las 25 palabras clave principales identificadas por autores en todas las disciplinas

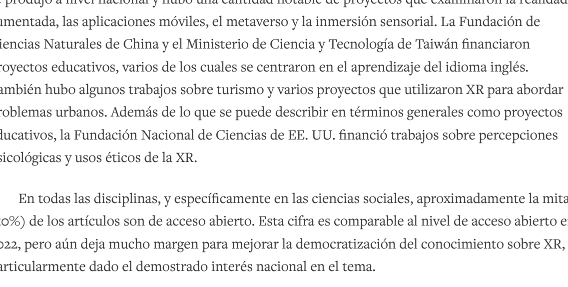


Palabra	Frecuencia	Palabra	Frecuencia
virtual	3597	superficie	286
aumentado	1381	social	279
aprendizaje	831	inmersivo	276
educación	445	cognitivo	272
red	441	quirúrgico	268
simulación	423	metaverso	259
interacción	419	artificial	253
mezclado	382	diseño	243
profundo	338	cirugía	243
modelo	334	capacitación	241
receptor	319	actuación	226
humano	307	móvil	226
3D	299		

Revistas de publicación

El siguiente gráfico de las diez principales revistas de investigación de XR es muy similar al del año pasado. Sin embargo, se han incorporado varias revistas enfocadas en la interacción humano-computadora. En comparación, las principales revistas en otras disciplinas se centran más en la tecnología, incluidos los sensores y los gráficos por computadora.

Las 10 principales publicaciones en ciencias sociales



Las revistas clave examinadas en el resto del informe *Gramáticas Sociales de la Virtualidad* entran dentro de una combinación entre las ciencias sociales y otras disciplinas, según las designa Scopus. A modo de comparación, estos son sus resultados en números: *Virtual Reality (153 artículos), Frontiers in Virtual Reality (91 artículos), Presence: Virtual and Augmented Reality (13 artículos), and Virtual Creativity (13 artículos).*

Financiamiento y acceso

Casi el 70% de las publicaciones de todas las disciplinas han recibido algún tipo de financiamiento. En las ciencias sociales, la tasa de financiamiento de las publicaciones ronda el 50%.

La Fundación de Ciencias Naturales de China y el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Taiwán fueron los dos principales organismos de financiamiento de la investigación en ciencias sociales, y la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos quedó en tercer lugar. Esto es interesante porque, si bien China ha financiado casi el doble de proyectos sobre XR en ciencias sociales, Estados Unidos sigue siendo la principal región geográfica en cuanto a publicaciones en ciencias sociales, aunque esta brecha se ha reducido en 2023. En comparación, el financiamiento nacional en China representó casi el 60 % de toda la investigación financiada en todas las disciplinas.

Las 10 principales agencias de financiamiento de la investigación en ciencias sociales durante 2023

Toda el financiamiento para la investigación proveniente de los 10 patrocinadores principales se produjo a nivel nacional y hubo una cantidad notable de proyectos que examinaron la realidad aumentada, las aplicaciones móviles, el metaverso y la inmersión sensorial. La Fundación de Ciencias Naturales de China y el Ministerio de Ciencia y Tecnología de Taiwán financiaron proyectos educativos, varios de los cuales se centraron en el aprendizaje del idioma inglés. También hubo algunos trabajos sobre turismo y varios proyectos que utilizaron XR para abordar problemas urbanos. Además de lo que se puede describir en términos generales como proyectos educativos, la Fundación Nacional de Ciencias de EE. UU. financió trabajos sobre percepciones psicológicas y usos éticos de la XR.

En todas las disciplinas, y específicamente en las ciencias sociales, aproximadamente la mitad (50%) de los artículos son de acceso abierto. Esta cifra es comparable al nivel de acceso abierto en 2022, pero aún deja mucho margen para mejorar la democratización del conocimiento sobre XR, particularmente dado el demostrado interés nacional en el tema.

1. La siguiente consulta de cadena se utilizó en Scopus el 24 de enero de 2024 para obtener los resultados:

   TÍTULO-ABS-CLAVE ("XR" O "VR" O "AR" O "realidad mixta" O "realidad extendida" O "realidad aumentada" O "realidad virtual") Y (LIMIT-TO (PUBSTAGE , "final")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2023)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "AR")) AND (LIMIT-TO (IDIOMA , "English")) ↑

Powered by Manifold Scholarship. Learn more at manifoldapp.org

Theories in XR, 2023

Maxwell Foxman, Shane Burrell, Waseq Rahman

In 2023, theories were not prominently debated in some of extended reality's (XR)'s most prolific journals. The entire editorial team of *Social Grammars of Virtuality* tasked all writers of the report to read and analyze all the year's articles from *Frontiers in Virtual Reality* (N = 91), *Presence* (N = 13), *Virtual Creativity* (N=13), and *Virtual Reality* (N=153).[1] We chose these journals because of their specific and longstanding focus on virtual reality. The team supplemented this body of literature with recommendations (N=12) from *Convergence*, *New Media and Society*, and similar outlets that stood out as pointed counterexamples to general trends. As authors of the theory section, we collectively analyzed the articles, inductively and qualitatively, coding them to identify common theories and how they were used in the pieces, meeting to compare our findings as is common with such research (e.g., Nowell et al., 2017). Publications in this corpus concentrated on XR's practical execution and usefulness in fields ranging from medicine, education, and fashion to the arts. *Virtual Reality* devoted much of its first 2023 issue to the administration of the medium in therapy and rehabilitation. *Frontiers in Virtual Reality* covered research topics like the state of women in the XR industry, medical simulations, and visualization. Many studies probed how immersive media might stimulate physiological reactions, such as testing haptics within STEM lessons (Johnson-Glenberg et al., 2023) or observing the sense of embodiment of secondary school students when employing Virtual Reality (VR—which tended to be the focus of articles over Augmented Reality (AR) or other mixed reality experiences—to learn public speaking (Valls-Ratés et al., 2023).

In this section, we first explain the major groups of theories found within this corpus. Mainly focused on users' physical and emotional responses to the technology, the most blatant invocation of theories surrounded cybersickness or the physical discomfort felt when donning head-mounted displays (HMDs). At the same time, other studies obliquely referenced cognitive and affective theories. Following this, we return to the prominent theories in last year's volume of *Social Grammars* (Foxman, 2023). Core concepts like presence, embodiment, and avatars were somewhat muted. This signals the normalization of staple XR theories whose effectiveness seems taken for granted and does not warrant explanation. We then discuss how the broader context within which XR is being used and adopted has neither led to the inclusion of critical/cultural theories, nor the development of novel concepts to interrogate XR's utility beyond direct physical impact. Finally, our annotated bibliography showcases articles from our collection that either contribute to existing theories or capitalize on them for novel work.

Key Themes: Cybersickness, Cognitive Behavior, and Emotion

As cybersickness continues to be an everyday problem, the most explicit speculation within the corpus we analyzed this year surrounded the condition caused by wearing an HMD and includes symptoms such as "visual fatigue, headache, pallor, sweating, dry mouth, full stomach, disorientation, dizziness, ataxia (movements coordination), nausea and tiredness" (Souchet et al., 2023, p. 19). Theories to explain the discomfort are both codified and plentiful. One article touched upon neural mismatch theory, or the idea that cybersickness "occurs because of a sustained conflict between visual and vestibular inputs" to evaluate the physical side effects of mixed reality (Kirollos & Merchant, 2023). Many cited work revolving around sensory motion theory, which predicts "VR cybersickness and its impact on the visuomotor performance using head rotations and field (in)dependence" (Maneuvrier et al., 2023). Affiliated postulates were also voiced: sensory rearrangement theory suggested a neural mismatch between current and past experiences (Jeong et al., 2023); subjective vertical conflict theory posited a "conflict between the subjective or expected vertical from experience and the sensed vertical from incoming sensory information" (Chung & Barnett-Cowan, 2023, p. 2037); and postural instability theory equated sickness with an inability to maintain posture (Chung & Barnett-Cowan, 2023). Other concepts included evolutionary theory/poison theory, which assumes the bodily reaction stems from adaptation to poison; dual-process theory, which points to potential fatigue that comes from looking at stereoscopic images; the transactional theory of stress; and sensorimotor contingencies theories (Souchet et al., 2023), among others. Many of the theories cited have decades-long histories, which authors would reference. For instance, Palmisano et al. (2022) provide an in-depth definition and review of cybersickness in their study testing how head orientation and lag may predict sickness. Their work references earlier analyses of VR simulation (e.g., Howarth & Costello, 1997) as well as foundational literature regarding the many dimensions surrounding sensory conflict theory as applied to motion sickness (Ca, 1931).

These examples also indicate the sheer breadth of notions attempting to explain cybersickness, underscoring the investment and vital importance in remedying the phenomenon. Queasiness due to XR remains problematic and one of the significant barriers to adoption. Souchet et al. (2023) note that cybersickness persists no matter the HMD used and, without a unifying theory, remains somewhat unpredictable and a "concern for workers using VR." Since it is also a bodily reaction that can be measured, it was surveyed via a variety of questionnaires such as the Simulator Sickness Questionnaire (e.g., Fantin et al., 2023) or negative feelings subscale of the ITC-Sense of Presence inventory (e.g., Breves & Stein, 2023). However, the quest to fix this unresolved issue is still based on normative assumptions, particularly the ethics of promoting a technology that seems to cause these symptoms and the prospect that it can ever be "solved."

While cybersickness theories were explicitly referenced, concepts to fathom VR's effect on cognition and behavior were implied, under headers like "cognitive effects" (Carpio et al., 2023). Specific approaches like the cognitive theory of multimedia learning (Radhakrishnan et al., 2023) or the cognitive load "theory" were taken in a few cases. The latter framework states that an "increase in intrinsic and extraneous cognitive loads in parallel with a decrease in germane cognitive load may explain the lower performance in video learning as reported with other multimedia" (Chao et al., 2023, p. 645). XR was considered a mediating factor and a way to ameliorate cognitive issues in therapy for those who were disabled, had dementia, or had other afflictions like facial anxiety, PTSD, or stress from chemotherapy. Broader suppositions tended to be expounded regarding specific mechanisms of the technology: one paper investigated, for instance, how VR's heightened sense of presence might reduce anxiety and calm emotional turbulence (Buche et al., 2023); another compared three locomotion strategies for explaining intuitiveness (Ganapathi & Sorathia, 2023). Collectively, these works suggest XR could have some cognitive effect, albeit without in-depth theoretical backing.

Explanations of affective and emotional impact were equally murky. A few articles linked cognition and affect (e.g., Takac et al., 2023); tied emotions to "affective dimension theory," which sets values for measuring student interest (Y. Lin et al., 2023); or raised the "Theory of Magnitude" which proposes information in the brain is processed through systems of magnitude (e.g., Sadeghi et al., 2023). Other studies connected affective dispositions to the Technological Acceptance Model (TAM), which presents how technology is accepted based on perceptions of usefulness and ease of use (e.g., Wong et al., 2023). Overall, XR was broadly positioned as a palliative for social, emotional, and affective issues; one article in *Virtual Creativity* articulated the poetics of immersive virtual experience by drawing a parallel to the self-transcendence gained with a hallucinogen like ayahuasca (Miller et al., 2023). Nevertheless, there was a dearth of clarity or uniformity in recognizing the emotional and psychological ramifications of the technology. Instead, physiological measurements were calculated (e.g., Høeg et al., 2023; Sadeghi et al., 2023). A few articles evoked the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) to study cybersickness (Souchet et al., 2023; Voinescu et al., 2023), acceptance of VR in educational settings (Karaoglan-Yilmaz et al., 2023; Ustun et al., 2022) and for training in infection prevention (Désiron et al., 2023). UTAUT integrates earlier theories centered on technological acceptance, motivation, and reasoned action so that conditions, expectations regarding effort and performance, and social influence are factored into how people adopt novel technologies. However, its application, which incorporates some emotional and cognitive components, still reflects the scarcity of uniformity and the emphasis on quantification when trying to distinguish VR's affective import in these journals.

Revisiting Classic XR Concepts: Presence, Embodiment, and Avatars

Last year's report (Foxman, 2023) spotlighted the predominance of what might be considered "classic" concepts surrounding VR's potential—presence, or the sense of "being there" (Heeter, 1992); embodiment, or the ability to "change one's character or perspective" (Lachmair et al., 2022; see also Slater, 2017); and the use of avatars or a "graphical representation of a user in a virtual world" (J. Lin & Latoschik, 2022; see also Bailenson et al., 2004). While present across the literature, these concepts were neither deeply theorized nor dominant in discussions. For example, the aforementioned study examining physical head orientation to understand cybersickness defined presence as we did above—as "being there" (Palmisano et al., 2023). The lack of specificity implies that such concepts are assumed to be core to immersive experiences, rendering theorizing and reasoning less necessary within academic communities. Presence also manifested in scales and measurements to analyze everything from fire safety training (Ristor et al., 2023) to immersive exergaming (Høeg et al., 2023). One 20-point scale was devised and deployed to measure "How much do you feel like you are there?" (Palmisano et al., 2023, p. 1299). However, as the concept continues to be debated for lack of theoretical clarity (e.g., Latoschik & Wienrich, 2022; Murphy & Skarbez, 2022; Slater et al., 2022), such staid definitions seem to lack nuance. A few articles did make an effort at more complexity: for instance, looking at presence through phenomenology (Kelly, 2023); or delving into how demographic differences impact users' experience (Martingano et al., 2023).

Articles on avatars similarly concentrated less on theoretical development and more on functionality (e.g., Gonzalez Morin et al., 2023). Scholars presented a library of diverse avatars for public use (Do et al., 2023). Others utilized avatars to replicate conditions like auditory hallucinations for those with schizophrenia (García et al., 2023), or to combat anxiety induced by public speaking (Valls-Ratés et al., 2023). However, discussions of related theories like the Proteus Effect— the phenomenon of people conforming to their avatar in virtual worlds—were rare (e.g., Beyea et al., 2022; Sakuma et al., 2023). That was the case also with the allied concept of digital twins. This term has found particular traction for industrial, rather than theoretical work, including studies of traffic simulations (Rundel & De Amicis, 2023), XR applications (Tu et al., 2023), or, more fancifully, the natural environment (Harrington, 2023).

Sourcing these concepts for more general terminology demonstrates that rather than debating meanings, authors within the analyzed articles regularly deploy them to explain mechanisms in their research instead. Presence, embodiment, and avatars are acknowledged as inherently practical components that separate XR from other media. Some of this positioning may be based on the subject matters on which this year focused: medicine, therapy, engineering, and education, which dominated *Virtual Reality's* 2023 entries and require more applied and practical work rather than theoretical debate.

