

## Virtuális Valóság: Az Ipari Átalakulás Útjai, Jelen és Jövő

### Frankl Dániel

PHd hallgató, Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola,  
frankl.daniel@stud.uni-obuda.hu

**Absztrakt:** A virtuális valóság (VR) mint immerzív technológia, forradalmasította az interaktív tartalmak fogyasztásának módját a szórakoztatóipartól kezdve az oktatáson, egészségügyön és mérnöki tervezésen át a gyártásig. A VR oktatási és képzési potenciálját kiemelve, a technológia lehetővé teszi az egészségügyi, mérnöki vagy orvostudományi területen dolgozó diákoknak és szakembereknek, hogy gyakorlati tapasztalatokat szerezzenek egy kockázatmentes környezetben. Annak érdekében, hogy teljes mértékben kiaknázzák a VR lehetőségeit, a technológia további kutatására és fejlesztésére van szükség a hatékonyság növelése, az innováció ösztönzése és a használati élmény gazdagítása érdekében. A következőkben áttekintésre kerülnek ezek a kihívások és azok lehetséges megoldásai, továbbá a virtuális valóság eredete és ipari felhasználásai.

*Kulcsszavak:* Virtuális Valóság, Ipari Alkalmazások, Immerzív Technológia, Innováció.

### Bevezetés

Az elmúlt évtizedben a Virtuális Valóság (VR) technológia jelentős fejlődésen ment keresztül, átalakítva azt, ahogy a digitális tartalmakkal interakcióba lépünk. Kezdetben, mint a szórakoztatóipar forradalmi újítása jelent meg, de hamar nyilvánvalóvá vált, hogy a VR potenciálja messze túlmutat a játékokon és a médiafogyasztáson. Ma a VR technológia alkalmazása az oktatástól kezdve az egészségügyön, mérnöki tervezésen és a gyártáson át számos más területre is kiterjed, lehetővé téve, hogy új és innovatív módon közelítsünk meg komplex problémákat és feladatokat.

Ez a technológia immerzív, háromdimenziós környezetet hoz létre, amely interaktív és élethű, lehetővé téve a felhasználók számára, hogy teljesen elmerüljenek egy virtuális világban. A VR által kínált élménymélység és a felhasználói interakciók új lehetőségeket nyitnak meg a gyakorlati készségek fejlesztésére az oktatásban, a kockázatmentes sebészeti eljárások gyakorlására az egészségügyben, terméktervezésre és tesztelésre is az iparban. A VR technológia további fejlesztése és alkalmazása a különböző ipari szektorokban nemcsak új lehetőségeket teremt a humán tevékenységek és interakciók széles spektrumán, hanem kihívásokat is állít a tervezők, fejlesztők és kutatók elé. Ezek a kihívások a

hardver- és szoftverkorlátok leküzdését, a felhasználói élmény javítását, valamint az etikai és adatvédelmi kérdések kezelését foglalják magukban (Horváth, 2023).

## A Virtuális Valóság Technológiájának Eredete és Fejlődése

A VR útja, mint fogalmi ötlettől a technológiai innovációig, több évtizedet ölel fel. Az 1960-as évektől kezdődően a VR-t mint egy merész és innovatív ötletet kezelték, amelynek célja a felhasználók teljes körű belemerítése egy digitálisan létrehozott, a valóságot imitáló világba. Ebben a korai szakaszban a VR technológia még korlátokkal küzdött, amelyeket az adott korszak technológiai lehetőségei szabtak meg. Ennek ellenére a VR iránti elkötelezettség világosan meghatározta a technológia jövőbeli fejlődésének irányát (Ahmad et al., 2024).

A VR történetének egyik meghatározó pillanata Ivan Sutherland által 1968-ban kifejlesztett "Damoklész kardja" volt. Fontos megjegyezni, hogy ez nem az első fejre helyezhető kijelző (HMD) volt, például Stephen R. Ellis által összeállított képgyűjtemény egyik képe is hasonló eszközt szimbolizál, amelyet a NASA Ames számára állított össze 1963-ban (Slater et al., 2016). Mint az első működőképes VR rendszer, a mai szemmel nézve primitív volt, de korának forradalmi fejlesztése. Bevezette a fejre helyezhető kijelző (HMD) fogalmát, amely valós idejű háromdimenziós grafikát kínált a felhasználóknak.

