

VR, A JELEN VAGY A JÖVŐ TECHNOLÓGIÁJA?

FRANKL Dániel

PhD-hallgató, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola
*PhD student, Óbuda University Doctoral School on Safety and Security
Sciences*
frankl.daniel@stud.uni-obuda.hu

ABSTRACT

VR, THE TECHNOLOGY OF THE PRESENT OR THE FUTURE?

In recent years, virtual reality (VR) has captured the imagination of both the tech industry and the general public, often portrayed as a gateway to futuristic experiences that were once confined to science fiction. This paper delves into the current state and future potential of VR technology, aiming to discern whether VR is indeed a technology of the present or one that remains firmly in the realm of the future. The paper explores the multifaceted reasons behind the gap between VR's potential and its actual adoption, including high hardware costs, limitations in user experience and the constrained scope of current applications. Through an extensive literature review, the study identifies key technological, economic and sociocultural barriers hindering the widespread adoption of VR. It also examines recent advancements, industry applications and user feedback to provide a detailed picture of VR's present status.

Keywords: virtual reality, future technologies, economic barriers, sociocultural barriers, application limitations, current state

Kulcsszavak: virtuális valóság, jövőbeli technológiák, gazdasági akadályok, szociokulturális akadályok, alkalmazások korlátai, jelenlegi állapot

1. Bevezetés

Az elmúlt néhány évtized technológiai fejlődése szédítő sebességgel változtatta meg mindennapi életünket. Az internet elterjedése, az okostelefonok térnyerése és az egyre intelligensebb mesterséges intelligencia rendszerek mind-mind olyan változások, amelyek alapjaiban formálták át társadalmi és gazdasági struktúráinkat. Ebbe a folyamatosan fejlődő és átalakuló technológiai környezetbe illeszkedik a virtuális valóság (VR) technológiája is, amely mára nem csupán a sci-fi irodalom vagy a futurisztikus filmek képzeletében létezik, hanem kézzelfogható valósággá vált. A VR rendszerek lehetőséget biztosítanak arra, hogy a felhasználók egy teljesen mesterséges, digitális környezetbe lépjenek be, ahol a valóság és a képzeletbeli határok elmosódhatnak.

A VR fogalma nem újkeletű. Már az 1960-as években is voltak olyan próbálkozások, amelyek célja egy immerszív, több érzékszervet is bevonó digitális környezet megteremtése volt. Ivan Sutherland, a számítástechnika egyik úttörője, már ekkoriban megalkotta az első fejre szerelhető kijelzőt (Head-Mounted Display - HMD), amely a VR technológia egyik alapvető eszközévé vált.¹ Azonban a technológiai korlátok és a megfelelő számítási kapacitás hiánya miatt ezek a korai kísérletek többnyire koncepciók maradtak. Az utóbbi években viszont a számítástechnika és a digitális technológiák fejlődése lehetővé tette, hogy a VR újra a figyelem középpontjába kerüljön, immár sokkal kifinomultabb és használhatóbb formában. A technológia jelenlegi fejlettségi szintjén túlmutatva is számos kérdés és kihívás merül fel, amelyekre a tudományos közösség, a gazdasági szereplők és a felhasználók egyaránt keresik a válaszokat. Egyesek szerint a VR már most is szerves része a technológiai ökoszisztémának, mások viszont úgy vélik, hogy még csak a kezdeti lépéseknél tartunk és a valódi áttörés csak a jövőben következhet be. A VR jelenlegi állapota tehát egyszerre tűnik kiforrottnak és ígéretesnek, ugyanakkor számos technológiai, gazdasági és szociokulturális kihívást rejt magában.

A jelenlegi állapot bemutatása során fontos kitérni a VR technológia technikai fejlődésére, a rendelkezésre álló eszközökre és a felhasználási területek sokszínűségére. A technológiai kihívások részletes elemzése magában foglalja a hardveres és szoftveres korlátokat, valamint a fejlesztés előtt álló akadályokat. A gazdasági kihívások vizsgálata során a VR piacának alakulása és kihívásai kerülnek áttekintésre. Végül, de nem utolsósorban, a szociokulturális kihívások elemzése során a VR társadalmi elfogadottságát, etikai kérdéseit és a felhasználói élményt érintő aspektusok kerülnek vizsgálatra. Ezek a témák együttesen nyújtanak átfogó képet arról, hogy a VR technológia valóban a jelen realitása, vagy inkább a jövő ígérete-e. A következő fejezetekben bemutatásra kerül a VR technológia jelenlegi helyzete, a fejlődés előtt álló akadályok, valamint az, hogy milyen gazdasági és szociokulturális hatásokkal kell számolni ahhoz, hogy a VR technológia valóban meghatározó szereplővé váljon a technológiai ökoszisztémában.

2. Jelenlegi állapot

A VR technológia jelentős fejlődésen ment keresztül az elmúlt években és számos különböző eszköz és alkalmazás lett elérhető a felhasználók számára. A VR rendszerek széles választéka áll rendelkezésre, amelyek különböző igényeket és felhasználási területeket szolgálnak ki. Ezek a rendszerek két fő kategóriába sorolhatók: standalone (önálló) és wired (vezetékes) VR headsetek.² Az önálló VR

1 Billinghurst, M. (2021): Grand challenges for augmented reality. *Frontiers in Virtual Reality*. Frontiersin.org. 1. old.

2 Anthes, C., García-Hernández, R. J., Wiedemann, M., & Kranzlmüller, D. (2016): State of the art of virtual reality technology. *IEEE Conference on VR Technology*. IEEE Xplore. 3–4. old.

headsetek, mint például a Meta Quest 2, olyan eszközök, amelyek nem igényelnek külső számítógépet vagy konzolt a működéshez. Ezek az eszközök beépített hardverrel rendelkeznek, amely lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy szabadon mozoghassanak és jobban átélhessék a VR élményeket anélkül, hogy a kábelek korlátoznák őket. Az önálló fejszettek további nagy előnye, hogy könnyen használhatók és hordozhatók, ami növeli a felhasználói élményt és hozzáférhetőséget. Ezzel szemben a vezetékes VR fejszettek, mint például a HTC Vive Pro és a Valve Index erősebb hardverrel rendelkeznek, amelyet egy számítógép vagy konzol biztosít. Ezek az eszközök általában magasabb felbontást és jobb teljesítményt nyújtanak, azonban a kábelek jelenléte korlátozhatja a mozgást és a felhasználói élményt.³ A vezetékes fejszettek gyakran a professzionális és intenzív VR alkalmazásokhoz használatosak, ahol a maximális teljesítmény és részletgazdagság elengedhetetlen.