Contextualizing Theory and Future Work

In the corpus studied for this volume, theory development served physical, social, and emotional outcomes. Most studies saw researchers putting theories to "work" by associating them with material examples and bodily functions rather than debating the broader contexts surrounding XR development and diffusion. Concepts around VR, such as presence, immersion, and embodiment, are simply normalizing when adapting the technology to other fields. This implies that XR concepts are better understood than ever. There is some evidence for this: for instance, Reaver (2023) called upon participatory planning theories when gathering input on urban planning in Oslo, Norway, over five weeks by youth participants armed with AR-enabled devices (e.g., smartphones, tablets), and were able to do so with ease. There is also clearly a deep well of knowledge from which these pragmatic studies draw. For instance, Martingano et al. (2023) provide a detailed theoretical history of presence in their study of it in terms of demographic differences.

However heartening this widespread adoption may be, such articles still need to deploy theory to understand such issues as labor, industry, or cultural impact. XR is approached more as an agnostic tool with a standard set of psychological and social theories to explain its implementation, at least in the journals selected for the analysis. Yet, treating the technology as such is troubling considering XR's proliferation, as evidenced by the many applied examples we identified. It would be advantageous for scholars to scrutinize the psychological states, cultural issues (e.g., gender, class), and social consequences (e.g., adoption, acceptance) that arise as XR insinuates itself into everyday life. Currently, most work precludes these analyses in the pursuit of implementation, which means that ideological assumptions about HMDs will likely continue to "lock-in" (Foxman, 2019, 2022) without significant debate.

Fortunately for XR scholars, there are existing theories that can complicate normative assumptions. Older studies have addressed many of these concerns, from Susan Langer's (1953) articulation of virtuality in the arts to Brenda Laurel's (1993) conceptions of immersive media through the lens of design. There is also a significant body of literature from the early 2000s on socializing in virtual worlds using platforms like *Second Life* (e.g., Boellstorff, 2015; , Boellstorff et al., 2012; Davis & Boellstorff, 2016). While one or two articles in our readings did reference this in terms of metaverse and marketing (e.g., Dudley et al., 2023; Ramadan, 2023)[2] such work remains absent from most studies. However, returning to this and their theoretical perspectives would add much-needed context regarding how different cultural groups (e.g., gender, disability, race, income) use these technologies . They also show that practicality can extend to other applications, including marketing, media and communications, and community formation.

Additionally, this year, some critically informed theories regarding XR's broader dissemination are emerging. For example, Whittaker (2023) tackles the ongoing problem of "onboarding" into HMDs through incorporation. However, perhaps the place where theorizing is growing most rapidly surrounds the broader social impact of the "metaverse." Since this particular iteration of XR is promoted as potentially occupying all parts of everyday life and communication, scholars are starting to theorize how it may alter a wide variety of social topics: "factual truth" and memory (Bay, 2023), public policy challenges (Mosco, 2023), and economics via Non-Fungible Tokens (NFTs) (Scheiding, 2023). This work adds to the literature that invokes political economy and cultural theory to investigate the industries disseminating XR (e.g., Chia, 2022; Egliston & Carter, 2022). Ultimately, these debates highlight the continued ample opportunities for employing rich theory beyond practical application as we get to know XR more intimately and it becomes entrenched in our society.

Annotated Bibliography

The following articles, selected from this year's analyzed corpus, span a wide variety of subjects, from avatars to journalism, and expand theoretical possibilities of how humans are represented in virtual environments.

Beyea, D., Ratan, R. R., Lei, Y. S., Liu, H., Hales, G. E. & Lim, C. (2022). A New Meta-Analysis of the Proteus Effect: Studies in VR Find Stronger Effect Sizes. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 31, 189–202. https://doi.org/10.1162/pres_a_00392

Beyea et al. (2022) review 56 quantitative studies on the Proteus Effect (mentioned above). They paid close attention to effect sizes, sample size, the method by which these articles used the Proteus Effect in their work, and the potential for *p*-hacking. Ultimately, the work gives future scholars recommendations on areas of the Proteus Effect that have yet to be researched, specifically, the moderating factors that initiate the Proteus Effect and the potential priming factors associated with avatar identification.

Ghosh, R., Feijóo-García, P. G., Stuart, J., Wrenn, C. & Lok, B. (2023). Evaluating face gender cues in virtual humans within and beyond the gender binary. Frontiers in Virtual Reality, 4(August), 1–10. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1251420

In this exploratory study, Ghosh et al. examined the impact of gender expression in the virtual workspace. Since more institutions are utilizing immersive workspaces for collaborations and meetings, the scholars looked at how gender can be perceived through the expression of virtual avatars. The findings from the authors' study indicated that while male or female avatars tended to fit users' gender expression, this was not the case with non-binary individuals. The results from this study expand on how immersive media can be used to express gender representations, thus adding a layer of nuance to the uses of immersive media in the workforce.

Lin, C. C., & Hsu, Y. C. (2023). The new ethical thinking in CGI immersive journalism. Convergence, 29(4), 1033–1053.

While somewhat field-specific, Lin and Hsu's work provides an excellent model for a theoretically complex and empirically rich approach to studying XR. The authors tackle the conceptually complicated notion of how "realness" can be represented in immersive journalism using computer-generated images (CGI). They return to historical examples of the medium and long-standing theories surrounding hyperreality and virtuality to do this. Then, to explore the ethical implications surrounding such concerns, they report the results of interviews and surveys with professionals in the UK and Taiwan to see how truth is represented in CGI stories. The result is a valuable model for understanding reality, virtuality, and practical discussions of how this can impact newsmakers.

Won, A. S., & Davis, D. Z. (2023). Your money or your data: Avatar embodiment options in the identity economy. Convergence.

Won and Davis confront an inherent paradox with the deployment of avatars: theoretically, users should have almost limitless possibilities regarding the avatar they choose to embody. However, this potential is often deeply restricted by what they describe as the "embodied identity economy," which ties possibilities to economic and platform prerogatives. To address this issue, they suggest a framework of avatar embodiment based on balancing consistency and discrepancy from physical identity and experience versus self-presentation. Their work provides a valuable model for understanding the complicated relationship to avatars that may come as they find increased professional, social, and personal use.

References

Bailenson, J. N., Beall, A. C., Loomis, J., Blascovich, J., & Turk, M. (2004). Transformed social interaction: Decoupling representation from behavior and form in collaborative virtual environments. *Presence*, *13*(4), 428–441.

Bay, M. (2023). Arendt in the Metaverse: Four properties of eXtended Reality that imperil factual truth and democracy. *Convergence*, *29*(6), 1698–1712.

Beyea, D., Ratan, R. (robby), Lei, Y. (skylar), Liu, H., Hales, G. E., & Lim, C. (2022). A new meta-analysis of the Proteus effect: Studies in VR find stronger effect sizes. *Presence* , *31*, 189–202.

Boellstorff, T. (2015). *Coming of Age in Second Life*. Princeton University Press.

Boellstorff, T., Nardi, B., Pearce, C., Taylor, T. L., & Marcus, G. E. (2012). *Ethnography and Virtual Worlds: A Handbook of Method*. Princeton University Press.

Breves, P., & Stein, J.P. (2023). Cognitive load in immersive media settings: the role of spatial presence and cybersickness. *Virtual Reality*, *27*(2), 1077–1089.

Buche, H., Michel, A., & Blanc, N. (2023). When virtual reality supports patients' emotional management in chemotherapy. *Frontiers in Virtual Reality*, *4*. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1294482

Ca, C. (1931). The psychology of seasickness. *Psyche*, *11*, 86–90.

Carpio, R., Baumann, O., & Birt, J. (2023). Evaluating the viewer experience of interactive virtual reality movies. *Virtual Reality*, *27*(4), 3181–3190.

Chao, Y.P., Kang, C.J., Chuang, H.H., Hsieh, M.J., Chang, Y.C., Kuo, T. B. J., Yang, C. C. H., Huang, C.G., Fang, T.J., Li, H.Y., & Lee, L.A. (2023). Comparison of the effect of 360° versus two-dimensional virtual reality video on history taking and physical examination skills learning among undergraduate medical students: a randomized controlled trial. *Virtual Reality*, *27*(2), 637–650.

Chia, A. (2022). The metaverse, but not the way you think: game engines and automation beyond game development. *Critical Studies in Media Communication*, *39*(3), 191–200.

Chung, W., & Barnett-Cowan, M. (2023). Sensory reweighting: a common mechanism for subjective visual vertical and cybersickness susceptibility. *Virtual Reality*, *27*(3), 2029–2041.

Davis, D. Z., & Boellstorff, T. (2016). Compulsive Creativity: Virtual Worlds, Disability, and Digital Capital. *International Journal of Communication Systems*, *10*(0), 23.

Désiron, J. C., Petko, D., Lapaire, V., Ullrich, C., & Clack, L. (2023). Using virtual reality to train infection prevention: what predicts performance and behavioral intention? *Virtual Reality*, *27*(2), 1013–1023.

Do, T. D., Zelenty, S., Gonzalez-Franco, M., & McMahan, R. P. (2023). VALID: a perceptually validated Virtual Avatar Library for Inclusion and Diversity. *Frontiers in Virtual Reality*, *4*. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1248915

Dudley, J., Yin, L., Garaj, V., & Kristensson, P. O. (2023). Inclusive Immersion: a review of efforts to improve accessibility in virtual reality, augmented reality and the metaverse. *Virtual Reality*, *27*(4), 2989–3020.

Egliston, B., & Carter, M. (2022). "The metaverse and how we"ll build it': The political economy of Meta's Reality Labs. *New Media & Society*, 146144482211197.

Fantin, L., Ceyte, G., Maïni, E., Hossu, G., & Ceyte, H. (2023). Do individual constraints induce flexibility of visual field dependence following a virtual immersion? Effects of perceptive style and cybersickness. *Virtual Reality*, *27*(2), 917–928.

Foxman, M. (2019). United We Stand: Platforms, Tools and Innovation With the Unity Game Engine. *Social Media + Society*, *5*(4), 2056305119880177.

Foxman, M. (2022). Gaming the system: Playbour, production, promotion, and the metaverse. *Baltic Screen Media Review*, *10*(2), 224–233.

Foxman, M. (2023). Theories in XR, 2022. In K. Girginova, K. Cassidy, M. Foxman, M. O'Donnell, & K. Rawson (Eds.), *Social Grammars of Virtuality* (Vol. 1, pp. 18–30). University of Pennsylvania.

Ganapathi, P., & Sorathia, K. (2023). User elicited gesture-based locomotion techniques for immersive VEs in a seated position: a comparative evaluation. *Frontiers in Virtual Reality*, *4*. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1169654

García, A. S., Fernández-Sotos, P., Vicente-Querol, M. A., Sánchez-Reolid, R., Rodriguez-Jimenez, R., & Fernández-Caballero, A. (2023). Co-design of avatars to embody auditory hallucinations of patients with schizophrenia. *Virtual Reality*, *27*(1), 217–232.

Gonzalez Morin, D., Gonzalez-Sosa, E., Perez, P., & Villegas, A. (2023). Full body video-based self-avatars for mixed reality: from E2E system to user study. *Virtual Reality*, *27*(3), 2129–2147.

Harrington, M. C. R. (2023). Virtual nature makes knowledge beautiful. *Frontiers in Virtual Reality*, *4*. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1100540

Heeter, C. (1992). Being There: The Subjective Experience of Presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, *1*(2), 262–271.

Høeg, E. R., Bruun-Pedersen, J. R., Cheary, S., Andersen, L. K., Paisa, R., Serafin, S., & Lange, B. (2023). Buddy biking: a user study on social collaboration in a virtual reality exergame for rehabilitation. *Virtual Reality*, *27*(1), 245–262.

Howarth, P. A., & Costello, P. J. (1997). The occurrence of virtual simulation sickness symptoms when an HMD was used as a personal viewing system. *Displays*, *18*(2), 107–116.

Jeong, D., Paik, S., Noh, Y., & Han, K. (2023). MAC: multimodal, attention-based cybersickness prediction modeling in virtual reality. *Virtual Reality*, *27*(3), 2315–2330.

Johnson-Glenberg, M. C., Yu, C. S. P., Liu, F., Amador, C., Bao, Y., Yu, S., & LiKamWa, R. (2023). Embodied mixed reality with passive haptics in STEM education: randomized control study with chemistry titration. *Frontiers in Virtual Reality*, *4*. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1047833

Karaoglan-Yilmaz, F. G., Yilmaz, R., Zhang, K., & Ustun, A. B. (2023). Development of educational virtual reality attitude scale: A validity and reliability study. *Virtual Reality*, *27*(3), 1875–1885.

Kelly, N. J. (2023). Using interpretative phenomenological analysis to gain a qualitative understanding of presence in virtual reality. *Virtual Reality*, *27*(2), 1173–1185.

Kirollos, R., & Merchant, W. (2023). Comparing cybersickness in virtual reality and mixed reality head-mounted displays. *Frontiers in Virtual Reality*, *4*. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1130864

Lachmair, M., Fischer, M. H., & Gerjets, P. (2022). Action-control mappings of interfaces in virtual reality: A study of embodied interaction. *Frontiers in Virtual Reality*, *3*. https://doi.org/10.3389/frvir.2022.976849

Langer, S. K. (1953). *Feeling and form*. Routledge and Kegan Paul London.

Latoschik, M. E., & Wienrich, C. (2022). Congruence and plausibility, not presence: Pivotal conditions for XR experiences and effects, a novel approach. *Frontiers in Virtual Reality*, *3*, 694433.

Laurel, B. (1993). *Computers as Theatre* (Reprint edition). Addison-Wesley Professional.

Lin, J., & Latoschik, M. E. (2022). Digital body, identity and privacy in social virtual reality: A systematic review. *Frontiers in Virtual Reality*, *3*. https://doi.org/10.3389/frvir.2022.974652

Lin, Y., Lan, Y., & Wang, S. (2023). A method for evaluating the learning concentration in head-mounted virtual reality interaction. *Virtual Reality*, *27*(2), 863–885.

Maneuvrier, A., Nguyen, N.-D.-T., & Renaud, P. (2023). Predicting VR cybersickness and its impact on visuomotor performance using head rotations and field (in)dependence. *Frontiers in Virtual Reality*, *4*. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1307925

Martingano, A. J., Duane, J.N., Brown, E., & Persky, S. (2023). Demographic differences in presence across seven studies. *Virtual Reality*, *27*(3), 2297–2313.

Miller, N., Desnoyers-Stewart, J., Stepanova, E. R., Kitson, A., Bizzocchi, J., & Riecke, B. E. (2023). Sipping the virtual elixir: An autoethnographic close reading of Ayahuasca Kosmik Journey, a self-transcendent virtual experience. *Virtual Creativity*, *12*(1), 27–44.

Mosco, V. (2023). Into the Metaverse: Technical Challenges, Social Problems, Utopian Visions, and Policy Principles. *Javnost - The Public*, *30*(2), 161–173.

Murphy, D., & Skarbez, R. (2022). What do we mean when we say "presence"? *Presence* , 171–190.

Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic Analysis: Striving to Meet the Trustworthiness Criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, *16*(1), 1609406917733847.

Palmisano, S., Allison, R. S., Teixeira, J., & Kim, J. (2023). Differences in virtual and physical head orientation predict sickness during active head-mounted display-based virtual reality. *Virtual Reality*, *27*(2), 1293–1313.

Radhakrishnan, U., Chinello, F., & Koumaditis, K. (2023). Investigating the effectiveness of immersive VR skill training and its link to physiological arousal. *Virtual Reality*, *27*(2), 1091–1115.

Ramadan, Z. (2023). Marketing in the metaverse era: toward an integrative channel approach. *Virtual Reality*, 1–14.

Reaver, K. (2023). Augmented reality as a participation tool for youth in urban planning processes: Case study in Oslo, Norway. *Frontiers in Virtual Reality*, *4*. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1055930

Ristor, R., Morélot, S., Garrigou, A., & N' Kaoua, B. (2023). Virtual reality for fire safety training: study of factors involved in immersive learning. *Virtual Reality*, *27*(3), 2237–2254.

Rundel, S., & De Amicis, R. (2023). Leveraging digital twin and game-engine for traffic simulations and visualizations. *Frontiers in Virtual Reality*, *4*. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1048753

Sadeghi, S., Daziano, R., Yoon, S.Y., & Anderson, A. K. (2023). Affective experience in a virtual crowd regulates perceived travel time. *Virtual Reality*, *27*(2), 1051–1061.

Sakuma, H., Takahashi, H., Ogawa, K., & Ishiguro, H. (2023). Immersive role-playing with avatars leads to adoption of others' personalities. *Frontiers in Virtual Reality*, *4*. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1025526

Scheiding, R. (2023). Designing the Future? The Metaverse, NFTs, & the Future as Defined by

Unity Users. *Games and Culture*, *18*(6), 804–820.

Slater, M. (2017). Implicit Learning Through Embodiment in Immersive Virtual Reality. In D. Liu, C. Dede, R. Huang, & J. Richards (Eds.), *Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education* (pp. 19–33). Springer Singapore.

Slater, M., Banakou, D., Beacco, A., Gallego, J., Macia-Varela, F., & Oliva, R. (2022). A Separate Reality: An Update on Place Illusion and Plausibility in Virtual Reality. In *Frontiers in Virtual Reality* (Vol. 3). https://doi.org/10.3389/frvir.2022.914392

Souchet, A. D., Lourdeaux, D., Pagani, A., & Rebenitsch, L. (2023). A narrative review of immersive virtual reality's ergonomics and risks at the workplace: cybersickness, visual fatigue, muscular fatigue, acute stress, and mental overload. *Virtual Reality*, *27*(1), 19–50.

Takac, M., Collett, J., Conduit, R., & De Foe, A. (2023). A cognitive model for emotional regulation in virtual reality exposure. *Virtual Reality*, *27*(1), 159–172.

Tu, X., Autiosalo, J., Ala-Laurinaho, R., Yang, C., Salminen, P., & Tammi, K. (2023). TwinXR: Method for using digital twin descriptions in industrial eXtended reality applications. *Frontiers in Virtual Reality*, *4*. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1019080

Ustun, A. B., Karaoglan-Yilmaz, F. G., & Yilmaz, R. (2022). Educational UTAUT-based virtual reality acceptance scale: a validity and reliability study. *Virtual Reality*. https://doi.org/10.1007/s10055-022-00717-4

Valls-Ratés, Ï., Niebuhr, O., & Prieto, P. (2023). Encouraging participant embodiment during VR-assisted public speaking training improves persuasiveness and charisma and reduces anxiety in secondary school students. *Frontiers Virtual Real.*, *4*. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1074062

Voinescu, A., Petrini, K., Stanton Fraser, D., Lazarovicz, R.A., Papavă, I., Fodor, L. A., & David, D. (2023). The effectiveness of a virtual reality attention task to predict depression and anxiety in comparison with current clinical measures. *Virtual Reality*, *27*(1), 119–140.

Whittaker, L. (2023). Onboarding and offboarding in virtual reality: A user-centred framework for audience experience across genres and spaces. *Convergence*, 13548565231187329.

Wong, E. Y.C., Hui, R. T.Y., & Kong, H. (2023). Perceived usefulness of, engagement with, and effectiveness of virtual reality environments in learning industrial operations: the moderating role of openness to experience. *Virtual Reality*, 1–17.

1. Some of the publications cited are from 2022 but meaningfully appeared in journals published this year (e.g., *Presence*). ↑

2. It is worth noting that some authors would cite this work but not reference it directly and/or include it among broader reviews and meta-analyses. ↑

Powered by Manifold Scholarship. Learn more at manifoldapp.org

El lenguaje de las tecnologías y experiencias de realidad extendida

Como han demostrado las investigaciones, las formas en que pensamos y nos comunicamos sobre algo, y el lenguaje específico que utilizamos para hacerlo, moldean directamente nuestras experiencias al respecto (Berger & Luckmann, 1991[1]; Searle, 1999[2]). A su vez, el objetivo detrás de esta sección del informe es doble: primero, comprender mejor cómo nos comunicamos sobre los medios y las experiencias de realidad extendida (XR)[3] examinando el lenguaje utilizado para describirlos; segundo, buscar innovaciones en las formas en que conceptualizamos nuestras interacciones con los medios XR a través de la introducción de términos y conceptos novedosos. Esta sección se basa en 266 artículos revisados por pares publicados en 2023 en cuatro revistas clave dedicadas a la investigación de XR[4] además de cinco artículos relevantes que se encuentran más allá de este alcance. Las cuatro revistas clave, que analizan todas las secciones académicas de este informe, fueron seleccionadas porque se dedican a publicar trabajos de XR. Los artículos adicionales se basaron en la búsqueda del autor.

Un hallazgo clave es que en 2023 hubo un conjunto muy limitado de términos utilizados y autores citados para describir los medios y las experiencias de XR. Incluso los artículos que se centran en aspectos comunicativos de la XR, o que son de naturaleza más cualitativa o exploratoria, todavía se adhieren a la atracción centrípeta de conceptos psicológicos como presencia (Slater & Wilbur, 1997[5]), personificación e inmersión (Biocca & Delaney[6], 1995; Biocca, 1997[7]) para explicar los medios XR o estudiar fenómenos específicos utilizando XR. Esto es similar a los hallazgos del informe de 2022 sobre el lenguaje de XR que encontró que la investigación se basa en los mismos términos clave sin necesariamente hacer el trabajo de interpretación o explicación. Uno podría pensar que esto es de esperarse, particularmente dada la epistemología objetivista que sustenta en gran medida las revistas clave de las que se extrae el corpus de artículos y, sin embargo, hay razones para el cambio.

Si bien un conjunto limitado de términos descriptivos no es intrínsecamente problemático, las formas en que comunicamos sobre las experiencias XR deberían reflejar la evolución en nuestras prácticas de creación y consumo en torno a las tecnologías XR. Además, como han señalado acertadamente investigaciones previas, existen diversas tradiciones intelectuales e importantes diferenciadores, incluso dentro de términos aparentemente dados por sentado como "presencia" (Felton & Jackson, 2022[8]; Murphy & Skarbez, 2020[9]), sobre los cuales las investigaciones actuales rara vez son específicas. En resumen, existe la necesidad, si no de más terminología, sí de más claridad sobre qué queremos decir exactamente cuando comunicamos sobre XR.

Si bien no es una tendencia dominante en todo el corpus de artículos, también surgen tres temas interrelacionados: 1) el enfoque en la narrativa, 2) consideraciones sensoriales/espaciales y 3) realidad aumentada. Específicamente, la exploración de la narrativa se extiende a cómo los sentidos humanos y nuestro entorno físico inmediato se convierten en parte de la experiencia general de realidad virtual (VR); la co-creación de significado entre la audiencia y el intérprete, y el usuario y el artefacto virtual; la veracidad de Narrativas de los medios XR y descripciones del metaverso. La realidad aumentada (RA) también fue tema clave de varios artículos, que ofrecen a los lectores conceptos empíricos para describir mejor nuestro compromiso con la RA. La bibliografía comentada a continuación muestra cada uno de estos temas con más detalle a través de una selección de artículos.

Las innovaciones en el lenguaje de XR incluyen la introducción y el examen sistemático de las prácticas de "incorporación" y "offboarding" en los medios de XR, la metáfora del museo para estructurar cómo pensamos sobre la codificación y decodificación del significado en los medios de realidad virtual y la sugerencia provocativa de cambiar el nombre de VR a "inmersión sensorial" o SI (sensory immersion). Por último, vale la pena señalar que el concepto de Inteligencia Artificial (IA) apareció en algunos de los artículos, pero no fue un tema destacado y cuando se mencionó, a menudo fue en referencia hipotética a lo que podría significar para la futura creación de contenido XR. De manera similar, la computación espacial no entró en la literatura de manera significativa, lo que pone de relieve el desfase entre la academia y la industria.

Bibliografía comentada: una selección de artículos que muestran los temas de narrativa, espacialidad, los sentidos humanos y la realidad aumentada

Jang, S. Y., Park, J., Engberg, M., MacIntyre, B., & Bolter, J. D. (2023). RealityMedia: immersive technology and narrative space [RealityMedia : tecnología inmersiva y espacio narrative]. Frontiers in Virtual Reality, 4. https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1155700

Este artículo examina los procesos de creación de significado detrás del consumo de narrativas de realidad virtual de no ficción. Diseña un experimento de realidad virtual, en el que a 20 personas se les muestra una experiencia similar a un museo llamada RealityMedia , con varias galerías que muestran la historia de los medios. Los autores sostienen que la realidad virtual "es un nuevo espacio de escritura en la larga tradición de inscripción" (p. 1), en el que el consumo de narrativas es similar a la creación de sentido que tiene lugar en un museo. Específicamente, los autores postulan que la creación de sentido narrativo ocurre en tres niveles: la arquitectura del espacio, la colección y los artefactos individuales.

Este artículo es un interesante complemento al libro Reality Media[10] (2021), que explora la coexistencia de medios de comunicación más antiguos y más nuevos y las formas en que los medios más nuevos, como la televisión, remedian a los medios más antiguos, como la radio. Los autores destacan la complejidad añadida del diseño de narrativas de realidad virtual, que ahora tienen lugar en dimensiones visuales, auditivas y espaciales (y en algunos casos hápticas). También llaman la atención sobre la tensión entre el control del autor y la agencia del usuario en el nivel al que deben guiarse las narrativas de realidad virtual para atraer a diferentes audiencias. A su vez, la metáfora del museo y las tres capas específicas de inscripción y decodificación de significado emergen como herramientas para pensar sobre narrativas de realidad virtual.

Harley, D. (2023). Virtual narratives, physical bodies: Designing diegetic sensory experiences for virtual reality [Narrativas virtuales, cuerpos físicos: diseño de experiencias sensoriales diegéticas para la realidad virtual]. Convergence, https://doi.org/10.1177/13548565231178915

Este artículo utiliza un enfoque de "investigación a través del diseño" (Gaver, 2012[11]) para examinar cómo las experiencias sensoriales pueden incorporarse en [12] narrativas diegéticas de realidad virtual, por lo que la contribución deseada del artículo es utilizar el diseño "para producir preguntas en lugar de productos" (p. X). A modo de ilustración, el autor analiza cuatro proyectos específicos que insertan contextualmente diversas interacciones físicas y sensoriales en la experiencia de realidad virtual, como controladores manuales que se han adaptado a la forma y sensación de un objeto específico, o arena debajo de los pies descalzos del usuario. El artículo incita a investigadores y diseñadores a ir más allá de la forma narrativa visual y auditiva más tradicional, al considerar cómo se pueden incorporar de manera significativa elementos de diseño en el entorno inmediato, como el casco de realidad virtual que se lleva puesto u otros objetos reales de baja tecnología pueden ser significativamenrw incorporados en la experiencia XR general . A su vez, tal expansión práctica y conceptual también resultaría en una reorientación del "espacio de diseño" del productor.

Whittaker, L. (2023). Onboarding and offboarding in virtual reality: A user-centred framework for audience experience across genres and spaces [Incorporación y salida de la realidad virtual: un marco centrado en el usuario para la experiencia de la audiencia en todos los géneros y espacios]. Convergence, https://doi.org/10.1177/13548565231187329

Este artículo, que forma parte del proyecto expansivo Story Futures [13], es la primera consideración sistemática de la incorporación y salida de experiencias de realidad virtual. El autor define la incorporación y la salida como los procesos de llevar al público a una experiencia inmersiva y retroceder nuevamente. Si bien el autor señala que estas prácticas han sido examinadas exhaustivamente en entornos teatrales y de actuaciones en vivo, tienden a descuidarse en el contexto de la realidad virtual, en detrimento de quienes la utilizan. Además, los conceptos de inmersión y presencia, características clave de los medios de realidad virtual, también tienden a pasar por alto los procesos necesarios para entrar y salir de esos estados. Por lo tanto, incluir la incorporación y la salida como conceptos vitales para el trabajo de inmersión y presencia requiere que ampliemos nuestra comprensión de estas últimas palabras clave de la realidad virtual.

El autor presenta un marco adaptado del StoryFutures Audience Toolkit para invitar a las "audiencias de realidad virtual a un contrato de participación" (p.13). El marco pide a quienes diseñan experiencias de realidad virtual que consideren su responsabilidad hacia la audiencia y el efecto deseado a través de prácticas adecuadas de incorporación y salida basadas en una consideración de plataforma, lugar, tiempo, género y usuario. Finalmente, el autor aboga por dos cambios: 1) uno que centra la atención fuera de la tecnología y hacia el usuario, y 2) uno que va más allá del "momento de inmersión al proceso de incorporación" (p. 17). Este último concepto se basa en argumentos de que las personas frecuentemente son conscientes de su entorno físico incluso cuando experimentan contenido absorbente de realidad virtual , por lo que la incorporación y la salida se convierte en una cuestión de cómo conducir de manera óptima a las audiencias a estos estados de negociación perceptiva constante en lugar de a un destino final.

Kirwan, E. (2022). Performer/audience experience, performer perception and audience immersion [Experiencia intérprete/audiencia, percepción del intérprete e inmersión de la audiencia]. Virtual Creativity, 12(1). https://doi.org/10.1386/vcr_00060_1

This article examines three VR-mediated dance performances and juxtaposes the experiences of the audience and performers. The author argues that VR "enhances the performer's and audience's immersion, yet by doing so, separates performer and audience even further" (p. 55), leading to a non-event that is more akin to watching a film than experiencing the co-creation of meaning during live performance. As such, the article offers reflections on the evolution of dance, as a story medium that "immerses audiences through its unfolding narrative" (p. 52).