Az 1980-as és 1990-es évek jelentős fejlődést hoztak a VR technológiában, különösen a szórakoztatóipar és a katonai képzés területén (Lanier, 2017), bemutatva az első kereskedelmi VR rendszereket, amelyek, még kifejezetten drágák és korlátozott képességekkel rendelkeztek, képesek voltak az elmerülés élményét nyújtani (Aydi & Elleuch, 2024). Ezen időszak fejlesztései rendkívül fontos szerepet játszottak a VR alkalmazhatóságának bemutatásában, ami túlmutatott a pusztán fogalmi feltárásokon, jelezve annak hasznosságát gyakorlati és szabadidős területeken egyaránt.

A 21. század elejével új korszak kezdődött a VR fejlődésében, jelentős hardverfejlesztések és összehangolt erőfeszítések által, az Oculus Rift prototípusának 2012-es bemutatásával. Ezáltal egy jelentős változást hozott a technológia elérhetőségében (Gleasure et al., 2016). Ez a mérföldkő hozzáférhetőbbé és kifinomultabbá tette a VR technológiát, jelentősen bővítve annak potenciális alkalmazásait a nagyközönség számára. Az Oculus Rift és a későbbi innovációk lehetővé tették a VR széleskörű alkalmazását, a szórakoztatástól kezdve az oktatáson és egészségügyön át a mérnöki tervezésig (Arif et al., 2024).

Jelenleg a VR a digitális innováció zászlóshajójaként szolgál, számos területen alkalmazva, beleértve az oktatást, ahol merülő tanulási környezeteket tesz lehetővé, az egészségügyet, ahol realisztikus

szimulációkat biztosít a sebészeti képzéshez, és a mérnöki tervezést, ahol új eszközöket kínál a tervezéshez. A VR további fejlődése ígéretesnek tűnik azáltal, hogy még szorosabbra fűzi a kapcsolatot a digitális és fizikai világok között, egyre több elmerülő és interaktív lehetőséget nyújtva a felhasználóknak szerte a világon (Ramos, 2024).

## **Fizikai korlátok**

A VR technológia gyors fejlődése ellenére számos fizikai korlátozással kell szembenéznie, amelyek befolyásolják használhatóságát, valamint mechanikai és elektronikus összetevőit. Ezek a korlátok befolyásolhatják a VR élmény minőségét, a felhasználó kényelmét és az alkalmazási területek bővítésének lehetőségét. Ez a szakasz a VR néhány kiemelkedő fizikai korlátait vázolja fel.

## **Kiberbetegség**

A virtuális és a valós mozgás közötti eltérések egyes felhasználóknál mozgásbetegséget okozhatnak, ami hányingert, szédülést és egyensúlyvesztést okozhat. Ez a jelenség azért következik be, mert az agy ellentmondásos jeleket kap a vizuális rendszertől. A vizuális rendszer a virtuális mozgást érzékeli, míg a vestibuláris rendszer, amely a fizikai mozgást érzékelné, nem kap megerősítést (Porcino et al., 2017). Ez az érzékszervi eltérés a mozgásbetegséghez hasonló dezorientációhoz vezethet és a VR kontextusában tapasztalható.

A kiberbetegség okai sokrétűek, a kiváltó okok között szerepel a VR minőségi tényezői, mint a képernyő felbontása, a képfrissítési gyakoriság és sebessége, a felhasználó virtuális térbeli mozgása, valamint az egyéni hajlam a mozgásbetegségekre. A gyors virtuális mozgások vagy az intenzív navigáció a VR térben, fizikai mozgás hiányában, fokozhatják a dezorientáció és a kellemetlenség érzetét (Kim et al., 2021). A VR rendszerek tervezése és a felhasználói élmény javítása érdekében folytatott kutatás és fejlesztés rendkívül fontos szerepet játszik a kiberbetegség kezelésében és a VR, mint transzformatív technológia teljes potenciáljának kiaknázásában (Bozgeyikli et al., 2021).

## **Kényelmetlenség és fáradtság**

A VR technológia mechanikai korlátai, különösen a fejre szerelt kijelzőkkel (HMD) összefüggésben, jelentősen befolyásolhatják a felhasználói kényelmet és az általános élményt. A felhasználók által tapasztalt kényelmetlenség és fáradtság gyakran a HMD-k tervezésének és fizikai tulajdonságainak tudható be, beleértve az eszközök súlyát és a fej, illetve az arc körül tapasztalható nyomást (Smith & Dombrowski,

2021). Ezek a tényezők korlátozhatják a VR tartalmakkal való interakció időtartamát és csökkenthetik az élmény mélységét, amelyek különösen fontos tényezők az oktatás, képzés és a szórakoztatás célú alkalmazásoknál (Lee et al., 2017).