A VR rendszerek pontos és valós idejű mozgáskövetésének biztosítása érdekében különböző szenzorokat használnak. A bázis állomások, mint például a HTC Vive rendszerben használt Lighthouse szenzorok, az egész szobát lefedő nyomkövetést biztosítanak.⁴ Ezek a szenzorok infravörös jeleket bocsátanak ki, amelyek segítségével a fejszett és a kontrollerek pontos helyzetét követik. Ezáltal a felhasználók szabadabban mozoghatnak a virtuális térben anélkül, hogy elveszítenék a nyomkövetést. Az olyan eszközök, mint a Vive Tracker, a test különböző részeire szerelhetőek és pontos nyomkövetést biztosítanak.⁵ Ezeket a trackereket gyakran használják professzionális alkalmazásokban, például mozgásrögzítésre és szimulációkban, ahol a teljes test mozgásának követése szükséges.

A VR élmény interaktivitásának növelése érdekében különböző beviteli eszközöket használnak. A VR kontrollerek, mint például a Meta Touch vagy a Vive Controller, a felhasználók kezében tartva biztosítanak pontos irányítást és interakciót a virtuális környezetekkel.⁶ Ezek az eszközök gyakran haptikus visszajelzést is biztosítanak, amely növeli az élmény valósághűségét. A VR kesztyűk, mint a Manus VR, lehetővé teszik, hogy kézmozdulatokkal és gesztusokkal irányítsák a virtuális

3 Sutherland, J., Belec, J., Sheikh, A., & Chepelev, L. (2019): Applying modern virtual and augmented reality technologies to medical images and models. *Journal of Digital Imaging*. Springer. 32. szám. 39–51. old.

4 Kapanen, S. (2018): Optical measurement of virtual reality headset performance. *University of Jyväskylä*. 16–17. old.

5 Žuk, M., Wojtków, M., Popek, M., Mazur, J., & Bulińska, K. (2022): Three-dimensional gait analysis using a virtual reality tracking system. *Measurement*. Elsevier. 186. szám. 1-4. old.

6 Dewez, D., Hoyet, L., & Lécuyer, A. (2021): Towards „avatar-friendly” 3D manipulation techniques: Bridging the gap between sense of embodiment and interaction in virtual reality. *Proceedings of the 2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces*. IEEE Xplore. 1–12. old.

környezetet.⁷ Ezek az eszközök különösen hasznosak lehetnek olyan alkalmazásokban, ahol a finom motoros mozgások követése fontos. A haptikus ruházat, mint a Teslasuit, a test különböző részeire visszajelzést ad, ami lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy fizikai érzeteket tapasztaljanak a virtuális világban.⁸ Ez a technológia különösen hasznos lehet szimulációkban és edzési alkalmazásokban.

A VR technológia jelenlegi állapota rendkívül ígéretes és számos területen alkalmazható. A VR játékok, mint például a Beat Saber, nagy népszerűségnek örvendenek a felhasználók körében.⁹ Ezek a játékok interaktív és immerzív élményt nyújtanak, amelyeket a hagyományos játékok nem tudnak elérni. Az olyan platformok, mint a VRChat, lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy virtuális környezetekben találkozzanak és kommunikáljanak egymással.¹⁰ Ezek a platformok új módokat kínálnak a szociális interakcióra és a közösségi élmények megosztására. A szimulátorok, mint például a Lockheed Martin Prepar3D, lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy valósághű környezetben gyakorolják és fejlesszék készségeiket.¹¹ Az oktatás területén a VR lehetőséget kínál a diákok számára, hogy interaktív módon tanuljanak egy biztonságos környezetben.¹² A VR technológia lehetővé teszi a távoli eszközök irányítását is.¹³ Ez különösen hasznos lehet olyan területeken, mint a robotika és az ipari alkalmazások, ahol a távoli műveletek precíz és valós idejű irányítása szükséges.

Az alább látható táblázat célja, hogy rendszerezett formában bemutassa a VR technológia potenciális előnyeit és hátrányait. A táblázatban bemutatott kategorizálás célja, hogy átfogó képet nyújtson a VR technológia hatásairól és irányt mutasson a jövőbeni kutatások számára.

-
- 7 Vlasblom, J., Arents, R., van Gimst, R., & de Reus, A. (2021): Virtual Cockpit: Making Natural Interaction Possible in a Low-Cost VR Simulator. In Proceedings of the 2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces. IEEE Xplore. 6. old.
 - 8 Lisitsyna, D., & Kurkina, A. (2023). VR-suit: reality or virtuality? 201-203. old.
 - 9 Luedtke, S. J. (2020): Video Games, Virtual Reality, and the Progression of the Cinema of Interactions. Lawrence University. 2-12. old.
 - 10 Jehma, H., & Akaraphattanawong, A. (2023): VRChat as a virtual learning platform for enhancing English listening skills. International Journal of Information and Education Technology, 13(5), 813-817. old.
 - 11 Li, D., Wei, L., & Xiang, S. (2023): A study on the application of Prepar3D-based Aviation's Localizer Performance with Vertical Guidance Approach procedures in the teaching of simulated flight training courses. International Journal of Educational Research and Development, 5(1), 6-6., 6-12. old.
 - 12 Hu-Au, E., & Lee, J. J. (2017): Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age. International Journal of Innovation in Education, 4(4), 215-223. old.
 - 13 Wang, P., Bai, X., Billingham, M., Zhang, S., & Zhang, X. (2021): AR/MR remote collaboration on physical tasks: a review. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 67, 102031., 1-27. old.

1. táblázat: A VR technológia esetleges pozitív és negatív hatásai

Esetleges pozitív hatások:	Esetleges negatív hatások:
Oktatási hozzáférés bővítése.	Szemfáradtság.
Szórakozást nyújt.	Mozgásbetegség.
Kognitív képességek fejlesztése.	Fizikai sérülések.
Szociális készségek fejlesztése.	Izoláció.
Stresszcsökkentés.	Etikai dilemmák.
Tanulási hatékonyság növelése.	Adatvédelmi aggályok.
Biztonságos környezet teremtése.	Függőség.
Empátia növelése.	Társadalmi egyenlőtlenségek.
Kreativitás ösztönzése.	Hosszú távú egészségügyi hatások.
Edzési lehetőségek.	Kognitív túlterhelés.
Mentális egészség javítása.	Szociális készségek csökkenése.
Mozgáskoordináció fejlesztése.	Gyermekekre gyakorolt hatás.
Oktatási hozzáférés bővítése.	Hamis információk terjedése.