Bay, M. (2023). Arendt in the Metaverse: Four properties of eXtended Reality that imperil factual truth and democracy [Arendt en el metaverso: cuatro propiedades de la realidad extendida que ponen en peligro la verdad fáctica y la democracia]. Convergence, 29(6), 1698-1712. https://doi.org/10.1177/13548565231199957

Este artículo sostiene que las tecnologías de realidad extendida (XR) inhiben la creación social de lo que Arendt (1968) [14] llama una *realidad común* y *una verdad fáctica* porque están cada vez más conectadas con grandes conglomerados de medios que favorecen la segmentación rentable de la audiencia y la personalización del contenido. El autor sostiene que esta personalización es particularmente potente cuando se presenta a través de contenido XR, que tiene poderes de persuasión sin precedentes. Si bien el autor reconoce que el artículo presenta un argumento abstracto y algo teórico, las sinergias entre la IA generativa que puede crear contenido de realidad virtual fotorrealista y el impacto en las audiencias que lo consumen merecen atención.

El problema con los altos niveles de personalización del contenido en XR —similar a otros medios— es que se vuelve "menos base para la interacción y la deliberación políticas—y, por lo tanto, se inhibe la co-construcción de una *realidad común* " (p. 1705). Sin embargo, a diferencia de otros medios, la personalización hiperdirigida en XR puede generar algunos problemas únicos, incluida la creación de recuerdos falsos, no solo a nivel cognitivo sino también motor, y problemas de procesamiento predictivo. Esto último se basa en el hecho de que nuestra percepción actual se basa en nuestras experiencias previas, por lo que podemos sentir "recuerdos falsos inducidos por XR incluso cuando... no utilizamos ninguna tecnología XR" (p. 1707). El artículo concluye con una contextualización más amplia de XR dentro del debate sobre la desinformación, las narrativas falsas y la regulación. De manera provocativa, el autor señala que la realidad mejorada por RA generalmente no se considera desinformación, pero es un espacio que necesita un seguimiento cercano: "cualquier regulador que esté preocupado por la amenaza democrática de la información errónea o desinformación debe reconocer el desafío de las percepciones erróneas individualizadas de la realidad, como los que son posibles gracias a las gafas RA" (p. 1708).

Boellstorff, T. (2024). Toward anthropologies of the metaverse [Hacia antropologías del metaverso]. American Ethnologist, 51(1), 47-56. DOI: 10.1111/amet.13228

Este artículo sostiene que la antropología, que ha estudiado durante mucho tiempo las prácticas socioculturales en una variedad de entornos mediados y no mediados, puede ayudarnos a desenredar los conceptos erróneos actualmente abundantes sobre el metaverso. Específicamente, el autor identifica cuatro características opcionales del metaverso que se describen frecuente y engañosamente como características necesarias: primero, que la realidad virtual es necesaria para acceder al metaverso. Boellstorff da el ejemplo de Second Life como un metaverso popular o lugar virtual que no requiere realidad virtual. Para subrayar la separación propuesta del metaverso de la realidad virtual, el autor sostiene que "lo que hace que el metaverso sea real es la inmersión social, no la inmersión sensorial" (p. 4). Además, Boellstorff sugiere que, dado que la realidad virtual es principalmente un medio sensorial , debería cambiarse con mayor precisión el nombre de "inmersión sensorial", reservando el término realidad virtual para un consumo más amplio.

En segundo lugar, el autor desmantela la interoperabilidad entre metaversos como un beneficio; por el contrario, sostiene que es valioso poder separar la propia identidad en diferentes entornos en línea y fuera de línea. En tercer lugar, se desacredita la necesidad de un metaverso a gran escala, ya que hay valor en comunidades de varios tamaños, incluidas las más pequeñas y, por último, la criptomoneda se destaca como otra característica opcional. El autor sostiene que enmarcar estas características opcionales como fundamentales para un metaverso beneficia principalmente a las grandes corporaciones que lo construyen y, además, que la antropología tiene herramientas valiosas para ayudarnos a descolonizar las visiones futuras de la retórica promocional y el "bloqueo" tecnológico.

Este artículo también aborda la noción de que el metaverso "ya está pasado de moda, reemplazado por inteligencia artificial generativa como ChatGPT" (p. 1). En respuesta, el autor sugiere que visiones corporativas poco inspiradas han contribuido a empujar el metaverso (y posiblemente la realidad virtual ha tenido un destino similar) hacia un ciclo de exageración que inevitablemente implica ser suplantado por la próxima gran tecnología. Sin embargo, la historia del metaverso se remonta al telégrafo del siglo XIX y seguirá evolucionando como un lugar para la interacción virtual "vinculado al mundo físico" (p. 7).

Alha, K., Leorke, D., Koskinen, E., & Paavilainen, J. (2023). Augmented play: An analysis of augmented reality features in location-based games [Juego aumentado: un análisis de las características de la realidad aumentada en juegos basados en ubicación]. Convergence, 29(2), 342-361. https://doi.org/10.1177/13548565231156495

Este artículo analiza cómo se incorpora el entorno físico en 11 juegos de realidad aumentada (RA). Los autores descubren la superposición, la combinación, la inmersión y la materialidad como los procesos clave a través de los cuales esto tiene lugar. Sin embargo, señalan que, de acuerdo con investigaciones anteriores, la RA sigue siendo más una estrategia de marketing o un "truco" que una parte central de los juegos. En resumen, la superposición muestra el contenido del juego encima de la vista de la cámara del teléfono sin responder directamente al entorno circundante. La combinación depende de que la cámara del teléfono reconozca las ubicaciones adecuadas para que aparezca el contenido del juego. La inmersión ocurre cuando el juego muestra al jugador el contenido que lo rodea, haciéndolo sentir como si estuviera dentro del juego, y la materialidad ocurre cuando el juego reconoce objetos físicos con la cámara del juego y posteriormente los trae al juego.

En la actualidad, el imaginario social de la RA reemplaza con creces su aceptación real, y las audiencias más amplias están limitadas debido a las prácticas sociales existentes en torno al juego y los altos niveles de errores tecnológicos con la RA. Sin embargo, los autores utilizan sus hallazgos para cuestionar también la definición actual de RA: "si en cambio definiésemos la RA como la conexión más amplia de información virtual al espacio físico en tiempo real, cada juego basado en la ubicación podría considerarse potencialmente como 'realidad aumentada' " (pág. 358). Además, los juegos de realidad aumentada son sólo un paso en el "cambio social más amplio hacia el 'espacio aumentado'" (p. 344).

1. Berger, P. L., & Luckmann, T. (1991). The social construction of reality: A treatise in the sociology of knowledge (No. 10). London, UK: Penguin UK. (Originally published 1966). ↑
2. Searle, J. R. (1995). *The construction of social reality*. New York, NY: Simon and Schuster. ↑
3. While extended reality of XR as an umbrella term refers to mixed, augmented, and virtual reality technologies the articles almost exclusively focused on the latter two. ↑
4. The four dedicated journals to XR research include Virtual Reality (153 articles), Frontiers in Virtual Reality (91 articles), Presence: Virtual and Augmented Reality (13 articles), and Virtual Creativity (13 articles). The five additional articles come from the journals Convergence and American Ethnologist. ↑
5. Slater, M., and Wilbur, S. (1997). A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. Presence: Teleoperators & Virtual Environments 6, 603–616. ↑
6. Biocca, F., & Delaney, B. (1995). Immersive virtual reality technology. *Communication in the age of virtual reality*, *15*(32), 10-5555. ↑
7. Biocca, F. (1997). The cyborg's dilemma: Progressive embodiment in virtual environments. *Journal of computer-mediated communication*, *3*(2), JCMC324. ↑
8. Felton, W. M., & Jackson, R. E. (2022). Presence: A review. *International Journal of Human–Computer Interaction*, *38*(1), 1-18. ↑
9. Murphy, D., & Skarbez, R. (2020). What Do We Mean When We Say "Presence"?. *PRESENCE: Virtual and Augmented Reality*, *29*, 171-190. ↑
10. Bolter, J. D., Engberg, M., & MacIntyre, B. (2021). *Reality media: Augmented and virtual reality*. MIT Press. ↑
11. Gaver, W. (2012, May). What should we expect from research through design?. In *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems* (pp. 937-946). ↑
12. Diegetic narrative often refers to the sound that occurs within the context of a story and that can be heard by its characters. In the context of this article, however, diegetic narrative refers to any sensory characteristics or interactions situated in the storyworld that the user directly experiences. ↑
13. Bennett, J., Dalton, P., Goriunova, O., Preece, C., Whittaker, L., Verhulst, I., & Woods, A. (2021). The story of immersive users. *StoryFutures Audience Insight Report*. ↑
14. Arendt, H., (1968). Between Past and Future: Eight Exercises in Political Thought. New York, NY: The Viking Press. ↑

Powered by Manifold Scholarship. Learn more at manifoldapp.org

Avances en tecnologías XR

Introducción

Este capítulo proporciona un análisis del estado de la tecnología de realidad extendida (XR) en la investigación. Se basa en una revisión exhaustiva de la literatura académica, a partir de 266 artículos revisados por pares publicados en 2023 en revistas clave dedicadas a la investigación de XR. Las revistas clave examinadas en todos los capítulos de este informe, incluido este capítulo, incluyen *Virtual Reality* (152 artículos), *Frontiers in Virtual Reality* (91 artículos), *Presence: Virtual and Augmented Reality* (12 artículos) y *Virtual Creativity* (11 artículos). Centrándose en las tendencias de uso de la investigación XR durante 2023, este capítulo proporciona un análisis temático inductivo de resúmenes de investigación para identificar temas y tendencias clave, así como una recopilación detallada de las herramientas de hardware y software XR mencionadas con mayor frecuencia en la literatura. El objetivo es proporcionar una descripción general objetiva y basada en datos del panorama de XR que pueda informar futuros esfuerzos de investigación y desarrollo. Por lo tanto, este capítulo sirve como un recurso valioso para investigadores, desarrolladores y partes interesadas que buscan comprender y avanzar en el campo de las tecnologías XR.

Métodos

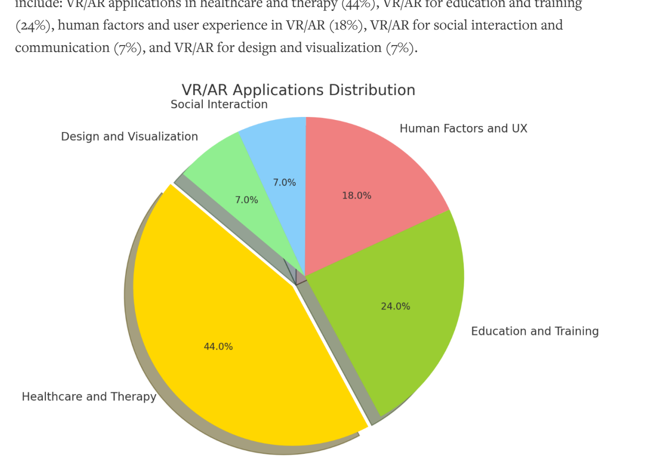
Análisis temático: para identificar los temas principales en la literatura de investigación sobre realidad virtual, empleamos un enfoque innovador que utiliza procesamiento avanzado del lenguaje natural. Los resúmenes de artículos relevantes se compilaron en un único archivo de texto y se analizaron utilizando Google Gemini 1.5, un modelo sofisticado con un contexto de 1 millón de tokens. Este método aprovecha la capacidad de Gemini para identificar patrones y extraer información de grandes conjuntos de datos no estructurados, reflejando estudios recientes que han utilizado con éxito modelos de lenguaje grande (Large Language Models o LLM) para identificar temas y sentimientos en la literatura de investigación (Miah et al., 2024) .

Investigaciones recientes han demostrado que los enfoques de análisis de sentimientos basados en LLM, que comparten métodos y herramientas similares a los enfoques de análisis temático, pueden ser tan sólidos y, a veces, más efectivos que las herramientas convencionales de lenguaje natural como RoBERTA (Krugmann & Hartmann, 2024). Esto ha llevado a los investigadores a explorar varias formas de integrar los LLM en conjuntos de herramientas de análisis temático. Un enfoque prometedor es el modelo LLM-in-the-loop, en el que codificadores humanos colaboran con un LLM para establecer parámetros de codificación (Dai et al., 2023). En el análisis que sigue, se utilizó Gemini 1.5 para identificar inductivamente temas clave, determinar su prevalencia relativa como porcentaje de la literatura total y proporcionar citas y ejemplos para cada tema. Este método permite una comprensión integral y matizada del estado actual de la literatura de investigación sobre realidad virtual.

Análisis de hardware y software: para compilar una lista completa de las herramientas de hardware y software XR mencionadas con mayor frecuencia en la literatura, se desarrolló un script Python personalizado que utiliza la interfaz de programación de aplicaciones (API) OpenAI. Este script primero dividió cada artículo en "fragmentos" de 500 palabras que la API podría procesar. Luego se le solicitó a la API la función de "identificar e informar sobre el hardware y software XR" para cada fragmento de texto. El resultado se compiló en una base de datos estructurada y se resumió con llamadas a la API de OpenAI para producir la lista final de herramientas clave de hardware y software de realidad virtual, junto con métricas de frecuencia. Este enfoque automatizado permitió analizar un volumen mucho mayor de literatura en comparación con los métodos manuales. Puede adoptarse para fines de investigación generales y se proporciona en https://github.com/drquandary/Docparse

Resultados del análisis temático

Virtual and augmented reality (VR/AR) technologies[1] have seen rapid advancements and widespread adoption in recent years across a diverse range of domains. This report presents a comprehensive analysis of the major themes and applications of VR/AR based on a systematic review of the current academic literature. The themes identified through this inductive analysis include: VR/AR applications in healthcare and therapy (44%), VR/AR for education and training (24%), human factors and user experience in VR/AR (18%), VR/AR for social interaction and communication (7%), and VR/AR for design and visualization (7%).



Dentro de la atención sanitaria y la terapia, las áreas de aplicación clave son la rehabilitación, el tratamiento del dolor, el tratamiento de la salud mental y la formación médica. Las aplicaciones de educación y capacitación abarcan entrenamiento de habilidades, educación y aprendizaje general y simulaciones realistas. La investigación sobre factores humanos profundiza en la presencia y la inmersión, el cibermalestar y la evaluación de la usabilidad. Los estudios de interacción social exploran temas como la realidad virtual social y la personificación de avatares. Finalmente, las aplicaciones de diseño y visualización incluyen la planificación urbana y el diseño de productos. Las siguientes secciones profundizarán en cada tema con más detalle, discutiendo hallazgos, tendencias e implicaciones clave.

1. Aplicaciones de VR/AR en atención médica y terapia (44%):

Este tema dominante abarca una amplia gama de aplicaciones destinadas a mejorar el bienestar físico y mental.