Az ilyen típusú kényelmetlenség kezelése érdekében többirányú megközelítésre van szükség, amely magában foglalja a VR hardverek tervezési és gyártási folyamatának optimalizálását. Az eszközök súlyának csökkentése, például könnyű anyagok felhasználásával és a belső elektronika kompaktabbá tételével (Johnson & Thompson, 2022). Az állíthatóság, személyre szabhatóság és a jobb illeszkedés javítása szintén hozzájárul a felhasználói kényelem növeléséhez és a nyomáspontok csökkentéséhez, továbbá a megfelelő ergonómiai tervezési elvek, amelyek egyenletesen osztják el a súlyt a fej és az arc különböző részein, hozzájárulhatnak a terhelés enyhítéséhez (Fernandez & Malik, 2021).

A vezeték nélküli technológiák integrálása a HMD-kbe további mozgásszabadságot biztosít, miközben csökkenti a vezetékek okozta kellemetlenségeket és a fizikai korlátok közötti navigálással járó fáradtság esélyét. A technológiai innováció, például a rugalmas kijelzők és az adaptív anyagok fejlesztése, amelyek jobban alkalmazkodnak a felhasználó fejformájához, újszerű megoldásokat kínálhat a HMD-k ergonómiájának javítására (Patel & Singh, 2022). A felhasználói kényelem és az ergonómiai tervezés előtérbe helyezésével a fejlesztők biztosíthatják, hogy a VR a széles közönség számára továbbra is vonzó és elérhető technológia maradjon.

## **Felbontás és látómező**

A VR eszközökben rejlő képernyő felbontás és látómező (Field of View, FoV) mértéke kritikus szempontok, amelyek jelentős hatással vannak a felhasználói élmény realizmusára és minőségére. A magas felbontás biztosítja a virtuális jelenetek tisztaságát és részletgazdagságát, míg egy széles látómező elősegíti a felhasználó elmerülését, lehetővé téve számukra, hogy a virtuális világot tágabbnak és valóban átéltnek érezzék. Amennyiben ezek a tényezők nem megfelelőek, a felhasználók kevésbé meggyőző virtuális élményben részesülhetnek, ami potenciálisan csökkenti a virtuális világ és a felhasználó közötti interaktivitást. Ezenkívül a valóságosság hiánya negatívan befolyásolhatja a VR alkalmazások hatékonyságát, legyen szó szórakoztatásról, oktatásról vagy szakmai képzésről, mert a felhasználó és a virtuális környezet közötti kapcsolat megszakadásához vezethet. (Huang & Liao, 2021).

A fejre szerelt kijelzők (HMD) geometriai kalibrációjának fejlesztése lehetőséget nyújt ezeknek a korlátoknak a kezelésére. A kalibráció finomhangolása javíthatja a távolságérzékelést a virtuális térben, növelve ezzel az általános felhasználói élményt. Az ilyen fejlesztések révén a virtuális objektumok és

területek realiztikusabbnak tűnhetnek, javítva a mélység- és térérzékelést (Tan & Zhao, 2022). Ahogy a technológia tovább fejlődik, a kijelző felbontásának és a FoV-nek a fejlődése kulcsfontosságú szerepet fog játszani a jelenlegi elektronikus korlátok leküzdésében, a virtuális valóságban lévő határok kitolásában és a különböző területeken való alkalmazásának kiterjesztésében (Kellner et al., 2012).

## **Vezeték nélküli adatátvitel**

Abban az esetben, ha nem vezetékes berendezést használunk, a vezeték nélküli technológia korlátai, például az alacsony adatátviteli sebesség és késleltetés döntő szerepet játszanak a VR élmény minőségének alakításában. Ezek a korlátozások akadályozhatják a valós idejű felhasználói interakciók és a virtuális környezet zökkenőmentes integrációját, ami a valóban magával ragadó VR élmény elérésének egyik alapja. Az alacsony adatátviteli sebesség késedelmet okozhat a grafika megjelenítésében és a felhasználói bemenetek feldolgozásában, míg a nagy késleltetés megzavarhatja a felhasználó fizikai mozgása és a virtuális válasz közötti szinkronizációt. A közvetlenség és a reakciókészség hiánya jelentősen csökkentheti a felhasználó virtuális világban való jelenlétének érzését (Jia et al., 2024).