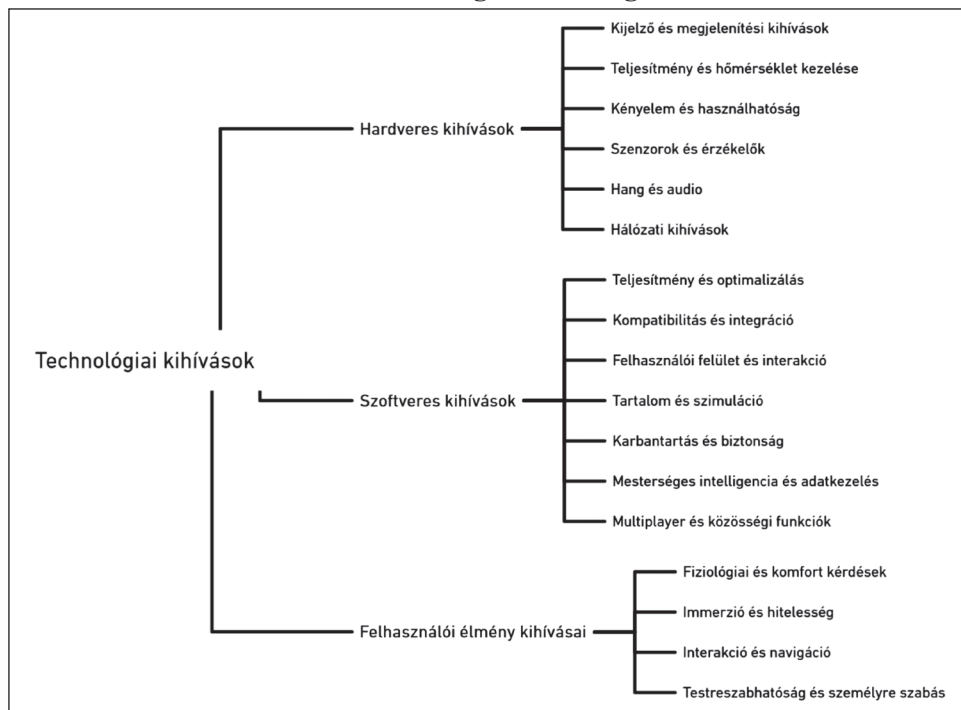
Forrás: Saját szerkesztés a szakirodalmi adatok alapján

Összességében a VR technológia jelenlegi állapota rendkívül ígéretes, számos alkalmazási területtel és folyamatosan fejlődő technológiákkal. Az elkövetkező években várhatóan további jelentős fejlesztések és innovációk jelennek majd meg, amelyek még inkább kibővítik a VR lehetőségeit és alkalmazási területeit. Azonban, a sok potenciális pozitív hatás ellenére, több lehetséges negatív hatással is szembe kell néznie a technológiának, amely szükségessé teszi a további kutatásokat.

3. Technológiai kihívások

A VR technológiai kihívásainak kategorizálása célzottan arra irányul, hogy rendszerezett és átlátható módon mutassa be a különböző nehézségeket, amelyekkel a fejlesztők és a felhasználók szembesülnek. A kategorizálás révén a kihívások csoportokba rendezhetők, így könnyebben azonosíthatóak az egyes területeken. A kategorizálás három fő csoportra bontja a kihívásokat, amelyek a hardveres kihívások, szoftveres kihívások és a felhasználói élmény kihívásai.

1. ábra: A VR technológia technológiai kihívásai



Forrás: Saját szerkesztés a szakirodalmi adatok alapján

A hardveres kihívások csoportja tartalmazza azokat a technikai és fizikai tényezőket, amelyek közvetlenül befolyásolják a VR eszközök teljesítményét és használhatóságát. Ide tartoznak a kijelző és megjelenítési kihívások, mint a felbontás, képkockasebesség és a látómező, amelyek alapvetően meghatározzák a vizuális élményt. A felbontás kritikus tényező, mert a pixelek száma határozza meg a látott kép élességét és részletességét.¹⁴ A VR eszközök jelenlegi generációi közül több már 4K felbontást kínál szemenként, de a retina szintű felbontás elérése még mindig kihívást jelent.¹⁵ A nagy felbontású kijelzők előállítása technológiai kihívásokkal jár, mert növeli a GPU terhelését és az energiafogyasztást. Ezen kívül, legalább 90 Hz vagy annál magasabb képkockasebesség szükséges ahhoz, hogy elkerüljük a mozgásmosódást és a felhasználók számára zökkenőmentes élményt

14 Denes, G., Maruszczky, K., & Ash, G. (2019): Temporal Resolution Multiplexing: Exploiting the limitations of spatio-temporal vision for more efficient VR rendering. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 25(5), 2117-2125. old.

15 Zhan, T., Yin, K., Xiong, J., He, Z., & Wu, S. T. (2020): Augmented reality and virtual reality displays: perspectives and challenges. iScience, 23(10), 101-110. old.

nyújtson a készülék.¹⁶ A látómező, vagyis a field of view (FOV), szintén kritikus tényező, mert a szélesebb látómező jobban belemeríti a felhasználókat a virtuális környezetbe, míg a szűkebb látómező korlátozó hatású lehet.¹⁷ Példaként említve, az emberi szem látómezője megközelítőleg 180-220 fok horizontálisan, míg a legtöbb VR fejszett horizontális látómezője 90-130 fok közötti.

A teljesítmény és hőmérséklet kezelése a processzor és grafikai teljesítmény optimalizálására és a hőkezelésre összpontosít. A VR alkalmazások nagy számítási kapacitást igényelnek, hogy valós időben kezelni tudják a komplex grafikákat és a fizikát. A magas számítási kapacitású processzorok és grafikai kártyák elengedhetetlenek, ugyanakkor energiahatékonyak is kell lenniük, hogy ne növeljék túlzottan a hőtermelést és az energiafogyasztást. A hőmérséklet szabályozása azért is fontos, mert a VR eszközök jelentős hőt termelnek, ami nemcsak kényelmetlenséget okoz, hanem a hardver élettartamát is csökkentheti.¹⁸ Hatékony hűtési megoldásokra van szükség a megfelelő hőmérséklet fenntartásához.

A kényelem és használhatóság kategóriában olyan tényezők szerepelnek, mint a súly, kábelek mennyisége és az akkumulátor élettartama, amelyek a felhasználói kényelemre és az eszköz használhatóságára vannak hatással. A VR fejszettek gyakran nehezek és kényelmetlenek lehetnek, különösen hosszabb használat során (¹⁹). A túlzott súly nyomást gyakorolhat a felhasználó fejére és nyakára, ami fáradtsághoz vezethet. Az ergonomikus kialakítás és a könnyű anyagok használata kritikus fontosságú a hosszú távú kényelem érdekében. A kábelek jelenléte korlátozza a mozgásszabadságot és növeli a balesetvesztélyt. Bár vezeték nélküli megoldások léteznek, ezek gyakran magasabb késleltetést és alacsonyabb minőséget eredményeznek. Az akkumulátor élettartama is korlátozó tényező, különösen a vezeték nélküli VR headsetek esetében. Az eszközöknek elegendő energiával kell rendelkezniük ahhoz, hogy hosszabb ideig működjenek anélkül, hogy gyakori töltésre lenne szükség.