- **Rehabilitación (18%):** Estudios como " A haptic-feedback virtual reality system to improve the Box and Block Test (BBT) for upper extremity motor function assessment" (Dong et al., 2023), "Immersive virtual reality for upper limb rehabilitation: comparing hand and controller interaction" (Juan et al., 2023) y "A virtual reality bus ride as an ecologically valid assessment of balance: a feasibility study" (Gonçalves et al., 2023) exploran la realidad virtual y la realidad aumentada para la rehabilitación motora , entrenamiento del equilibrio y rehabilitación cognitiva.
- **Manejo del dolor (12%):** investigaciones como "Designing effective virtual reality environments for pain management in burn-injured patients" (Phelan et al., 2023) y "When virtual reality supports patients' emotional management in chemotherapy" (Buche et al. , 2023) investigan el uso de VR/AR para aliviar el dolor en pacientes quemados y durante la quimioterapia.
- **Salud mental (9%):** Estudios como "Gamified virtual reality exposure therapy for adolescents with public speaking anxiety: a four-armed randomized controlled trial" (Kahlon et al., 2023) y "Co-design of avatars to embody auditory hallucinations of patients with schizophrenia" (García et al., 2023) utilizan VR/AR para tratar trastornos de ansiedad, fobias y esquizofrenia.
- **Formación médica (5%):** investigaciones como "Toward the validation of VR-HMDs for medical education: a systematic literature review" (Pedram et al., 2023) y "Utilization of virtual reality for operating room fire safety training: a randomized trial" (Katz et al., 2023) profundizan en la aplicación de la VR/AR para la formación de profesionales médicos en procedimientos quirúrgicos y respuesta a emergencias.

2. VR/AR para la educación y formación (24%):

Este tema explora el potencial de la VR/AR para mejorar las experiencias de aprendizaje y el desarrollo de habilidades.

- **Entrenamiento de habilidades (8%):** estudios como "Training mental imagery skills of elite athletes in virtual reality" (Wu et al., 2023) e "Investigating the effectiveness of immersive VR skill training and its link to physiological arousal" (Radhakrishnan et al. ., 2023) investigan la realidad virtual y la realidad aumentada para entrenar habilidades motoras complejas, incluidos movimientos deportivos y habilidades motoras finas.
- **Educación y aprendizaje (8%):** investigaciones como "A phenomenological approach to virtual reality in psychiatry education" (Pedersen & Musaeus , 2023), "Embodied mixed reality with passive haptics in STEM education: randomized control study with chemistry titration" (Johnson - Glenberg et al., 2023), e "Incorporating AR/VR-assisted learning into informal science institutions: A systematic review" (Chen et al., 2023) profundizan en el uso de VR/AR en diversos entornos educativos para materias como física, química y aprendizaje de idiomas.
- **Simulación y entrenamiento (8%):** Estudios como "Exploring the role of virtual reality in military decision training" (Harris et al., 2023) e "Immersive virtual reality and passive haptic interfaces to improve procedural learning in a formal training course for first responders" (Calandra et al., 2023) utilizan VR/AR para crear simulaciones realistas con fines de entrenamiento en áreas como la toma de decisiones militares y la seguridad contra incendios.

3. Factores humanos y experiencia del usuario en VR/AR (18%):

Este tema se centra en comprender la respuesta humana a las tecnologías VR/AR y optimizar la experiencia del usuario.

- **Presencia e inmersión (7%):** estudios como "A qualitative case study on deconstructing presence for young adults and older adults" (Pouke et al., 2022) y "Using interpretative phenomenological analysis to gain a qualitative understanding of presence in virtual reality" (Kelly, 2023) investigan los factores que influyen en la sensación de presencia e inmersión en entornos VR/AR.
- **Cibermalestar (6%):** investigaciones como "Cybersickness as the virtual reality sickness questionnaire (VRSQ) measures it!?–an environment-specific revision of the VRSQ" (Josupeit , 2023) y "Predicting VR cybersickness and its impact on visuomotor performance using head rotations and field (in)dependence" (Maneuvrier et al., 2023) exploran las causas y estrategias de mitigación del cibermalestar
- **Usabilidad y Evaluación de Usuario (5%):** Estudios como "Development of a customizable interactions questionnaire (CIQ) for evaluating interactions with objects in augmented/virtual reality" (Gao & Boehm-Davis, 2023) y "Effects of virtual reality and test environment on user experience, usability, and mental workload in the evaluation of a blood pressure monitor" (Hinricher et al., 2023) evalúan la usabilidad y la experiencia del usuario de aplicaciones VR/AR, y desarrollan nuevos métodos de evaluación.

4. VR/AR para la interacción y comunicación social (7%):

Este tema examina el potencial de la VR/AR para facilitar la interacción y comunicación social.

- **RV social (4%):** investigaciones como "Understanding the effect of a virtual moderator on people's perception in remote discussion using social VR" (Yang et al., 2023) y The sentiment of a virtual rock concert" (Slater et al. ., 2023) exploran el uso de la realidad virtual para la interacción y comunicación social.
- **Personificación del avatar (3%):** estudios como "Immersive role-playing with avatars leads to adoption of others' personalities" (Sakuma et al., 2023) y "Evaluating face gender cues in virtual humans within and beyond the gender binary" (Ghosh et al., 2023) exploran el impacto de la personificación del avatar en la interacción social y la autopercepción.

5. VR/AR para diseño y visualización (7%):

Este tema explora el uso de VR/AR en tareas de diseño y visualización.

- **Planificación y Diseño Urbano (4%):** Investigaciones como "Public participation in urban design with augmented reality technology based on indicator evaluation" (Wang & Lin, 2023) y "Augmented reality as a participation tool for youth in urban planning processes: Case study in Oslo, Norway" (Reaver, 2023) investiga el uso de VR/AR para visualizar y evaluar conceptos de planificación urbana.
- **Diseño y visualización de productos (3%):** Estudios como "Digital fabrics for online shopping and fashion design" (Haghzare et al., 2023) utilizan VR/AR para el diseño y visualización de productos.

Temas de investigación futuros

Aunque estos temas representan una amplia gama de tópicos, XR es un conjunto de tecnologías altamente flexible que se puede utilizar en una variedad de paradigmas de investigación. Existe un amplio potencial para que investigaciones futuras creen nuevas categorías temáticas e impacten otros campos. Por ejemplo, los siguientes temas se pueden encontrar en otras revistas disciplinarias, pero aún no se han integrado sustancialmente en los esfuerzos de investigación de las cuatro revistas principales examinadas en este capítulo.

La investigación sobre **el impacto y la eficacia a largo plazo** de las aplicaciones VR/AR nos ayudará a comprender sus efectos duraderos en áreas como la terapia y la educación. La integración de la realidad virtual y la realidad aumentada con otras tecnologías, como la inteligencia artificial y el Internet de las cosas, podría generar entornos de aprendizaje y sesiones de terapia más inteligentes y receptivos. Mejorar **la accesibilidad y la inclusión** es esencial para garantizar que todos, incluidos aquellos con discapacidades, puedan beneficiarse de estas herramientas mediante el desarrollo de interfaces adaptables. **Las consideraciones éticas y transculturales** son fundamentales a medida que las tecnologías VR/AR llegan a audiencias de todo el mundo, garantizando que respeten la privacidad, la seguridad y las diversas normas culturales. Comprender el **impacto económico y la escalabilidad** de la realidad virtual y la realidad aumentada puede resaltar su rentabilidad y los desafíos de una implementación amplia, especialmente en entornos con recursos escasos. **La integración de VR/AR con campos tradicionales** como la arqueología y las ciencias ambientales podría abrir nuevas puertas para el modelado ambiental avanzado (ver Vadal a y Milbrath 2016). Por último, estudiar VR/AR en **entornos del mundo real y multiusuario** nos mostrará cómo estas tecnologías pueden cambiar la forma en que interactuamos socialmente y operamos en espacios públicos. Al centrar la investigación en estas áreas, podemos mejorar el alcance y la utilidad de la XR, haciendo que estas tecnologías sean más prácticas y beneficiosas en diferentes sectores de la sociedad.

Hardware

La compilación de hardware y software XR utilizado en estudios a partir de 2023 subraya una dependencia significativa de dispositivos disponibles comercialmente diseñados originalmente para juegos y entretenimiento, que se están reutilizando para aplicaciones de investigación académica y clínica. La variedad de hardware empleado abarca varias marcas y modelos, cada uno de los cuales contribuye de forma única al campo de la investigación de XR.

Pantallas montadas en la cabeza (Head Mounted Displays - HMD):

- **Microsoft HoloLens 2:** Destacado en estudios de Ashitiani et al. (2023) para explorar la comprensión espacial de los tumores cerebrales y por Kildahl -Andersen et al. (2023) para la broncoscopia de realidad mixta, lo que indica su utilidad en la investigación médica.
- **Meta Quest 2:** utilizado en diversos contextos, como la evaluación de la función motora de las extremidades superiores por Evans et al. (2023), el entrenamiento cognitivo para los síntomas del TDAH por Cunha et al. (2023) y la inmersión multisensorial en la maturaleza en realidad virtual de De Jesus Junior et al. (2023), mostrando su versatilidad.
- **HTC Vive Pro y Varjo XR-3:** estos dispositivos se emplean para estudios detallados sobre el seguimiento visomotor y la legibilidad del texto en realidad virtual por Baillet et al. (2023) y Kilpelainen y Hakkinen (2023), respectivamente, enfatizando su aplicación en el análisis de habilidades motoras finas y claridad visual.
- **HTC Vive** : Destacado por su uso en la investigación de la manipulación de objetos virtuales, la estimación de la postura del guante y el reconocimiento de acciones, lo que ilustra la amplitud de la investigación de Bonfert et al. (2023) a Sakurada et al. (2023).
- **Oculus Quest y Rift S**: estas unidades se utilizan para estudios sobre técnicas de locomoción, el impacto de la caminata física en la selección de objetivos en realidad virtual y los efectos de las sesiones inmersivas sobre el dolor y el afecto, indicando un amplio interés en la experiencia del usuario y las aplicaciones terapéuticas.

Otros dispositivos:

- Dispositivos como **controladores de realidad virtual, Vive Trackers, Leap Motion** y el **sensor Kinect** son fundamentales para mejorar la interacción y el movimiento dentro de entornos de realidad virtual, lo que respalda estudios sobre el seguimiento de todo el cuerpo y el reconocimiento de gestos con las manos.
- **Dispositivos especializados** como VRPMST, Cybercopters , X-Board, conjunto de terapia MoVR , traje PA y Nesplora Aquarium demuestran el desarrollo innovador de herramientas personalizadas para necesidades de investigación específicas, que van desde la evaluación de la memoria hasta la retroalimentación háptica y la evaluación de la atención.

Software

El panorama del software en la investigación de XR es igualmente rico, con un enfoque tanto en motores de juegos comerciales como en aplicaciones personalizadas diseñadas para extender la utilidad de XR más allá de su enfoque inicial de entretenimiento.

Motores de juego:

- **Unity y Unreal Engine:** ampliamente reconocidos por su papel en el desarrollo de entornos inmersivos en numerosos estudios, estos motores sirven como columna vertebral para una amplia gama de aplicaciones VR/AR/MR, desde herramientas educativas hasta intervenciones terapéuticas.

Otro software:

- Herramientas como **Lab Streaming Layer (LSL), SPSS** y **R** son fundamentales para recopilar, sincronizar y analizar datos, lo que garantiza que las metodologías de investigación sean sólidas y los resultados confiables.

Aplicaciones específicas de VR/AR/MR:

- Aplicaciones como **Virtual_Decisions : GANGS**, **EnhanceVR** , **RealityMedia** y la **suite de terapia MoVR** ilustran el movimiento del sector hacia intervenciones específicas y exploraciones de narrativas espaciales, entrenamiento cognitivo y herramientas terapéuticas dentro del dominio XR.

El análisis del hardware y software de VR/AR mencionado en la literatura reveló varias tendencias y conocimientos notables. Microsoft HoloLens 2 surgió como el dispositivo estándar en aplicaciones de atención médica debido a su capacidad de permitir a los usuarios ver el entorno exterior y su funcionalidad de modo de investigación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que Microsoft abandonó recientemente la línea HoloLens, lo que la convierte en un callejón sin salida en términos de futuro desarrollo de software y hardware (nota especial: HoloLens todavía se está desarrollando para usos militares).

El Oculus Quest 2 fue otro dispositivo mencionado con frecuencia, lo cual no sorprende dada su creciente asequibilidad y popularidad entre consumidores e investigadores por igual. El HTC Vive, que alguna vez fue líder en el mercado de realidad virtual, también apareció en muchos estudios, a pesar de la falta de actualizaciones significativas de hardware por parte de HTC en los últimos años. Los auriculares Varjo destacaron por su resolución excepcionalmente alta, ofreciendo una experiencia visual superior en comparación con otros dispositivos. Sin embargo, su alto precio sigue siendo una barrera para su adopción generalizada. Se espera que el Apple Vision Pro lanzado recientemente iguale o casi iguale la resolución de Varjo y al mismo tiempo sea dramáticamente más barato, aunque sigue siendo costoso en comparación con otros auriculares de nivel de consumo.

El seguimiento de todo el cuerpo mediante soluciones basadas en hardware fue otra tendencia notable en la literatura. Teniendo en cuenta las tendencias modernas de desarrollo de software que se centran en la inferencia de software y el uso de pequeñas cámaras de bajo costo, este enfoque eventualmente será reemplazado por la inferencia de seguimiento corporal basada en software, aprovechando cámaras avanzadas, cinemática inversa, inteligencia artificial y técnicas de aprendizaje automático para rastrear e inferir la posición del cuerpo del usuario.

En términos de software, Unity y Unreal Engine siguen siendo las plataformas dominantes para el desarrollo de VR/AR, a pesar de la introducción de más tecnologías WebXR . Se anticipa que Unreal Engine, con su fidelidad de gráficos superior, eventualmente superará a Unity en estudios que requieran entornos fotorrealistas.

Estos hallazgos resaltan la rápida evolución y la naturaleza dinámica del panorama VR/AR, con nuevas soluciones de hardware y software que constantemente emergen y remodelan el campo. Los investigadores y desarrolladores deben estar atentos a estas tendencias para tomar decisiones informadas sobre las herramientas y plataformas que utilizan en su trabajo.