A vezeték nélküli adatátvitel korlátainak leküzdése többrétű kihívás. Ez nemcsak a hardverek fejlesztését jelenti, mint például a hatékonyabb vezeték nélküli kommunikációs protokollok kifejlesztése és a nagyobb sávszélességű képességek integrálása, hanem a szoftveres algoritmusok innovációját is, amelyek jobban előre jelzik és kompenzálják az adatátvitel esetleges késedelmeit. A vezeték nélküli korlátozások VR-re gyakorolt hatásának mérséklésére irányuló erőfeszítések közé tartozik a VR-tartalom optimalizálása is, hogy a minőség romlása nélkül kevesebb sávszélességet igényeljen. Az olyan technikák, mint az adattömörítés, a hatékony kódolási sémák és az adatsomagok intelligens prioritizálása segíthetnek abban, hogy a kritikus információk minimális késedelemmel kerüljenek továbbításra. Emellett a helyi feldolgozás és az edge computing használata csökkentheti a távoli szerverekre történő támaszkodást, ezáltal csökkentve a késleltetés lehetőségét. (Dass, 2024).

Az ezen a területen folyó kutatás és fejlesztés létfontosságú, amint arra Sra és Schmandt MetaSpace II-vel kapcsolatos munkája is rávilágít, amely a VR-ben történő interakció és navigáció érdekében a tárgyak és a teljes test követését vizsgálja (Sra et al., 2015). A vezeték nélküli adatátvitel korlátainak kezelésével a jövőbeli VR rendszerek simább és érzékenyebb élményt nyújthatnak a felhasználóknak, amelyek közelebb állnak a valós interakciókhoz, tovább elmosva a fizikai és a virtuális valóság közötti határokat.

## Korlátozott fizikai interakció

A VR technológia másik nagy kihívása az átfogó fizikai interakció, különösen a haptikus visszajelzésen keresztül történő interakciók korlátozottsága. A visszajelzés ezen formája az érintésérzet szimulálásához elengedhetetlen, lehetővé téve a felhasználók számára, hogy a virtuális tárgyakkal olyan módon lépjenek interakcióba, mintha azok a fizikai világ részei lennének. A részletes haptikus visszajelzés nyújtásának jelenlegi korlátai jelentősen befolyásolják a felhasználó képességét a virtuális környezetbe való teljes körű bekapcsolódásra, ezáltal csökkentve az elmélyülés általános mélységét. A virtuális elemekkel való interakciókat megerősítő tapintható válasz nélkül a virtuális és a valóságos közötti határvonal továbbra is érezhető marad, ami megakadályozza, hogy a felhasználók teljes mértékben jelen legyenek a virtuális térben, különösen a kézkövetési funkciók használata esetén (Terenti, Pamparău, & Vatavu, 2024).

A haptikus visszajelzés korlátainak kezelése innovatív megközelítéseket igényel a fizikai érintés és a textúra olyan módon történő szimulálásához, amely meggyőzően reprodukálja a valós interakciókat. Az ezen a területen elért fejlesztések, mint például Zenner és Krüger munkája a "Shifty: A Weight-Shifting Dynamic Passive Haptic Proxy to Enhance Object Perception in Virtual Reality," jelentős előrelépést jelenthetnek ezen kihívások leküzdése felé (Zenner & Krüger, 2017). Kutatásuk olyan dinamikus passzív haptikus proxyk használatát vizsgálja, amelyek a virtuális interakciók hatására képesek a súlyukat eltolni, így a felhasználóknak egy kézzelfoghatóbb kapcsolatot kínálnak a virtuális tárgyakkal anélkül, hogy bonyolult és költséges aktív haptikus eszközökre lenne szükségük.