A szenzorok és érzékelők pontossága, a hangminőség és a hálózati teljesítmény szintén kulcsfontosságúak a teljes VR élmény szempontjából. A szenzorok pontossága alapvetően meghatározza a felhasználói mozgások pontos követését és a VR

16 Wang, J., Shi, R., Xiao, Z., Qin, X., & Liang, H. N. (2022): Effect of render resolution on gameplay experience, performance, and simulator sickness in virtual reality games. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 6(1), 1-13.

17 Adhanom, I. B., Griffin, N. N., MacNeilage, P., & Folmer, E. (2020, March): The effect of a foveated field-of-view restrictor on VR sickness. In *2020 IEEE conference on virtual reality and 3D user interfaces*, 645-652. old.

18 Harwood, A. R. G., Wenisch, P., & others. (2018): A real-time modelling and simulation platform for virtual engineering design and analysis. *Proceedings of ECCM-ECFD 2018*. 1-9. old.

19 Yan, Y., Chen, K., Xie, Y., Song, Y., & Liu, Y. (2019): The effects of weight on comfort of virtual reality devices. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, Springer, Cham, 239-248. old.

környezet valóság-hűségét. A gyengébb minőségű szenzorok pontatlan mozgáskövetést eredményeznek, ami rontja az immerzív élményt és növeli a késleltetést⁽²⁰⁾. A precíziós szenzorok használata és a mozgáskövetési algoritmusok fejlesztése nélkülözhetetlen a magas szintű VR élmény biztosításához. A hang és audio terén a hangminőség gyakran alábecsült, de lényeges elem. A térbeli hangzás (spatial audio) fokozza az immerziót, mivel lehetővé teszi a hangok irányának és távolságának érzékelését.²¹ A gyenge hangminőség csökkenti az élmény valóság-hűségét, ezért a VR headseteknek kiváló minőségű hangszórókat és mikrofonokat kell tartalmazniuk, amelyek képesek visszaadni a valóság-hű térbeli hanghatásokat. A hálózati teljesítmény szintén jelentős szerepet játszik, különösen a többfelhasználós VR élményeknél. Alacsony késleltetésű, nagy sávszélességű hálózati kapcsolat szükséges a valós idejű interakciók biztosításához.²² A gyenge hálózati teljesítmény késleltetést és adatvesztést eredményezhet, ami ronthatja a felhasználói élményt és korlátozhatja az immerzív élmény teljességét.

A szoftveres kihívások a VR alkalmazások működésének és fejlesztésének szoftveres aspektusait fedik le. A teljesítmény és optimalizálás magában foglalja az optimalizálást, grafikák renderelését és késleltetési idő minimalizálását, amelyek kritikusak a zökkenőmentes működéshez. A kompatibilitás és integráció biztosítja, hogy a különböző hardverek és szoftverek zökkenőmentesen működjenek együtt. A felhasználói felület és interakció kategóriában a felhasználói élmény javítása a cél, beleértve a felhasználói felület kialakítását és az interakciós pontosságot. A testreszabhatóság lehetősége pedig lehetővé teszi, hogy a felhasználók saját igényeik szerint alakítsák ki a VR környezetüket. A tartalom és szimuláció fejlesztése a valóság-hű és részletgazdag tartalmak előállítására összpontosít. A karbantartás és biztonság területén a rendszerek biztonságos és hibamentes működésének fenntartása a cél. A mesterséges intelligencia és adatkezelés területén a fejlett technológiák alkalmazása fontos az adatok feldolgozásában és a felhasználói élmény javításában.

A felhasználói élmény kihívásai a felhasználók fiziológiai és érzelmi komfortját érintik. A fiziológiai és komfort kérdések magukban foglalják a mozgásbetegség megelőzését és a hosszú távú használat kényelmét. Az immerzió és hitelesség biztosítása elengedhetetlen ahhoz, hogy a felhasználók teljes mértékben belemerülhessenek a virtuális világba. Az interakció és navigáció pontossága is alapvető a felhasználói élmény szempontjából. A testreszabhatóság és személyre szabás lehetőségei pedig növelhetik a felhasználói elégedettséget.

20 Stauffert, J. P., Niebling, F., & Latoschik, M. E. (2020): Latency and cybersickness: Impact, causes, and measures. A review. *Frontiers in Virtual Reality*, 1-8. old.

21 Rajguru, C., Obrist, M., & Memoli, G. (2020): Spatial soundscapes and virtual worlds: Challenges and opportunities. *Frontiers in Psychology*, 1-8. old.

22 Hu, F., Deng, Y., Saad, W., & Bennis, M. (2020): Cellular-connected wireless virtual reality: Requirements, challenges, and solutions. *IEEE Communications Magazine*, 58(1), 105-110. old.

A kategorizálás révén kiemelhető, hogy a VR technológia számos komplex kihívással szembesül, amelyek különböző területeket érintenek és integrált megközelítést igényelnek a megoldásukhoz. A fejlesztőknek mind a hardveres, mind a szoftveres, mind a felhasználói élmény aspektusait figyelembe kell venniük ahhoz, hogy a VR technológia teljes mértékben kiaknázza potenciálját és forradalmasítsa a különböző iparágakat és esetlegesen a mindennapi életünket is. Ezek a kihívások összetett és sokrétű problémákat jelenthetnek, amelyek megoldása elengedhetetlen a VR technológia széles körű alkalmazásához és a felhasználói élmény optimalizálásához. A folyamatos innováció és fejlesztés ezen a területen tehát rendkívül fontos.

4. Gazdasági kihívások

A gazdasági kihívások kategorizálásának célja, hogy rendszerezett és átlátható módon mutassa be a VR technológia bevezetésével és fenntartásával kapcsolatos pénzügyi és piaci akadályokat. Ez a megközelítés lehetővé teszi, hogy a különböző kihívásokat világosan azonosítsuk és meghatározzuk, mely területeken van szükség további fejlesztésekre és stratégiák kidolgozására.

A VR technológia gazdasági kihívásai több szempontból is jelentős akadályokat jelentenek a technológia széleskörű elterjedésében és fejlesztésében. Az egyik legkritikusabb tényező a magas kezdeti beruházási költségek, továbbá a szoftverlicenc költségei és a hardver beszerzési költségek jelentős anyagi terhet rónak a vállalatokra, különösen a kisebb cégekre és az induló vállalkozásokra.²³ A VR technológia bevezetése és fenntartása nagy tőkeberuházást igényel, amely sok esetben elretentheti a potenciális befektetőket és felhasználókat. A pénzügyi nehézségek közé tartoznak a befektetési kihívások és a kockázatkezelés. A VR projektek finanszírozása gyakran bizonytalan, mivel a technológia viszonylag új és a piac még mindig kialakulóban van. A befektetők gyakran óvatosak, mivel a VR technológia fejlesztése és piaci bevezetése jelentős kockázatokkal járhat. A technológia gyors fejlődése miatt a vállalatoknak folyamatosan frissíteniük és fejleszteniük kell termékeiket, ami további pénzügyi terheket jelenthet.