Adopción futura de hardware/software

La descripción general actual del hardware y software XR se basa en los fabricantes de hardware de auriculares establecidos y sus correspondientes paquetes de software que se han utilizado durante los últimos años. En 2024 han surgido nuevos enfoques de hardware y software que ya están remodelando la investigación, especialmente en realidad aumentada (AR) y realidad mixta (MR). Esto es más evidente con el uso de Apple Vision Pro, que es un dispositivo que utiliza AR, MR y VR. Apple Vision Pro, con su combinación de AR y VR, pantallas de alta resolución, seguimiento ocular y reconocimiento de gestos manuales, ahora se utiliza para trabajos neuroquirúrgicos, simulaciones quirúrgicas, asistencia remota y más (Cheng et al. 2024, Olexa et al., 2024). Los futuros desarrollos de hardware prometen más tecnología inalámbrica, pantallas de mayor resolución y auriculares más pequeños. Los dispositivos pequeños como las gafas XReal AR prometen que los auriculares eventualmente serán dispositivos del tamaño de gafas que brindarán usos de investigación más flexibles y fluidos. Las tecnologías que se encuentran en el Varjo-X4, como las pantallas varifocales de súper alta resolución, permiten sistemas de enfoque visual que replican minucias de la visión humana. El PSVR2 de Sony, que se lanzará para PC, proporcionará un sistema inmersivo de retroalimentación háptica, mientras que varias compañías están lanzando trajes "hápticos" asequibles. Las cintas de correr omnidireccionales y tecnologías similares también han madurado lo suficiente recientemente como para brindar la experiencia de "holocubierta" donde los usuarios pueden moverse libremente en un entorno de realidad virtual completo utilizando movimientos naturales y encarnados sin utilizar los incómodos esquemas de movimiento sin joystick y teletransportación con joystick comúnmente utilizados.

En cuanto al software, la RA se está volviendo más importante, con plataformas como ARKit de Apple y ARCore de Google liderando el reconocimiento de objetos y el mapeo ambiental. Es probable que el software futuro se centre en interfaces más intuitivas impulsadas por IA que se adapten al comportamiento del usuario, haciendo que las experiencias XR sean más fluidas. La compatibilidad multiplataforma y la integración de AR/VR con AI, IoT y 5G mejorarán aún más estas experiencias. El estándar web de código abierto para VR, AR y MR conocido como WebXR ha madurado lo suficiente como para proporcionar un rendimiento de renderizado casi comparable al de plataformas no web, al mismo tiempo que ofrece experiencias de un solo clic "sin descarga" (ver Girginova et al., 2024). Varias plataformas sólidas como PlayCanvas y Spline ofrecen paquetes completos para el desarrollo integral de aplicaciones.

Finalmente, emergiendo hacia finales del 2023, la amplia disponibilidad de tecnología de Inteligencia Artificial (IA) fácil de adoptar, pronto tendrá un impacto. El aprendizaje automático, los LLM y los sistemas de codificación visual pronto desempeñarán un papel en la investigación de XR. Los codificadores visuales como OpenAIs GPT4o, que pueden comprender transmisiones de video complejas, sin duda se usarán junto con grabaciones XR de cuencas visuales de usuarios, incluido contenido de realidad mixta o realidad virtual. Ya se anuncia una funcionalidad similar pero más simple y cerrada para su uso en el sistema Meta Quest 3 usando Llama 3.1. Esto abrirá las puertas a la segmentación automática de imágenes de alta precisión, codificación automática de relaciones visuales que anteriormente requerían grandes cantidades de entrenamiento automático y configuración en marcos de aprendizaje automático de componentes como YOLO. La facilidad y flexibilidad de estos sistemas debería estimular nuevas formas de análisis sistemático y automatizado centrándose en las interacciones del usuario en primera persona y al mismo tiempo permitir a los investigadores desarrollar sistemas visuales y de audio XR que puedan adaptar y presentar información y elementos visuales basados en el complejo razonamiento que sistemas como GPT4o puede proporcionar.

Neural Radiance Fields (NeRF) y Gaussian Splatting están configuradas para cambiar la representación gráfica de objetos y entornos para la investigación XR. Neural Radiance Fields (NeRF) utiliza el aprendizaje profundo para generar escenas 3D altamente realistas a partir de unas pocas imágenes. Esto contrasta con el software de fotogrametría tradicional que requiere una importante inversión de tiempo para la captura de fotografías, el refinamiento y el procesamiento del modelo. La tecnología NeRF puede capturar detalles intrincados de entornos del mundo real, permitiendo experiencias virtuales más inmersivas y precisas. Al reconstruir entornos con una precisión notable, los NeRF están superando los límites de lo que es posible en XR, proporcionando simulaciones más realistas para aplicaciones de juegos, capacitación y colaboración remota. Este enfoque acaba de comenzar a utilizarse en una variedad de disciplinas, incluidas la neurociencia, la formación quirúrgica, la ciencia forense y una serie de disciplinas relacionadas con la simulación (Kolpan et al., 2024).

A veces, combinada con técnicas NeRF, se encuentra la nueva y eficiente técnica de renderizado Gaussian Splatting. Posible gracias a una variedad de avances tecnológicos (algoritmos eficientes, aumentos de memoria y velocidad de GPU, estándares web xr), el Gaussian Splatting por otro lado, es una técnica que mejora la representación de escenas 3D mediante el uso de una colección de funciones gaussianas para representar superficies y texturas. Este método permite transiciones más suaves y texturas más realistas en modelos 3D, abordando algunas de las limitaciones de la representación tradicional basada en polígonos. La capacidad del Gaussian Splatting para producir resultados visuales de alta calidad con menos gastos computacionales lo hace particularmente valioso para aplicaciones XR, donde el rendimiento y la fidelidad visual son cruciales. Más específicamente, Gaussian Splatting tiene la ventaja sobre las técnicas de renderizado tradicionales cuando se trata de renderizar entornos complejos de una manera realista sin distorsiones comunes y fallas de renderizado asociadas con las técnicas de renderizado de polígonos que han dominado desde la década de 1990.

Juntos, NeRF y Gaussian Splatting están revolucionando la investigación XR al mejorar el realismo y la eficiencia de la creación de contenido 3D. Estas tecnologías permiten a los investigadores y desarrolladores crear entornos virtuales más detallados y precisos, que pueden usarse para una amplia gama de aplicaciones, desde simulaciones de capacitación inmersivas hasta turismo virtual y más. A medida que estas técnicas continúan evolucionando, prometen hacer que las experiencias de XR sean más accesibles, realistas e impactantes que nunca.

Conclusión

Este informe ofrece un análisis detallado del estado actual de las tecnologías de realidad extendida (XR) a través de una revisión de la literatura académica de las principales revistas de investigación de XR analizadas a lo largo del informe. Utilizando tanto el análisis temático tradicional como el aprendizaje automático avanzado, identificamos temas, tendencias y conocimientos clave dentro del panorama de XR. Además, recopilamos las herramientas de hardware y software más mencionadas en estudios recientes.

Nuestro análisis temático, impulsado por una herramienta personalizada "Doc Parser" que utilizó la API LLM OpenAI junto con Google Gemini 1.5, identificó temas importantes en la investigación de XR, incluidas aplicaciones en atención médica y terapia, educación y capacitación, factores humanos y experiencia del usuario, interacción social y comunicación, y diseño y visualización. Los hallazgos muestran que las tecnologías XR tienen un impacto significativo en varios dominios, siendo la atención médica y la terapia los más destacados. Las aplicaciones en esta área incluyen rehabilitación, manejo del dolor, tratamiento de salud mental y formación médica.

El análisis de hardware y software destacó la dependencia de dispositivos disponibles comercialmente reutilizados para la investigación. Los dispositivos notables incluyen Microsoft HoloLens 2, Meta Quest 2, HTC Vive y Varjo XR-3, cada uno de los cuales contribuye a diferentes áreas de investigación de XR. Este capítulo también destaca la introducción de nuevos dispositivos como Apple Vision Pro, que integra AR, MR y VR, lo que promete avances futuros en resolución, tecnología inalámbrica y diseño ergonómico.

Por el lado del software, plataformas como Unity y Unreal Engine continúan dominando el desarrollo de XR, respaldadas por herramientas especializadas para la recopilación y el análisis de datos. Las tecnologías emergentes, como Apple Vision Pro y las gafas AR súper livianas, brindarán nuevas posibilidades tecnológicas a los investigadores, mientras que técnicas de renderizado como Neural Radiance Fields (NeRF) y Gaussian splatting están preparadas para transformar la reconstucción y representación 3D de escenas y objetos al proporcionar métodos de creación de contenidos realistas y eficientes. Estos avances permiten simulaciones más realistas y experiencias inmersivas, superando los límites de la XR.

Este capítulo también identifica direcciones futuras para la investigación, incluida la necesidad de estudios sobre el impacto y la eficacia a largo plazo de las aplicaciones XR, la integración de XR con AI e IoT y el desarrollo de tecnologías más accesibles e inclusivas. Las consideraciones éticas y transculturales, el impacto económico y la escalabilidad también son áreas críticas para la exploración futura. Además, aprovechar campos como la arqueología y las ciencias ambientales podría incluso proporcionar nuevas vías de investigación en temas como el análisis espacial y la percepción humana del medio ambiente.

En conclusión, este informe proporciona una visión general basada en datos del panorama actual de la realidad virtual, destacando las áreas de desarrollo más activas y prometedoras. Sirve como un recurso valioso para investigadores, desarrolladores y partes interesadas que buscan comprender y avanzar en las tecnologías VR/AR. La rápida evolución de XR requiere una atención continua a las tendencias e innovaciones emergentes para informar los esfuerzos futuros de investigación y desarrollo.

Hardware y software XR en estudios a partir de 2023: una lista completa

Según el análisis del texto proporcionado y las respuestas, aquí hay una lista completa del hardware y software XR mencionado en estudios de 2023 o posteriores, junto con citas de los estudios correspondientes:

Hardware:

Pantallas montadas en la cabeza (HMD):

- **Microsoft HoloLens 2:**
  - Ashitiani et al. (2023): Se utiliza para examinar la comprensión espacial de los tumores cerebrales.
  - Kildahl -Andersen et al. (2023): Utilizado para broncoscopia de realidad mixta.
- **Meta misión 2:**
  - Evans y cols. (2023): Se utiliza para evaluar la función motora de las extremidades superiores.
  - Cunha et al. (2023): Utilizado para el entrenamiento cognitivo en adultos con síntomas de TDAH.
  - De Jesús Junior et al. (2023): Se utiliza para la inmersión en la naturaleza en realidad virtual multisensorial.
- **HTC Vive Pro:**
  - Baillet et al. (2023): Se utiliza para estudiar el impacto de las limitaciones de las tareas en el seguimiento visomotor.
  - Kilpelainen & Hakkinen (2023): Se utiliza para medir la legibilidad del texto en realidad virtual.
- **Varjo XR-3:**
  - Kilpelainen & Hakkinen (2023): Se utiliza para medir la legibilidad del texto en realidad virtual.
  - Lisle et al. (2023): Se utiliza para crear y manipular trazados 3D en realidad mixta.
- **HTC Vive :**
  - Bonfert et al. (2023): Se utiliza para investigar los desafíos de controlar la rotación de objetos virtuales con guantes de retroalimentación de fuerza.
  - Hsu et al. (2023): Se utiliza para estudiar la estimación de la postura del guante en realidad virtual.
  - Li y col. (2023): Se utiliza para estudiar el reconocimiento de acciones basado en fusión multimodo.
  - Sakurada et al. (2023): Se utiliza para investigar la atribución perceptiva de un miembro robótico virtual.
  - Wenk et al. (2023): Mencionado en el contexto de estudios previos sobre entrenamiento motor en realidad virtual.
- **Búsqueda de Oculus:**
  - Ganapathi y Sorathia (2023): se utiliza para estudiar técnicas de locomoción basadas en gestos provocadas por el usuario.
  - Lu y col. (2023): Se utiliza para investigar los efectos de la caminata física en la selección de objetivos en realidad virtual.
  - Weser et al. (2023): Mencionado en el contexto de la comparación de técnicas de navegación en realidad virtual.
- **Oculus Rift S:**
  - Panadero y col. (2023): Se utiliza para examinar la diferencia entre sesiones inmersivas de realidad virtual de 10 y 20 minutos sobre el dolor y el afecto.
  - Kilpelainen & Hakkinen (2023): Se utiliza para medir la legibilidad del texto en realidad virtual.
  - Palmisano et al. (2023): Se utiliza para estudiar las diferencias en la orientación física y virtual de la cabeza.
- **Otros HMD:**
  - **Pico G2 4K:** Utilizado por Pedersen & Musaeus (2023) para escenarios de realidad virtual en un estudio sobre regulación emocional.
  - **VR-HMDs (Virtual Reality Head-Mounted Displays):** Mencionados en diversos estudios sin especificar marca ni modelo.

Otros dispositivos:

- **Controladores de realidad virtual:** comúnmente utilizados para la interacción en experiencias de realidad virtual en varios estudios.
- **Vive Trackers:** Empleado para el seguimiento de todo el cuerpo en estudios de Berg et al. y Boban et al.
- **Leap Motion:** utilizado para el seguimiento manual en estudios de Hsu et al. (2023) y Nguyen et al. (2023)
- **Sensor Kinect:** utilizado en algunas aplicaciones AR/MR, como por Dong et al. (2023) y Bauer et al (2023).
- **Dispositivos especializados:**
  - **VRPMST (Tarea de detección de memoria prospectiva en realidad virtual):** desarrollada por Hogan et al. (2023) para evaluar la memoria prospectiva.
  - **Cibercópteros :** Introducido por Delcombel et al. (2023) para visualizar comportamientos periódicos en los datos.
  - **X-Board:** un asistente de AR adaptativo y egocéntrico desarrollado por Zhang et al (2023).
  - **Conjunto de terapia MoVR :** un conjunto de herramientas terapéuticas de realidad virtual creadas por Stamenkovic et al. (2023).
  - **Traje PA:** un traje háptico multimodal desarrollado por Kang et al. (2023)
  - **Nesplora :** una herramienta de evaluación de la atención basada en realidad virtual utilizada por Voinescu et al. (2023)

Software:

Motores de juego:

- **Unity:** Ampliamente utilizado para desarrollar experiencias de VR/AR/MR en numerosos estudios.
- **Unreal Engine:** También popular para crear entornos inmersivos, mencionado por varios estudios.

Otro software:

- **Lab Streaming Layer (LSL):** un marco para recopilar y sincronizar datos multimodales en la investigación de VR/AR, destacado por Wang et al . (2023)

Software de análisis estadístico:

- **SPSS:** Se utiliza frecuentemente para el análisis de datos en diversos estudios.
- **R:** También empleado para análisis estadístico y visualización de datos en varios estudios.

Aplicaciones específicas de VR/AR/MR:

- **Virtual_Decisions : GANGS:** una experiencia de realidad virtual para el entrenamiento de adolescentes en toma de riesgos (Bilello et al., 2023).
- **EnhanceVR :** una herramienta de seguimiento y entrenamiento cognitivo multisensorial (Borghetti et al., 2023; Cunha et al., 2023).
- **RealityMedia :** un banco de pruebas para explorar narrativas espaciales en realidad virtual (Jang et al., 2023).
- **Cybercopters Swarm:** una herramienta de análisis inmersivo para visualizar datos (Delcombel et al., 2023).
- **Suite de terapia MoVR :** incluye varias herramientas terapéuticas de realidad virtual (Stamenkovic et al., 2023).
- **Nesplora :** una herramienta de evaluación de la atención basada en realidad virtual (Voinescu et al., 2023).
- **EPELI (Desempeño ejecutivo en la vida cotidiana):** una tarea de realidad virtual para evaluar el comportamiento dirigido a objetivos (Seesjärvi et al., 2023).
- **X-Board:** un asistente de AR adaptativo y egocéntrico (Zhang et al., 2023).
- Módulo de seguridad contra incendios basado en realidad virtual: utilizado por Katz et al. (2023) con fines formativos.
- **Cuestionario de enfermedad de realidad virtual (VRSQ):** se utiliza para medir el cibermalestar (Josupeit , 2023).
- **Cuestionario de presencia (PQ):** se utiliza para evaluar la presencia en realidad virtual (Palmisano et al., 2023).