A haptikus technológia jövőbeli fejlesztései olyan kifinomultabb rendszerek létrehozására irányulnak, amelyek a tapintási érzetek széles skáláját képesek reprodukálni, a felületek textúrájától kezdve az objektumok ellenállásáig. Ezek a technológiák magukban foglalhatják a viselhető tapintású ruhákat, az erő-visszacsatolási mechanizmusokkal felszerelt kesztyűket és a lokalizált rezgés-visszacsatolási eszközöket, amelyek mind a virtuális élmények realizmusát hivatottak fokozni. A fejlett haptikus visszajelző mechanizmusok integrálásával a VR túlléphet jelenlegi korlátain, és a felhasználók számára nemcsak vizuálisan magával ragadó élményeket, hanem fizikailag interaktív környezeteket is kínálhat, ahol valóban érezhetik az őket körülvevő virtuális világot.

A továbbfejlesztett haptikus visszajelző mechanizmusok integrálása kulcsfontosságú szerepet fog játszani a virtuális és a fizikai valóság közötti szakadék áthidalásában, megnyitva az utat a még magával ragadóbb és interaktívabb virtuális élmények előtt. Az ezen a területen folyó kutatás és fejlesztés integrálása áttörést jelenthet a VR élményekben, elősegítve a fizikai és virtuális valóság közötti szakadék áthidalását.

## Szoftver korlátai

A VR technológia gyors fejlődése ellenére számos olyan szoftveres korlátozással szembesül, amelyek jelentős kihívást jelentenek a technológia fejlesztése és alkalmazása során. Ezek a korlátok befolyásolhatják a VR-alkalmazások elérhetőségét, teljesítményét és felhasználói élményét. Ez a szakasz ismerteti a fejlesztést és a használatot egyaránt befolyásoló szoftveres korlátokat, beleértve a tartalomfejlesztés komplexitását, a kompatibilitási problémákat, a felhasználói interakcióra vonatkozó korlátozásokat és a valós idejű teljesítményre vonatkozó követelményeket.

## Tartalomfejlesztés összetettsége

A VR tartalmak létrehozása jelentős kihívást jelent a területen belül, amelyet jellemez, hogy sok időt, erőforrást és speciális készségeket igényel. A magával ragadó VR élmények fejlesztésének bonyolultsága abból fakad, hogy több területen is szükség van szakértelemre, a 3D modellezés, felhasználói interakciók tervezése és a virtuális környezetek optimalizálása terén is. Ezen komponensek mindegyike létfontosságú szerepet játszik a VR tartalom létrehozásában, amely nemcsak vizuálisan lenyűgöző, hanem interaktív és a felhasználó számára is vonzó.

A 3D modellezés képezi a VR tartalom gerincét, amely a felhasználók által felfedezendő tárgyak és környezetek részletes létrehozását és renderelését igényli. Ez a folyamat nem csak a szoftverek és a grafikai tervezés technikai ismereteit követeli meg, hanem a térbeli kompozíció és az esztétikai vonzerő kreatív megértését is. A felhasználói interakciótervezés pedig túlmutat a hagyományos interfésztervezésen és magában foglalja az intuitív vezérlők és mechanizmusok fejlesztését, amelyek lehetővé teszik a természetes navigációt és interakciót a virtuális világgal. Ez az aspektus az ember-számítógép interakció alapos ismeretét követeli meg, hogy a felhasználók hatékonyan tudjanak interakcióba lépni a virtuális környezettel. A virtuális környezetek optimalizálása pedig kritikus fontosságú annak biztosításához, hogy az alkalmazások zökkenőmentesen fussanak a különböző hardvereken. A fejlesztőknek egyensúlyt kell teremteniük a kiváló minőségű grafika és az összetett interakciók, valamint a VR-rendszerek technikai korlátai, például a feldolgozási teljesítmény és a memória korlátjai között.

A tartalomfejlesztés összetettségének kezelésére irányuló jelenlegi kutatások, mint például Zhu (2024) munkája, az AI-generált tartalom VR osztálytermekben való alkalmazását és annak előnyeit vizsgálja. Ezek a fejlesztések jelentős előrelépést jelenthetnek a tartalomfejlesztési folyamat egyszerűsítésében, csökkentve a 3D tartalom létrehozásának nehézségeit és időigényét. A Dörner, Broll és Grimm munkájában tárgyalt, a VR tartalomfejlesztés alapvető módszereire és kihívásaira vonatkozó átfogó betekintés kiemeli a magával

ragadó és hatékony VR élmények létrehozásának sokrétűségét (Doerner et al., 2022). Ahogy a terület tovább fejlődik, a folyamatokat ésszerűsítő és a belépési korlátokat csökkentő eszközök és technikák kifejlesztése kulcsfontosságú lesz a VR technológia hatókörének és hatásának kiterjesztése szempontjából.