A skálázhatósági korlátok szintén jelentős gazdasági kihívást jelenthetnek. A VR rendszerek nagy mennyiségű gyártása és terjesztése logisztikai problémákkal járhat, amelyek növelhetik a költségeket és lassíthatják a piaci terjeszkedést. A gyártási költségek magasak, különösen a fejlett hardverkomponensek esetében, ami további akadályt jelent a széleskörű elterjedés előtt.²⁴ A piaci elfogadási akadályok

23 Oyewole, A. T., Adeoye, O. B., Addy, W. A., & Okoye, C. C. (2024): Augmented and virtual reality in financial services: A review of emerging applications. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 13(5), 551-563. old.

24 Delgado, J. M. D., Oyedele, L., Beach, T., & others. (2020): Augmented and virtual reality in construction: drivers and limitations for industry adoption. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(7), 04020079, 1-15. old.

közé tartozik a fogyasztói ismeretek hiánya és a kommunikációs akadályok. Sok fogyasztó még mindig nem ismeri vagy érti a VR technológia előnyeit, ami gátolja a technológia széles körű elfogadását.²⁵ Emellett a VR technológia komplexitása miatt nehéz lehet hatékonyan kommunikálni az előnyöket a potenciális vásárlók felé. A technológia népszerűsítéséhez és elfogadtatásához jelentős marketing erőfeszítések és oktatási kampányok lehetnek szükségesek.

A verseny és technológiai alternatívák kategóriájában a piaci verseny és az alternatív technológiák jelenthetik a fő kihívást. A VR piaca egyre telítettebbé válik és a versenytársak folyamatosan új és fejlettebb termékeket kínálnak. Ezenkívül más technológiai alternatívák, mint például az AR (kiterjesztett valóság), szintén versenytársat jelentenek a VR számára, ami további nyomást gyakorolhat a VR fejlesztőire és gyártóira.

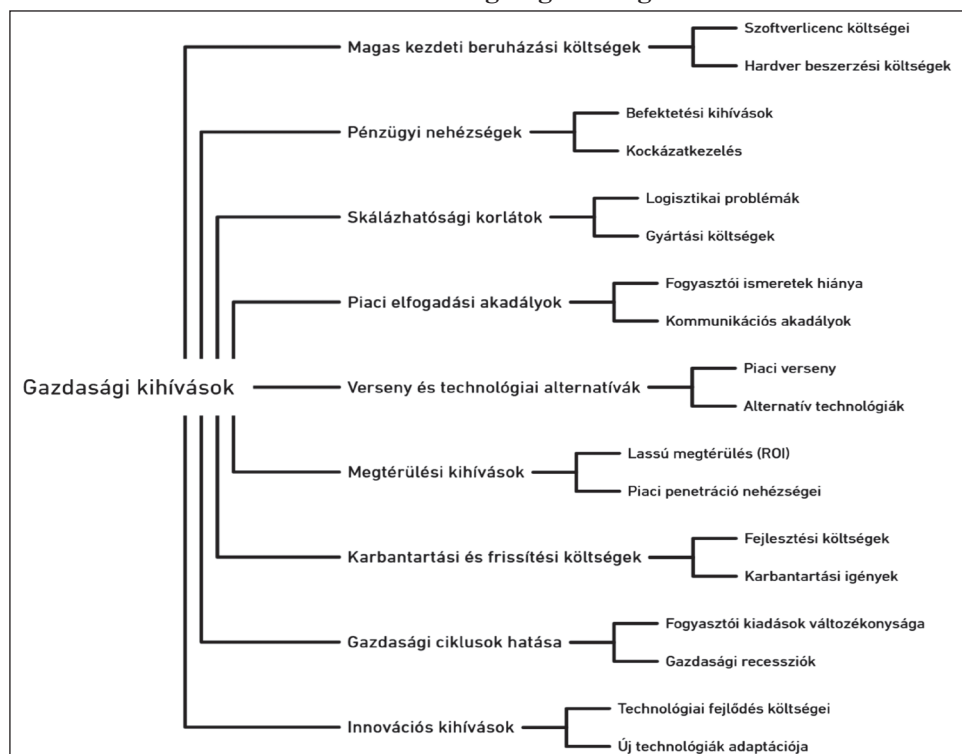
A megtérülési kihívások között szerepel a lassú megtérülés (ROI) és a piaci penetráció nehézségei.²⁶ A VR projektek gyakran hosszú idő alatt térülnek meg, ami további pénzügyi nyomást helyez a vállalatokra. A technológia széleskörű elfogadása és piaci bevezetése időigényes folyamat, amely további kihívásokkal jár a vállalatok számára. A karbantartási és frissítési költségek jelentős terhet jelenthetnek a VR rendszerek fenntartásában. A fejlesztési költségek magasak, mivel a technológia gyorsan fejlődik és a vállalatoknak folyamatosan lépést kell tartaniuk a legújabb innovációkkal, emellett a karbantartási igények is növelik a költségeket, mivel a VR rendszerek folyamatos frissítést és karbantartást igényelhetnek a zökkenőmentes működés érdekében.²⁷ A gazdasági ciklusok hatása is jelentős tényező a VR technológia terjedésében. A gazdasági helyzet változásai közvetlenül befolyásolják a VR iránti keresletet, mivel a fogyasztók és vállalatok költési hajlandósága csökkenhet a recesszió idején. A gazdasági recessziók és a fogyasztói kiadások változékonysága tovább nehezíti a VR technológia piaci helyzetének stabilizálását.

Végül, az innovációs kihívások között szerepel a technológiai fejlődés költségei és az új technológiák adaptációja. A folyamatos innováció elengedhetetlen a versenyképesség fenntartásához, de a technológiai fejlesztések jelentős költségekkel járnak. Emellett az új technológiák adaptációja is kihívást jelenthet, mivel a vállalatoknak gyorsan kell alkalmazkodniuk az új piaci körülményekhez és technológiai trendekhez.

25 Lee, W. J. (2020): Use of immersive virtual technology in consumer retailing and its effects to consumer. *Journal of Distribution Science.*, 1-14. old.

26 Bogan, M., Bybee, S., & Bahlis, J. (2019): Increasing XR Technology's Return on Investment through Media Analysis. *Interservice/Industry Training.*, 1-11. old.

27 Guo, Z., Zhou, D., Zhou, Q., Zhang, X., & Geng, J. (2020): Applications of virtual reality in maintenance during the industrial product lifecycle: A systematic review. *Journal of Manufacturing Systems*, 56, 525-535. old.