References

Ashtiani, O., Guo, H.-J., & Prabhakaran, B. (2023). Impact of motion cues, color, and luminance on depth perception in optical see-through AR displays. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Baillet, H., Burin-Chu, S., Lejeune, L., Le Chénéchal, M., Thouvarecq, R., Benguigui, N., & Leconte, P. (2023). Impact of task constraints on a 3D visuomotor tracking task in virtual reality. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Baker, N. A., Polhemus, A., Kenney, M., Bloch, R., Ward, N., Intriligator, J., & Edwards, R. (2023). Examining the difference between 10- and 20-min of immersive virtual reality on symptoms, affect, and central sensitization in people with chronic back pain. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Bauer, V., Bouchara, T., Duris, O., Labossière, C., Clément, M.-N., & Bourdot, P. (2023). Head-mounted augmented reality to support reassurance and social interaction for autistic children with severe learning disabilities. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Bilello, D., Swancott, L. J., Kloess, J. A., & Burnett Heyes, S. (2023). Adolescent risk-taking and decision making: A qualitative investigation of a virtual reality experience of gangs and violence. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Bonfert, M., Hübinger, M., & Malaka, R. (2023). Challenges of controlling the rotation of virtual objects with variable grip using force-feedback gloves. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Borghetti, D., Zanobini, C., Natola, I., Ottino, S., Parenti, A., Brugada-Ramentol, V., Jalali, H., & Bozorgzadeh, A. (2023). Evaluating cognitive performance using virtual reality gamified exercises. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Buche, H., Michel, A., & Blanc, N. (2023). When virtual reality supports patients' emotional management in chemotherapy. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Calandra, D., De Lorenzis, F., Cannavò, A., & Lamberti, F. (2023). Immersive virtual reality and passive haptic interfaces to improve procedural learning in a formal training course for first responders. Virtual Reality, 27(2), 985-1012.

Chen, J., Zhou, Y., & Zhai, J. (2023). Incorporating AR/VR-assisted learning into informal science institutions: A systematic review. Virtual Reality, 27(3), 1985-2001.

Cheng, R., Wu, N., Varvello, M., Chai, E., Chen, S., & Han, B. (2024). A First Look at Immersive Telepresence on Apple Vision Pro. arXiv preprint arXiv:2405.10422.

Cunha, F., Campos, S., Simões-Silva, V., Brugada-Ramentol, V., Sá-Moura, B., Jalali, H., Bozorgzadeh, A., & Trigueiro, M. J. (2023). The effect of a virtual reality based intervention on processing speed and working memory in individuals with ADHD—A pilot-study. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Dai, S. C., Xiong, A., & Ku, L. W. (2023). LLM-in-the-loop: Leveraging large language model for thematic analysis. arXiv preprint arXiv:2310.15100.

De Jesus Junior, B. J., Perreault, L., Lopes, M. K. S., Roberge, M.-C., Oliveira, A. A., & Falk, T. H. (2023). Using multisensory virtual reality nature immersion as a therapeutic modality for improving HRV and cognitive functions in post-traumatic stress disorder: A pilot-study. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Delcombel, N., Duval, T., & Pahl, M.-O. (2023). Cybercopters Swarm: Immersive analytics for alerts classification based on periodic data. Frontiers in Virtual Reality, 4.

De Paoli, S., & Mathis, W. S. (2024). [Title of the work]. [Publication information not provided in the given text]

Dong, Y., Liu, X., Tang, M., Huo, H., Chen, D., Wu, Z., An, R., & Fan, Y. (2023). A haptic-feedback virtual reality system to improve the Box and Block Test (BBT) for upper extremity motor function assessment. Virtual Reality, 27(2), 1199-1219.

Evans, J. O., Tsaneva-Atanasova, K., & Buckingham, G. (2023). Using immersive virtual reality to remotely examine performance differences between dominant and non-dominant hands. Virtual Reality, 27(3), 2211-2226.

Ganapathi, P., & Sorathia, K. (2023). User elicited gesture-based locomotion techniques for immersive VEs in a seated position: A comparative evaluation. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Gao, M., & Boehm-Davis, D. A. (2023). Development of a customizable interactions questionnaire (CIQ) for evaluating interactions with objects in augmented/virtual reality. Virtual Reality, 27(2), 699-716.

García, A. S., Fernández-Sotos, P., Vicente-Querol, M. A., Sánchez-Reolid, R., Rodriguez-Jimenez, R., & Fernández-Caballero, A. (2023). Co-design of avatars to embody auditory hallucinations of patients with schizophrenia. Virtual Reality, 27(1), 217-232.

Ghosh, R., Feijóo-García, P. G., Stuart, J., Wrenn, C., & Lok, B. (2023). Evaluating face gender cues in virtual humans within and beyond the gender binary. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Girginova, K., Vadala, J., Tan, A., Kornides, M., Cassidy, K., Lipman, T., Okker-Edging, K., (2024 – Forthcoming). Augmented Landscapes of Empathy: Community Voices in Augmented Reality Campaigns. *Media and Communication*.

Gonçalves, A., Montoya, M. F., Llorens, R., & Bermúdez i Badia, S. (2023). A virtual reality bus ride as an ecologically valid assessment of balance: A feasibility study. Virtual Reality, 27(1), 109-117.

Haghzare, S., Arnison, M., Monaghan, D., Karlov, D., Honson, V., & Kim, J. (2023). Digital fabrics for online shopping and fashion design. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Harris, D. J., Arthur, T., Kearse, J., Olonilua, M., Hassan, E. K., De Burgh, T. C., Wilson, M. R., & Vine, S. J. (2023). Exploring the role of virtual reality in military decision training. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Hinricher, N., König, S., Schröer, C., & Backhaus, C. (2023). Effects of virtual reality and test environment on user experience, usability, and mental workload in the evaluation of a blood pressure monitor. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Hogan, C., Cornwell, P., Fleming, J., Man, D. W. K., & Shum, D. H. K. (2023). Assessment of prospective memory after stroke utilizing virtual reality. Virtual Reality, 27(1), 333–346.

Hsu, F.-S., Wang, T.-M., & Chen, L.-H. (2023). Robust vision-based glove pose estimation for both hands in virtual reality. Virtual Reality, 27(4), 3133-3148.

Jang, S.-Y., Park, J., Engberg, M., MacIntyre, B., & Bolter, J. D. (2023). RealityMedia: Immersive technology and narrative space. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Johnson-Glenberg, M. C., Yu, C. S. P., Liu, F., Amador, C., Bao, Y., Yu, S., & LiKamWa, R. (2023). Embodied mixed reality with passive haptics in STEM education: Randomized control study with chemistry titration. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Josupeit, J. (2023). Cybersickness as the virtual reality sickness questionnaire (VRSQ) measures it!? --An environment-specific revision of the VRSQ. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Juan, M.-C., Elexpuru, J., Dias, P., Santos, B. S., & Amorim, P. (2023). Immersive virtual reality for upper limb rehabilitation: Comparing hand and controller interaction. Virtual Reality, 27(2), 1157-1171.

Kahlon, S., Lindner, P., & Nordgreen, T. (2023). Gamified virtual reality exposure therapy for adolescents with public speaking anxiety: A four-armed randomized controlled trial. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Kang, D., Lee, C.-G., & Kwon, O. (2023). Pneumatic and acoustic suit: Multimodal haptic suit for enhanced virtual reality simulation. Virtual Reality, 27(3), 1647–1669.

Katz, D., Hyers, B., Hojsak, S., Shin, D. W., Wang, Z., Park, C., & Burnett, G. (2023). Utilization of virtual reality for operating room fire safety training: A randomized trial. Virtual Reality, 27(4), 3211-3219.

Kelly, N. J. (2023). Using interpretative phenomenological analysis to gain a qualitative understanding of presence in virtual reality. Virtual Reality, 27(2), 1173-1185.

Kildahl-Andersen, A., Hofstad, E. F., Sorger, H., Amundsen, T., Langø, T., Leira, H. O., & Kiss, G. (2023). Bronchoscopy using a head-mounted mixed reality device—A phantom study and a first in-patient user experience. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Kilpeläinen, M., & Häkkinen, J. (2023). An effective method for measuring text legibility in XR devices reveals clear differences between three devices. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Kolpan, K. E., Vadala, J., Dhanaliwala, A., & Chao, T. (2024). Utilizing augmented reality for reconstruction of fractured, fragmented and damaged craniofacial remains in forensic anthropology. Forensic Science International, 357, 111995.

Krugmann, J. O., & Hartmann, J. (2024). Sentiment Analysis in the Age of Generative AI. Customer Needs and Solutions, 11(1), 3.

Li, X., Chen, H., He, S., Chen, X., Dong, S., Yan, P., & Fang, B. (2023). Action recognition based on multimode fusion for VR online platform. Virtual Reality, 27(3), 1797-1812.

Lisle, L., Davidson, K., Gitre, E. J. K., North, C., & Bowman, D. A. (2023). Different realities: A comparison of augmented and virtual reality for the sensemaking process. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Lu, Y., Gao, B., Tu, H., Wu, H., Xin, W., Cui, H., Luo, W., & Duh, H. B.-L. (2023). Effects of physical walking on eyes-engaged target selection with ray-casting pointing in virtual reality. Virtual Reality, 27(2), 603-625.

Maneuvrier, A., Nguyen, N.-D.-T., & Renaud, P. (2023). Predicting VR cybersickness and its impact on visuomotor performance using head rotations and field (in)dependence. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Miah, M. S. U., Kabir, M. M., Sarwar, T. B., Safran, M., Alfarhood, S., & Mridha, M. F. (2024). A multimodal approach to cross-lingual sentiment analysis with ensemble of transformer and LLM. Scientific Reports, 14(1), 9603.

Nguyen, R., Gouin-Vallerand, C., & Amiri, M. (2023). Hand interaction designs in mixed and augmented reality head mounted display: A scoping review and classification. Frontiers in Virtual Reality, 4. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2023.1171230

Olexa, J., Trang, A., Cohen, J., Kim, K., Rakovec, M., Saadon, J., ... & Saadon, J. R. (2024). The Apple Vision Pro as a Neurosurgical Planning Tool: A Case Report. Cureus, 16(2).

Palmisano, S., Allison, R. S., Teixeira, J., & Kim, J. (2023). Differences in virtual and physical head orientation predict sickness during active head-mounted display-based virtual reality. Virtual Reality, 27(2), 1293-1313.

Pedersen, K., & Musaeus, P. (2023). A phenomenological approach to virtual reality in psychiatry education. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Pedram, S., Kennedy, G., & Sanzone, S. (2023). Toward the validation of VR-HMDs for medical education: A systematic literature review. Virtual Reality, 27(3), 2255-2280.

Phelan, I., Furness, P. J., Matsangidou, M., Babiker, N. T., Fehily, O., Thompson, A., Carrion-Plaza, A., & Lindley, S. A. (2023). Designing effective virtual reality environments for pain management in burn-injured patients. Virtual Reality, 27(1), 201-215.

Pouke, M., Ylipulli, J., Minyaev, I., Pakanen, M., Alavesa, P., Alatalo, T., & Ojala, T. (2022). A qualitative case study on deconstructing presence for young adults and older adults. PRESENCE: Virtual and Augmented Reality, 31, 249-269.

Radhakrishnan, U., Chinello, F., & Koumaditis, K. (2023). Investigating the effectiveness of immersive VR skill training and its link to physiological arousal. Virtual Reality, 27(2), 1091-1115.

Reaver, K. (2023). Augmented reality as a participation tool for youth in urban planning processes: Case study in Oslo, Norway. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Sakurada, K., Kondo, R., Nakamura, F., Kitazaki, M., & Sugimoto, M. (2023). Investigating the perceptual attribution of a virtual robotic limb synchronizing with hand and foot simultaneously. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Sakuma, H., Takahashi, H., Ogawa, K., & Ishiguro, H. (2023). Immersive role-playing with avatars leads to adoption of others' personalities. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Seesjärvi, E., Laine, M., Kasteenpohja, K., & Salmi, J. (2023). Assessing goal-directed behavior in virtual reality with the neuropsychological task EPELI: Children prefer head-mounted display but flat screen provides a viable performance measure for remote testing. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Slater, M., Cabriera, C., Senel, G., Banakou, D., Beacco, A., Oliva, R., & Gallego, J. (2023). The sentiment of a virtual rock concert. Virtual Reality, 27(2), 651-675.

Stamenkovic, A., Underation, M., Cloud, L. J., Pidcoe, P. E., Baron, M. S., Hand, R., France, C. R., van der Veen, S. M., & Thomas, J. S. (2023). Assessing perceptions to a virtual reality intervention to improve trunk control in Parkinson's disease: A preliminary study. Virtual Reality, 27(1), 465–479.

Vadala, J. R., & Milbrath, S. (2016). Using Virtual Reality to Understand Astronomical Knowledge and Historical Landscapes at Preclassic Cerros, Belize. Journal of Skyscape Archaeology, 2(1), 25-44. https://doi.org/10.1558/jsa.v2i1.26915

Voinescu, A., Petrini, K., Stanton Fraser, D., Lazarovicz, R.-A., Papavă, I., Fodor, L. A., & David, D. (2023). The effectiveness of a virtual reality attention task to predict depression and anxiety in comparison with current clinical measures. Virtual Reality, 27(1), 119–140.

Wang, Y., & Lin, Y.-S. (2023). Public participation in urban design with augmented reality technology based on indicator evaluation. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Wang, Q., Zhang, Q., Sun, W., Boulay, C., Kim, K., & Barmaki, R. L. (2023). A scoping review of the use of lab streaming layer framework in virtual and augmented reality research. Virtual Reality, 27(3), 2195–2210.

Wenk, N., Penalver-Andres, J., Buetler, K. A., Nef, T., Müri, R. M., & Marchal-Crespo, L. (2023). Effect of immersive visualization technologies on cognitive load, motivation, usability, and embodiment. Virtual Reality, 27(1), 307-331.

Weser, V. U., Sieberer, J., Berry, J., & Tuakli-Wosornu, Y. (2023). Navigation in immersive virtual reality: A comparison of 1:1 walking to 1:1 wheeling. Virtual Reality, 28(1), 4.