## **Kompatibilitási problémák**

A VR alkalmazások fejlesztése kihívásokkal néz szembe a hardverplatformok sokfélesége miatt, beleértve a különböző fejre szerelt kijelzőket és beviteli eszközöket. A legtöbb hardverplatform gyakran egyedi optimalizálást igényel, hogy alkalmazkodjon a sajátos specifikációihoz, például a képernyő felbontásához, a látómezőhöz és a feldolgozási képességekhez. Ez az eszközre szabott fejlesztés szükségessége kompatibilitási problémákhoz vezethet, amikor az egyik eszközre optimalizált alkalmazás nem feltétlenül működik megfelelően egy másik eszközön, ami potenciálisan rontja a felhasználói élményt. Ezeknek a problémáknak az enyhítése érdekében a fejlesztőknek a VR alkalmazásaik több változatát szükséges lehet elkészíteniük, amelyek mindegyike különböző eszközökre van optimalizálva. Ez a folyamat növeli a VR tartalomfejlesztés összetettségét és költségeit.

Az iparági szintű szabványok és a platformok közötti eszközök a kompatibilitási nehézségek enyhítésére szolgáló megoldások, amelyek célja a fejlesztési folyamat egyszerűsítése és a különböző eszközökön egységesebb VR élmény biztosítása. Ezen erőfeszítések ellenére az egyetemes kompatibilitás elérése továbbra is összetett feladat, ami kiemeli a VR iparágon belüli folyamatos együttműködés szükségességét (Alhakamy, 2024).

## **VR fejlesztési környezetek dinamikus fejlődése**

A VR fejlesztési környezetek gyors és jelentős fejlődése a hardver- és szoftverinnovációk, valamint a folyamatosan növekvő felhasználói igények eredménye. Ez a dinamikus változás kettős kihívást jelent a fejlesztők számára, egyrészt lehetőséget kínál az új technológiák alkalmazására és a VR élmények határainak kitolására, másrészt pedig megköveteli a folyamatos tanulást és alkalmazkodást az új fejlesztési eszközökhöz és platformokhoz (Fernández-Caramés & Fraga-Lamas, 2024). A fejlesztők számára ez egyszerre jelent izgalmas lehetőséget és hatalmas kihívást. Ez magában foglalhatja a nagyobb teljesítményű motorokra való áttérést, amelyek képesek a bonyolultabb virtuális környezetek megjelenítésére, a VR fejlesztéshez jobban illeszkedő új programozási nyelvek bevezetését vagy a felhasználói élményt és élményt fokozó új interakciós technikák integrálását.



A fejlesztők gyakran a technológia élvonalában találják magukat és nem megfelelően tesztelt szoftverekkel vagy hardverekkel kísérleteznek, hogy olyan élményeket hozzanak létre, amelyek néhány évvel korábban még elképzelhetetlenek voltak. Ez a környezet elősegíti az innovációt, de egyben azt is megköveteli, hogy hajlandóak legyünk megfelelni a feltörekvő technológiákkal való munkában rejlő bizonytalanságokkal és kihívásokkal. A VR fejlesztési gyakorlatok szabványosítására és a különböző VR-rendszerek közötti átjárhatóság elősegítésére irányuló kezdeményezések kulcsfontosságúak a fejlesztési folyamat egyszerűsítése és a VR-technológia szélesebb körű elterjedésének biztosítása szempontjából (Cardoso, Júnior, de Lima, & Aquino, 2024).

## **Valós idejű teljesítménykövetelmények**

Ahhoz, hogy a VR-alkalmazások elérjék azt a célt, hogy a felhasználókat egy hihető alternatív valóságba merítsék, képesnek kell lenniük arra, hogy észrevehető késedelem nélkül reagáljanak a felhasználói bemenetekre és interakciókra. Ez az azonnali visszajelzésre vonatkozó követelmény jelentős követelményeket támaszt mind a VR alkalmazásokat futtató szoftverrel, mind a hardverrel szemben. A zökkenőmentes VR élmény lényege abban rejlik, hogy képes tükrözni a valós világ közvetlenségét, ahol a cselekvések és reakciók valós időben történnek. A feldolgozás vagy a megjelenítés késedelmei nem csak megzavarják a magával ragadó élményt, de hozzájárulhatnak a mozgásbetegséghez is, amit a korábban említettek szerint a felhasználók által a VR környezetben látottak és a testük által a fizikai világban érzékelt mozgás közötti eltérés csak súlyosbít. Ezért ezen problémák enyhítése érdekében a VR rendszereket nagy teljesítményű hardverrel kell felszerelni, amely képes az összetett háromdimenziós környezetek nagy képkockasebességgel történő megjelenítésére.