2. ábra: A VR technológiai gazdasági kihívásai

Forrás: Saját szerkesztés a szakirodalmi adatok alapján

Összegzésként, a VR technológia számos összetett gazdasági kihívással néz szembe, amelyek különböző területeken jelentkeznek. Ezek a kihívások átfogó és jól koordinált megközelítést igényelnek a hatékony megoldás érdekében, hogy a VR technológia teljes mértékben ki tudja bontakoztatni potenciálját és sikeresen forradalmasíthassa a különböző iparágakat, valamint a mindennapi életünket.

5. Szociokulturális kihívások

A VR technológia fejlődésével párhuzamosan számos szociokulturális kihívás is felmerül, amelyek befolyásolják annak társadalmi elfogadottságát és használatát. Az egyik legfontosabb kérdés a társadalmi elfogadás, amely során a technológiai idegenkedés és a közvélemény befolyásolása jelentős szerepet játszik. Az új technológiákkal szembeni bizalmatlanság és az ismeretlentől való félelem gyakran gátolja az innovációk széleskörű elfogadását.²⁸

28 Lee, C., & Coughlin, J. F. (2015): PERSPECTIVE: Older adults' adoption of technology: an integrated approach to identifying determinants and barriers. Journal of Product Innovation Management., 1-9. old.

A VR esetében ez különösen igaz, mivel a felhasználók sokszor nem értik teljes mértékben a technológia működését és annak potenciális előnyeit. Ezen felül a közvélemény befolyásolása, amely a médián és közösségi hálózatokon keresztül történik, kritikus a VR technológia pozitív fogadtatásának biztosításához. A hozzáférhetőség szintén jelentős kihívást jelenthet. Az érzékenységi problémája különösen fontos, mivel a VR eszközök és kapcsolódó szoftverek gyakran magas költséggel járnak, ami korlátozza a széleskörű hozzáférést. Emellett a digitális megosztottság is súlyosbítja a helyzetet, mivel a technológiai fejlődés és hozzáférés egyenetlenül oszlik el a különböző társadalmi rétegek és földrajzi régiók között, ami tovább mélyíti a szakadékot a technológiai lehetőségek között.²⁹

Az etikai kérdések területén a magánélet védelme és az adatbiztonság különösen nagy figyelmet igényel. A VR rendszerek nagy mennyiségű személyes adatot gyűjtenek a felhasználókról, beleértve a biometrikus adatokat és a viselkedési mintákat is. Ezeknek az adatoknak a védelme alapvető fontosságú, mivel az adatbiztonsági incidensek súlyos következményekkel járhatnak a felhasználók magánéletére nézve.³⁰ A közösségi és szociális interakciók terén a VR technológia újfajta társadalmi izolációt hozhat létre, mivel a felhasználók egyre több időt töltenek a virtuális világokban, ami csökkentheti a valós társas interakciókat. A virtuális identitás és anonimitás kérdése szintén fontos, mivel a felhasználók gyakran különböző személyiségeket vesznek fel a virtuális térben, ami torzíthatja a valódi önzonosságukat és interakcióikat.

A kulturális különbségek is kihívást jelenthetnek a VR tartalmak fejlesztése során. A kulturális reprezentáció kérdése, valamint a lokális és globális tartalmak közötti egyensúly megtalálása kritikus, mivel a VR technológia globális közönséget céloz meg. Fontos, hogy a tartalmak érzékenyek legyenek a különböző kulturális hátterekre és értékekre, hogy elkerüljék a kulturális érzéketlenséget és biztosítsák a széleskörű elfogadást. Az oktatás és ismeretterjesztés terén a technológiai képzés hiánya és az oktatási erőforrások korlátozottsága jelentős akadályt jelent. A VR technológia hatékony használatához megfelelő képzésre és támogatásra van szükség, hogy a felhasználók maximálisan kihasználhassák annak lehetőségeit.

Az egészségügyi hatások közé tartoznak a fiziológiai problémák, mint például a szédülés és hányinger, amelyek gyakran kísérik a VR használatát.³¹

29 Hernandez, K., & Roberts, T. (2018): Leaving no one behind in a digital world. Institute of Development Studies, UK, 1-23. old.

30 Guo, H., Dai, H. N., Luo, X., Zheng, Z., & Xu, G. (2024): An Empirical Study on Oculus Virtual Reality Applications: Security and Privacy Perspectives. arXiv preprint arXiv:2402.13815., 1-14. old.

31 Saredakis, D., Szpak, A., Birkhead, B., & others (2020): Factors associated with virtual reality sickness in head-mounted displays: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 1-14. old.

Ezenkívül a pszichológiai hatások, mint a függőség és a valóságtól való eltávolodás, szintén jelentős aggályokat vetnek fel, mivel a felhasználók túlzottan belemerülhetnek a virtuális világokba, elhanyagolva a valós életüket.³² A társadalmi normák és értékek is szerepet játszanak a VR technológia használatában. A tartalmi szabályozás és az etikus felhasználás biztosítása elengedhetetlen, hogy a VR tartalmak ne sértsék a közösségi normákat és értékeket, valamint elősegítsék a társadalmilag felelős használatot.