Wu, Y., Lukosch, S., Lukosch, H., Lindeman, R. W., McKee, R. D., Fukuden, S., Ross, C., & Collins, D. (2023). Training mental imagery skills of elite athletes in virtual reality. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Yang, C.-L., Matsumoto, K., Yu, S., Sawada, L., Arakawa, K., Yamada, D., & Kuzuoka, H. (2023). Understanding the effect of a virtual moderator on people's perception in remote discussion using social VR. Frontiers in Virtual Reality, 4.

Zhang, Z., Pan, Z., Li, W., & Su, Z. (2023). X-Board: An egocentric adaptive AR assistant for perception in indoor environments. Virtual Reality, 27(2), 1327–1343.

1. Los estudios analizados se centraron principalmente en tecnologías virtuales (VR) o aumentadas (AR). Por lo tanto, son estas dos tecnologías las que comprenden el término general de realidad extendida (XR) en este capítulo. ↑

Powered by Manifold Scholarship. Learn more at manifoldapp.org

Innovación comercial 2023: un resumen del año

Introducción

Las conclusiones de las distintas secciones de este informe indican una estrecha relación entre la industria y el mundo académico. Por eso, esta última sección está dedicada a describir desarrollos clave del mercado a partir de 2023 que pueden moldear nuestras capacidades para la producción futura de conocimiento. Continúa con una descripción general seleccionada de algunos de los desarrollos importantes de la industria XR en el último año, que cubren la realidad virtual (VR), la realidad aumentada (AR), la inteligencia artificial (AI) y los gemelos digitales.

Desarrollos en Realidad Virtual y Realidad Aumentada

El hardware de realidad virtual, como los auriculares o las pantallas montadas en la cabeza (HMD), tiene, en general, una participación en el mercado mayor que el hardware de realidad aumentada, como las gafas inteligentes. El mercado principal que impulsa las ventas de ambas tecnologías sigue se mantiene al nivel industrial y empresarial (Grandview Research Report, 2023). Sin embargo, las ventas de hardware de realidad virtual disminuyeron ligeramente en 2023, mientras que las ventas de hardware de realidad aumentada crecieron en gran medida (Informe IDC, 2023).

En realidad virtual, Meta (también conocido como Facebook) todavía dominaba, pero con algunas grietas en la armadura. Meta lanzó sus auriculares Quest 3 (una versión de $ 500 que sigue al Quest Pro de $ 1,500 y al Quest 2 de $ 400) que tomó características de ambos y esencialmente los hizo obsoletos. Si bien el Quest 3 es más delgado, pesa media onza más que el Quest 2 debido a que tiene una batería más grande (aunque no una mayor duración, una limitación clave de todos los HMD independientes) [1]. Un HMD más pesado puede generar obstáculos para la comodidad en el uso a largo plazo del dispositivo y también puede limitar la participación prolongada del usuario, como ver una película inmersiva de larga duración [2]. Aún así, hubo algunos desarrollos interesantes en Quest 3,como la inclusión, por primera vez, de un sensor de tiempo de vuelo que usa un láser para medir distancias y reduce la necesidad de crear sistemas guardianes manuales para el uso a escala de sala de realidad virtual ((aunque al momento de escribir este artículo, el uso del guardián automático no es más fácil de configurar que uno creado manualmente).

Una de las historias más importantes, aunque en gran medida poco anunciada, de 2023 ha sido una serie de tácticas (*end-runs*)en torno a Meta por parte de desarrolladores independientes. Por ejemplo, un modder de juegos independiente que se llama Praydog lanzó un metahack llamado "FLATzVR" en la vispera de Año Nuevo que permite jugar en realidad virtual casi cualquier juego de pantalla plana creado con Unreal Engine 4 o 5 y disponible en Steam. [3]. Anteriormente, la tienda de software de Meta cerraba el paso a casi cualquier experiencia "AAA" o de primera línea, pero después del lanzamiento de FLATzVR, de pronto estuvieron disponibles hasta 11.000 nuevos juegos para PC (advertencia: si bien 11.000 juegos se hicieron disponibles, hasta ahora -febrero de 2024- la comunidad gamer ha probado alrededor de 1000, descubriendo que funcionan bien). Además, la gran noticia de Meta en septiembre de 2023 fue que sus avatares *finalmente* tendrían piernas en lugar de ser solo torsos flotantes. Esta decisión ha sido esperada y ridiculizada durante mucho tiempo (en comparación, el precursor de VR social de Horizon World, VR Chat, ha tenido avatares con piernas desde su lanzamiento en 2014). Sin embargo, se retrasó no solo debido a dificultades técnicas sino también, como muchos sugieren [4], como un intento de prevenir el acoso virtual.

La empresa taiwanesa de electrónica High Tech Computer Corporation (HTC), que había sido la principal competencia de Oculus desde que salió el primer visor Vive VR en 2013, lanzó nuevos visores en 2023. Su Vive XR Elite es un dispositivo XR de consumo premium con una agradable forma, una batería montada en la parte trasera y sin correa superior para la cabeza que le permite adaptarse a diferentes peinados (un problema de inclusión que han tenido todas las versiones de Meta Quest). Una gran ventaja del XR Elite Pro son sus dioptrías integradas, lo que significa que casi todo el mundo puede utilizarlo sin gafas. Sin embargo, el precio más bajo del Quest, su campo de visión más amplio y su mayor resolución hacen que el XR Elite Pro sea difícil de vender en el mercado masivo.

Bigscreen, cuyo principal producto hasta hace poco ha sido el cine de realidad virtual multiusuario que permite a las personas ver películas y videos en un cine virtual realista, también se expandió al hardware físico en 2023. Bigscreen Beyond es el visor de realidad virtual más pequeño del mundo (que solo conecta a un ordenador). Al momento de escribir este artículo, Bigscreen Beyond es el único visor de realidad virtual que se puede usar durante todo el día y está hecho a medida para un individuo, lo que dificulta compartirlo o usarlo en un espacio de laboratorio [5].

AR

Por último, los dispositivos AR especializados (llámelos "gafas inteligentes," así recibirá menos miradas confundidas) dieron grandes pasos hacia la pública general desde su inicio en el mercado en 2013 con Google Glass. Los dispositivos AR de nicho (llámelos "gafas inteligentes"; obtendrá menos miradas extrañas) dieron grandes pasos hacia la corriente principal desde su aparición en el mercado en 2013 con Google Glass. Varios desarrolladores se dieron cuenta de que la tecnología para proyectar aplicaciones de teléfonos en gafas simples es económica y relativamente sencilla. Por ejemplo, Vuzix Blade tiene una cámara incorporada, un lector de códigos QR y una pantalla de un solo ojo, lo que lo hace aparentemente útil para cosas como teleconferencias, uso en museos o presentaciones. Varias empresas como XREAL LEION y Rokid también han presentado gafas AR de voz a texto, que subtitulan el mundo en vivo que lo rodea grabando y traduciendo conversaciones en tiempo real, creando así el potencial para una mayor inclusión en el uso.[6]

Inteligencia artificial

Uno de los desafíos al diseñar entornos de realidad virtual a gran escala, o "mundos abiertos", es el proceso intensivo de recursos para crear todos los elementos que estos contienen. Por ejemplo, al crear una simulación de realidad virtual hipotética de la Filadelfia de la época de la Guerra Revolucionaria, los diseñadores necesitarían crear planos interiores para cada edificio, contenido para cada cajón de la cocina y el temperamento de cada cliente Tory, entre muchas otras cosas. En el pasado, esto lo hacían diseñadores individuales a un alto costo, lo que limitaba la producción de contenido y la cantidad de organizaciones e individuos que podían permitirse el lujo de construir estos entornos. Sin embargo, combinar la IA con la realidad virtual tiene el potencial de aliviar significativamente este cuello de botella.

Aprovechando los desarrollos del año pasado, el fabricante de tarjetas gráficas NVIDIA lanzó la creación de contenido 3D generativo con IA de texto a objeto en 2023, lo que permitirá a los creadores de realidad virtual crear, agregar y manipular fácilmente objetos 3D en contenido de realidad virtual, así como una aplicación de IA separada (llamada move.ai) para animar objetos 3D. Los recién llegados a las aplicaciones móviles, Luma Labs, lanzaron un producto similar, Geni, para crear objetos 3D para AR en 2023, y Unreal Engine lanzó un marco de generación de contenido procedimental, que utiliza IA para proporcionar un conjunto de herramientas mejorado para los usuarios. NVIDIA también anunció que con escaneos faciales 3D pueden crear marcos de malla para replicar fácilmente versiones 3D de personas [7]. Aún así, este proceso está en su infancia y conlleva una serie de preocupaciones éticas. Un modelo similar, la IA Gemini de Google, recibió recientemente amplias críticas y fue suspendido temporalmente por generar vikingos étnicamente diversos y soldados alemanes de la Segunda Guerra Mundial (The Guardian, 2024).

Imagen de muestra de NVIDIA de animales 3D generados con IA, que ahora se crean y exportan en segundos.
Crédito de la imagen: Blog para desarrolladores de NVIDIA, 2023.

Aún así, la sinergia entre la IA y la realidad virtual es útil no sólo para la construcción de mundos, sino también para tareas más mundanas, como ampliar y crear videos espaciales a partir de videos planos ordinarios, extrayendo más vida de grabaciones retro existentes y potencialmente expandiendo sus aplicaciones.

Gemelos digitales y sistemas de posicionamiento virtual

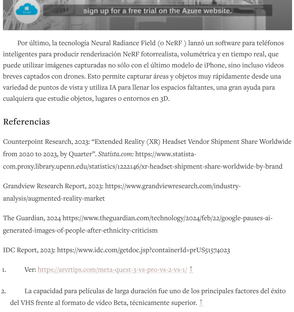
En 2023 se produjeron importantes avances en la tecnología para capturar y recrear espacios reales. El "Sistema de posicionamiento visual Lightship" (VPS) de Niantic, lanzado en 2023, es un sistema de posicionamiento visual que proporciona coordenadas estilo GPS para mapeo de realidad aumentada en el mundo real [8]. Esto es útil para crear un metaverso del mundo real, permitiendo el posicionamiento persistente de objetos virtuales para experiencias multiusuario. Por ejemplo, decenas de personas pueden mirar la mismo al mismo tiempo y los objetos pueden compartirse y manipularse (pensemos en arte virtual, señalización o incluso recreaciones de estructuras que ya no existen en un espacio). Lightship está imaginando su VPS principalmente como un marco para juegos, pero sería útil para una serie de objetos virtuales que podrían reemplazar un objeto físico, particularmente en lugares donde no es deseable colocar señales físicas (por ejemplo, líneas virtuales dibujadas en el suelo), para guiarlo por un sitio histórico o colocar marcadores para mostrar los hábitats de los animales.

Los dispositivos AR, como los teléfonos inteligentes, usan cámaras para anclar imágenes a entornos locales, pero para anclar una experiencia AR en la Tierra en vez de, por ejemplo, su sala de estar -y para que esa experiencia sea persistente y visible para múltiples usuarios al mismo tiempo- se hace necesario un sistema de posicionamiento mundial. Lightship afirma tener "precisión centimétrica" (algo de lo que el GPS por sí solo es incapaz). Lightship hace esto mapeando meticulosamente ciertos lugares que llaman "puntos de ruta" y anclándolos entre sí, lo que significa que prácticamente el sistema funcionará de manera más eficiente en algunos lugares que en otros (de la misma manera que Google Earth tiene significativamente más datos sobre ciudades grandes y áreas densamente pobladas que de zonas rurales). A medida que se crean más puntos de ruta, el mapa se vuelve más grande y más preciso.

Mientras Unity dio un paso atrás en el alojamiento de gemelos digitales, Microsoft Azure siguió adelante con Azure Digital Twins, una plataforma de *Internet de las cosas basada en la nube* que permite la creación de espacios digitales que imitan entornos 3D del mundo real. Esta es útil para ayudar a crear un edificio o incluso una ciudad inteligente y analizar datos de sensores inteligentes dentro y alrededor de esa área para crear una forma visual de ver. Por ejemplo, se podría medir cómo la apertura y el cierre de persianas en varios lados de un edificio regularán su temperatura. Una ciudad gemela digital completa podría usar sensores para monitorear los flujos de tráfico para ayudar a predecir y evitar la congestión del tráfico o para reducir la velocidad del tráfico en momentos y lugares que son particularmente peligrosos para los peatones. Sin embargo, los avances en las tecnologías de gemelos digitales también aumentan la capacidad y la preocupación en torno a la vigilancia. Este trabajo requiere cantidades masivas de recopilación de datos y cantidades aún mayores de capacidad de almacenamiento y procesamiento, que es un espacio que Microsoft Azure ha creado.

-

Screen Capture from a Microsoft Azure Digital Twins video showing the hypothetical real-time tracking of employees on an oil rig.



Por último, la tecnología Neural Radiance Field (o NeRF) lanzó un software para teléfonos inteligentes para producir renderización NeRF fotorrealista, volumétrica y en tiempo real, que puede utilizar imágenes capturadas no solo con el último modelo de iPhone, sino incluso videos breves captados con drones. Esto permite capturar áreas y objetos muy rápidamente desde una variedad de puntos de vista y utiliza IA para llenar los espacios faltantes, una gran ayuda para cualquiera que estudie objetos, lugares o entornos en 3D.

Referencias

Counterpoint Research, 2023: "Extended Reality (XR) Headset Vendor Shipment Share Worldwide from 2020 to 2023, by Quarter". *Statista.com*: https://www.statista-com.proxy.library.upenn.edu/statistics/1221146/xr-headset-shipment-share-worldwide-by-brand

Grandview Research Report, 2023: https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/augmented-reality-market

The Guardian, 2024 https://www.theguardian.com/technology/2024/feb/22/google-pauses-ai-generated-images-of-people-after-ethnicity-criticism

IDC Report, 2023: https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS51574023

1. Ver: https://uvrtips.com/meta-quest-3-vs-pro-vs-2-vs-1/ ↑

2. La capacidad para películas de larga duración fue uno de los principales factores del éxito del VHS frente al formato de video Beta, técnicamente superior. ↑

3. Ver: https://uvrtips.com/uevr-praydog-flatzvr-mod/ ↑

4. Ver: https://www.bbc.com/news/technology-60247542 ↑

5. Ver: https://www.engadget.com/bigscreen-beyond-review-gunning-for-vr-throne-valve-index-190004793.html ↑

6. Ver: https://www.hearingtracker.com/resources/hear-with-your-eyes-five-ar-live-captioning-glasses ↑

7. Más información sobre la generación de contenido 3D de NVIDA aquí: https://blogs.nvidia.com/blog/omniverse-accelerates-game-dev/ ↑

8. Más sobre Lightship aquí: https://lightship.dev/products/vps/ ↑

Powered by Manifold Scholarship. Learn more at manifoldapp.org