Hasonlóképpen, a VR szoftvereket is a hatékonyságra kell optimalizálni, minimalizálva a felhasználói műveletek és a képernyőn megjelenő válaszok közötti időt. A valós idejű teljesítmény elérése egy sokrétű kihívás, amely magában foglalja a grafikus feldolgozást, az adatátvitelt és a késleltetés csökkentését terén elért eredményeket. A fejlesztők és kutatók folyamatosan innovatív megoldásokat keresnek ezekre a kihívásokra, például nagyobb teljesítményű feldolgozóegységeket, optimalizált renderelési technikákat és a felhasználó mozgását előre jelző algoritmusokat a jelenetek előzetes rendereléséhez.

## **A virtuális valóság elterjedése az iparágakban**

A VR technológia számos iparágat alakít át azáltal, hogy olyan magával ragadó élményeket kínál, amelyek áthidalják a virtuális szimulációk és a valós világ forgatókönyvei közötti szakadékot. A mentális

egészségügyben a VR hatékony eszközként szolgálhat a terapeuták számára olyan állapotok kezelésében, mint a fóbiák, a szorongásos zavarok és a PTSD, a kontrollált expozíciós terápia segítségével (Gonçalves et al., 2012). A sportágazat számára előnyös, hogy a VR képes szimulálni a speciális edzési terveket, így a sportolók teljesítménye a sérülés veszélye nélkül javulhat (Sawan et al., 2020).

A kiskereskedelmi ágazat átalakulásának tanúja a VR vásárlási élmények, amelyek lehetővé teszik a vásárlók számára, hogy ruhákat próbáljanak fel és termékeket fedezzenek fel virtuálisan, növelve az online vásárlás kényelmét és élvezetét (Xi & Hamari, 2019). A rendezvényszervezők és az ingatlanügynökségek számára a VR lehetővé teszi a virtuális túrákat, amelyek vizualizálják a tereket és ingatlanokat, mielőtt azok fizikailag megvalósulnának, ezáltal egyszerűsítheti a döntéshozatali folyamatokat (Jamei et al., 2017). Az autóipar a virtuális valóságot mind a tervezés, mind az ügyfelek bevonása során kihasználhatja, virtuális teszttvetéseket és biztonsági szimulációkat kínálva (Lawson et al., 2015). A szórakoztatóiparban és a médiakészítésben a VR bevezeti a magával ragadó történetmesélést, lehetővé téve a nézők számára, hogy aktívan felfedezzék a virtuális világokat és interakcióba is lépjenek velük (Miller, C. H., 2019)

A távmunka terjedése ösztönözte a VR-alapú kollaboratív munkaterek fejlesztését, amelyek valósághű környezetet teremtenek a megbeszélésekhez és a csapatmunkához (Babapour et al., 2021) A környezetvédelmi és várostervezési szakemberek a VR-t a projektek hatásainak vizualizálására és értékelésére használják, javítva az érdekelt felek bevonását és a döntéshozatalt (Stauskis, 2014). Az oktatás számára előnyös, hogy a VR virtuális kirándulásokat tesz lehetővé a diákok számára, így a földrajzi korlátokon túllépve a tanulás elérhetőbbé és vonzóbbá válik (Borst, Lipari, & Woodworth, 2018). Továbbá a VR alkalmazása a mérnöki tervezésben, az egészségügyi képzésben, a gyártásban és a katonai kiképzésben példázza a tanulás, a tervezés és a működési hatékonyság fokozásában betöltött szerepét. Az összetett eljárások és forгатókönyvek szimulálásával lehetővé teszi a gyakorlati tapasztalatszerzést kockázatmentes környezetben, ezáltal javíthatja a készségeket és garantálja a biztonságot.