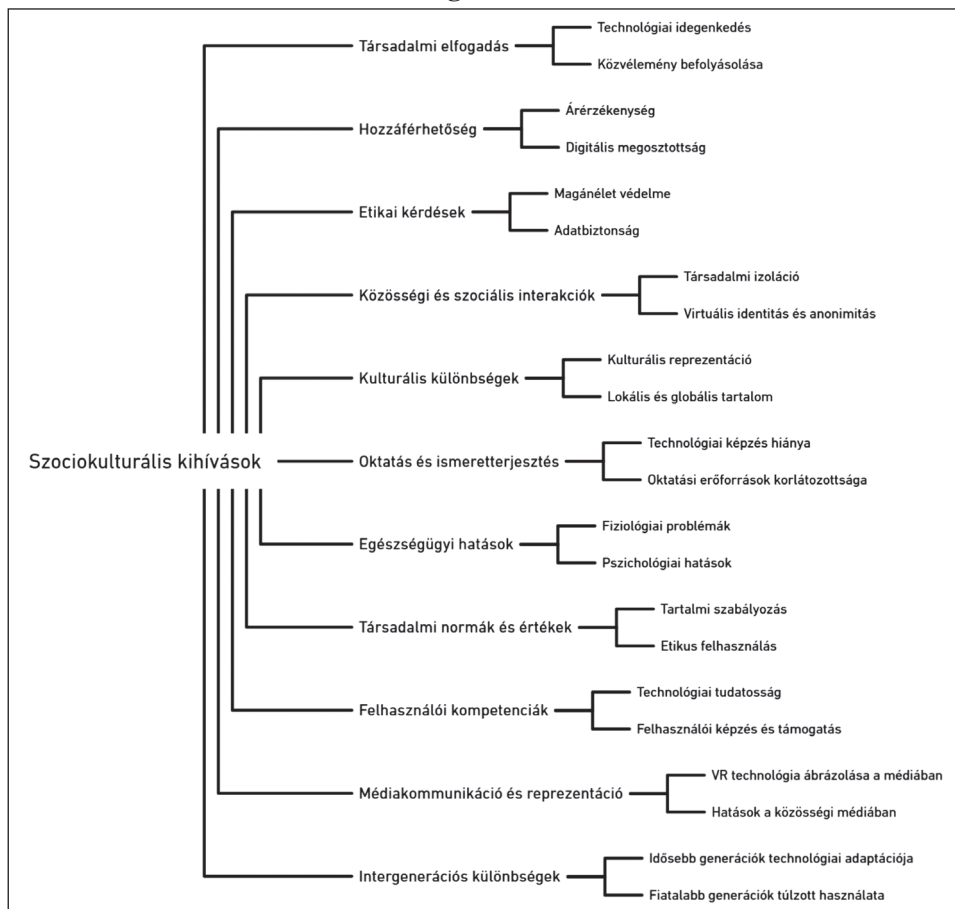
A felhasználói kompetenciák terén a technológiai tudatosság és a felhasználói képzés hiánya jelentős akadályt jelent. A VR technológia hatékony használatához a felhasználóknak meg kell érteniük a technológia működését és annak potenciális veszélyeit, ami megfelelő képzést és támogatást igényel. A médiakommunikáció és reprezentáció szintén kritikus terület. A VR technológia ábrázolása a médiában és annak hatása a közösségi médiában jelentősen befolyásolja a közvéleményt és a társadalmi elfogadást. Fontos, hogy a VR technológiáról szóló információk pontosak és hitelesek legyenek, hogy a felhasználók megalapozott döntéseket hozhassanak a technológia használatáról. Az intergenerációs különbségek is kihívást jelentenek, mivel az idősebb generációk gyakran nehezen alkalmazkodnak az új technológiákhoz, míg a fiatalabb generációk túlzottan is elmerülhetnek a VR használatában.³³ Az idősebbek számára külön képzési programokra és támogatásra van szükség, hogy segítsék őket a technológia elsajátításában, míg a fiatalabbakat a felelős használatra kell ösztönözni.

A szociokulturális kihívások ábrájának célja, hogy átfogó képet nyújtson a VR technológia társadalmi elfogadásával és használatával kapcsolatos kihívásokról. A kategorizálás rendszerezett módon mutatja be a különböző kihívásokat, így megkönnyítve azok azonosítását és a megfelelő megoldási stratégiák kidolgozását. Az ábra ezen kategóriák szerinti felosztása lehetővé teszi, hogy a különböző szociokulturális aspektusokat célzottan vizsgáljuk és jobban megértjük azok összefüggéseit. A kategorizálás azért történt így, mert ezek a területek különböző aspektusait fedik le a VR technológia társadalmi bevezetésének és használatának.

32 Choukikar, H., & Parte, S. (2023): Transformative Realities: The Social Impact of Virtual Reality, 3-16. old.

33 Bohlin, E., & Müller, L. (2020): Designing Virtual Reality Experiences for Elderly: A qualitative study focusing on VR suppliers operating within the elder care sector., 15-19. old.

3. ábra: A VR technológia szociokulturális kihívásai



Forrás: Saját szerkesztés a szakirodalmi adatok alapján

Összefoglalva, a diagram rávilágít arra, hogy a VR technológia számos összetett szociokulturális kihívással néz szembe. Ezek a kihívások különböző területeken jelentkeznek és átfogó megközelítést igényelnek a hatékony kezelésük érdekében.

6. Összegzés

A virtuális valóság (VR) technológia az utóbbi években nagy figyelmet kapott, mind az iparági szakértők, mind a nagyközönség körében, gyakran a jövőbe mutató élmények kapujaként emlegetve, amelyeket korábban csak a tudományos fantasztikum világában képeltünk el. Ezen tanulmány célja, hogy megvizsgálja a VR technológia jelenlegi állapotát és jövőbeni lehetőségeit, valamint, hogy megállapítsa, vajon a VR valóban a jelen technológiája-e, vagy még mindig a jövő

ígérete marad. A tanulmány a VR potenciálja és tényleges elterjedése közötti szakadék okait tárgyalja, beleértve a magas hardverkötségeket, a felhasználói élmény korlátait és a jelenlegi alkalmazások szűk körét. Az irodalmi áttekintés révén azonosításra kerültek a VR elterjedését gátló legfontosabb technológiai, gazdasági és szociokulturális akadályok.

A VR technológia hardveres kihívásai között szerepel a kijelzők felbontása, a képkockasebesség és a látómező korlátai, amelyek alapvetően meghatározzák a felhasználói élményt. A processzorok és grafikai egységek teljesítményének optimalizálása és a hőmérséklet kezelése szintén kulcsfontosságúak a hatékony és kényelmes VR élmény biztosításához. A kényelem és használhatóság kérdései, mint például a fejszettek súlya és az akkumulátor élettartama, közvetlenül befolyásolják a hosszabb használatot. A szoftveres kihívások között az optimalizálás, a kompatibilitás és az interakciós pontosság szerepelnek, míg a felhasználói élmény szempontjából a mozgásbetegség és az immerzió hitelessége jelent kihívást.

A gazdasági akadályok közé tartoznak a magas kezdeti beruházási költségek, a pénzügyi nehézségek és a skálázhatósági korlátok. A VR technológia piaci elfogadottságát számos tényező befolyásolja, például a fogyasztói ismeretek hiánya és a kommunikációs akadályok. A verseny és a technológiai alternatívák, mint az AR, tovább nehezítik a VR piaci helyzetét. A lassú megtérülés és a piaci penetráció nehézségei szintén jelentős akadályokat képezhetnek. A karbantartási és frissítési költségek, valamint a gazdasági ciklusok hatása is meghatározó tényezők.

A szociokulturális kihívások között a társadalmi elfogadás, a hozzáférhetőség, az etikai kérdések és a közösségi interakciók szerepelnek. A VR technológia társadalmi elfogadottsága és használata jelentős mértékben függ a technológiai idegenkedéstől és a közvélemény befolyásolásától. A kulturális különbségek, az oktatás és ismeretterjesztés hiányosságai, valamint az egészségügyi hatások mind fontos szerepet játszanak. A felhasználói kompetenciák és a médiakommunikáció területén is számos kihívással kell szembenézni, különösen az intergenerációs különbségek kezelésében.

Összefoglalva, a VR technológia számos komplex kihívással néz szembe, amelyek különböző területeket érintenek. Ezek a kihívások integrált megközelítést igényelnek, hogy a VR technológia teljes mértékben kiaknázza potenciálját és forradalmasítsa a különböző iparágakat és mindennapi életünket. További kutatásokra van szükség, hogy a VR technológia elérje teljes potenciálját és széleskörűen elterjedjen, áthidalva a jelenlegi akadályokat. Ezen kihívásokat figyelembe véve a VR technológia még mindig a jövő technológiájának mondható, bár már a jelen része, de az igazán jelentős hatását és a teljes potenciálját valószínűleg a jövőben fogja kifejteni.

FELHASZNÁLT IRODALOM / REFERENCES

- Billinghurst, M. (2021):** Grand challenges for augmented reality. *Frontiers in Virtual Reality*. Frontiersin.org. 1. old.
- Anthes, C., García-Hernández, R. J., Wiedemann, M., & Kranzlmüller, D. (2016):** State of the art of virtual reality technology. *IEEE Conference on VR Technology*. IEEE Xplore. 3–4. old.
- Sutherland, J., Belec, J., Sheikh, A., & Chepelev, L. (2019):** Applying modern virtual and augmented reality technologies to medical images and models. *Journal of Digital Imaging*. Springer. 32. szám. 39–51. old.
- Kapanen, S. (2018):** Optical measurement of virtual reality headset performance. *University of Jyväskylä*. 16–17. old.
- Żuk, M., Wojtków, M., Popek, M., Mazur, J., & Bulińska, K. (2022):** Three-dimensional gait analysis using a virtual reality tracking system. *Measurement*. Elsevier. 186. szám. 1-4. old.
- Dewez, D., Hoyet, L., & Lécuyer, A. (2021):** Towards „avatar-friendly” 3D manipulation techniques: Bridging the gap between sense of embodiment and interaction in virtual reality. *Proceedings of the 2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces*. IEEE Xplore. 1–12. old.
- Vlasblom, J., Arents, R., van Gimst, R., & de Reus, A. (2021):** Virtual Cockpit: Making Natural Interaction Possible in a Low-Cost VR Simulator. In *Proceedings of the 2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces*. IEEE Xplore. 6. old.
- Lisitsyna, D., & Kurkina, A. (2023):** VR-suit: reality or virtuality? 201-203. old.
- Luedtke, S. J. (2020):** Video Games, Virtual Reality, and the Progression of the Cinema of Interactions. *Lawrence University*. 2-12. old.
- Jehma, H., & Akaraphattanawong, A. (2023):** VRChat as a virtual learning platform for enhancing English listening skills. *International Journal of Information and Education Technology*, 13(5), 813-817. old.
- Li, D., Wei, L., & Xiang, S. (2023):** A study on the application of Prepar3D-based Aviation’s Localizer Performance with Vertical Guidance Approach procedures in the teaching of simulated flight training courses. *International Journal of Educational Research and Development*, 5(1), 6-6., 6-12. old.
- Hu-Au, E., & Lee, J. J. (2017):** Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age. *International Journal of Innovation in Education*, 4(4), 215-223. old.
- Wang, P., Bai, X., Billinghurst, M., Zhang, S., & Zhang, X. (2021):** AR/MR remote collaboration on physical tasks: a review. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 67, 102031., 1-27. old.
- Denes, G., Maruszczyk, K., & Ash, G. (2019):** Temporal Resolution Multiplexing: Exploiting the limitations of spatio-temporal vision for more efficient VR rendering. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 25(5), 2117-2125. old.
- Zhan, T., Yin, K., Xiong, J., He, Z., & Wu, S. T. (2020):** Augmented reality and virtual reality displays: perspectives and challenges. *iScience*, 23(10), 101-110. old.

- Wang, J., Shi, R., Xiao, Z., Qin, X., & Liang, H. N. (2022):** Effect of render resolution on gameplay experience, performance, and simulator sickness in virtual reality games. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 6(1), 1-13.
- Adhanom, I. B., Griffin, N. N., MacNeilage, P., & Folmer, E. (2020):** The effect of a foveated field-of-view restrictor on VR sickness. In *2020 IEEE conference on virtual reality and 3D user interfaces*, 645-652. old.
- Harwood, A. R. G., Wenisch, P., & others. (2018):** A real-time modelling and simulation platform for virtual engineering design and analysis. *Proceedings of ECCM-ECFD 2018*. 1-9. old.
- Yan, Y., Chen, K., Xie, Y., Song, Y., & Liu, Y. (2019):** The effects of weight on comfort of virtual reality devices. In *International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics*, Springer, Cham, 239-248. old.
- Stauffert, J. P., Niebling, F., & Latoschik, M. E. (2020):** Latency and cybersickness: Impact, causes, and measures. A review. *Frontiers in Virtual Reality*, 1-8. old.
- Rajguru, C., Obrist, M., & Memoli, G. (2020):** Spatial soundscapes and virtual worlds: Challenges and opportunities. *Frontiers in Psychology*, 1-8. old.
- Hu, F., Deng, Y., Saad, W., & Bennis, M. (2020):** Cellular-connected wireless virtual reality: Requirements, challenges, and solutions. *IEEE Communications Magazine*, 58(1), 105-110. old.
- Oyewole, A. T., Adeoye, O. B., Addy, W. A., & Okoye, C. C. (2024):** Augmented and virtual reality in financial services: A review of emerging applications. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 13(5), 551-563. old.
- Delgado, J. M. D., Oyedele, L., Beach, T., & others. (2020):** Augmented and virtual reality in construction: drivers and limitations for industry adoption. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(7), 04020079, 1-15. old.
- Lee, W. J. (2020):** Use of immersive virtual technology in consumer retailing and its effects to consumer. *Journal of Distribution Science.*, 1-14. old.
- Bogan, M., Bybee, S., & Bahlis, J. (2019):** Increasing XR Technology's Return on Investment through Media Analysis. *Interservice/Industry Training.*, 1-11. old.
- Guo, Z., Zhou, D., Zhou, Q., Zhang, X., & Geng, J. (2020):** Applications of virtual reality in maintenance during the industrial product lifecycle: A systematic review. *Journal of Manufacturing Systems*, 56, 525-535. old.
- Lee, C., & Coughlin, J. F. (2015):** PERSPECTIVE: Older adults' adoption of technology: an integrated approach to identifying determinants and barriers. *Journal of Product Innovation Management.*, 1-9. old.
- Hernandez, K., & Roberts, T. (2018):** Leaving no one behind in a digital world. *Institute of Development Studies*, UK, 1-23. old.
- Guo, H., Dai, H. N., Luo, X., Zheng, Z., & Xu, G. (2024):** An Empirical Study on Oculus Virtual Reality Applications: Security and Privacy Perspectives. *arXiv preprint arXiv:2402.13815.*, 1-14. old.
- Saredakis, D., Szpak, A., Birkhead, B., & others (2020):** Factors associated with virtual reality sickness in head-mounted displays: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Human Neuroscience*, 1-14. old.

Choukikar, H., & Parte, S. (2023): Transformative Realities: The Social Impact of Virtual Reality, 3-16. old.

Bohlin, E., & Müller, L. (2020): Designing Virtual Reality Experiences for Elderly: A qualitative study focusing on VR suppliers operating within the elder care sector., 15-19. old.