A VR technológia a különböző alkalmazásokban olyan transzformatív eszközként tűnik ki, amely nemcsak a jelenlegi gyakorlatokat javíthatja, hanem új lehetőségeket is nyit az innováció és a különböző ágazatokban való részvétel előtt. A technológia folyamatos fejlődésével egyre nyilvánvalóbbá válik az a potenciál, hogy forradalmasíthatja a tanulást, a munkát, a tervezést és az interakciót mind a virtuális, mind a fizikai térben és olyan jövőt ígér, amelyben a VR-alkalmazások tovább bővítik és gazdagítják élményeinket.

## Záró gondolatok

A virtuális valóság technológia gyors fejlődése és sokoldalú alkalmazása a különböző ipari ágazatokban új dimenziókat nyitott meg a képzés, a tervezés, a gyártás, az egészségügy és sok más területen. A VR képessége, hogy magával ragadó, interaktív környezeteket hoz létre, lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy valósághű tapasztalatokat szerezzenek anélkül, hogy fizikailag jelen lennének egy adott helyzetben vagy helyszínen. Ez különösen fontos az oktatás és a képzés területén, ahol lehetővé teszi az összetett műveletek biztonságos és ellenőrzött környezetben történő gyakorlását, ezáltal növelve a tanulási folyamat hatékonyságát és csökkentve a hibakockázatot költséghatékony módon.

Az elkövetkező években a VR technológia várhatóan tovább fog fejlődni és olyan új eszközök és szoftvermegoldások fognak megjelenni, amelyek még jobban kiaknázzák a technológiában rejlő lehetőségeket. A VR alkalmazások bővülése, a technológiai korlátok leküzdését célzó folyamatos kutatás és fejlesztés révén még szélesebb körben válik az ipari és társadalmi alkalmazások szerves részévé, elősegítve a hatékonyság növelését, az innovációt és az emberi tapasztalatok gazdagítását.

Ezeket a fejleményeket figyelembe véve a virtuális valóság nem csupán egy átmeneti trend, hanem egy mélyreható és tartós eszköz, amely a munka és az élet jövőbeli módjait alakíthatja. Az iparágaknak és a kutatóknak egyaránt be kell fektetniük a VR technológia további kutatásába és fejlesztésébe, hogy maximalizálják annak előnyeit és lehetőségeit a társadalom számára, mivel a teljes potenciálját még bőven nem érte el.

### Források

- [1] Ahmad, I., Sharma, S., Singh, R., Gehlot, A., Gupta, L. R., Thakur, A. K., ... & Twala, B. (2024). Inclusive learning using industry 4.0 technologies: addressing student diversity in modern education. *Cogent Education*, 11(1), 2330235.
- [2] Slater, M., & Sanchez-Vives, M.V. (2016). Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74.
- [3] Lanier, J. (2017). *Dawn of the new everything: Encounters with reality and virtual reality*. Henry Holt and Company.
- [4] Aydi, Y., & Elleuch, M. (2024). A Design of Virtual Reality Based Game for Dual Enhancement of City Monuments and Brand Image. *International Journal of Serious Games*. <https://journal.seriousgamesociety.org/index.php/IJSG/article/view/652>
- [5] Gleasure, R., & Feller, J. (2016). A rift in the ground: Theorizing the evolution of anchor values in crowdfunding communities through the Oculus Rift case study. *Journal of the Association for Information Systems*, 17(10), 1.

- [6] Arif, Y.M., Ayunda, N., & Diah, N.M. (2024). A Systematic Review of Serious Games for Health Education: Technology, Challenges, and Future Directions. *Transformative Approaches to Patient Literacy and Healthcare Practice*. <https://www.igi-global.com/chapter/a-systematic-review-of-serious-games-for-health-education/342818>
- [7] Ramos, M. (2024). Emerging Technologies in Radiotherapy: Advances in Health Literacy and Healthcare Practice. *Transformative Approaches to Patient Literacy and Healthcare Practice*. <https://www.igi-global.com/chapter/emerging-technologies-in-radiotherapy/342821>
- [8] Porcino, T. M., Clua, E., Trevisan, D., Vasconcelos, C. N., & Valente, L. (2017, April). Minimizing cyber sickness in head mounted display systems: design guidelines and applications. In *2017 IEEE 5th international conference on serious games and applications for health (SeGAH)* (pp. 1-6). IEEE.
- [9] Kim, H., Park, J., & Choi, Y. (2021). Effects of screen resolution and refresh rate on cybersickness in virtual reality. *Computers in Human Behavior*, 121, 106790.
- [10] Bozgeyikli, L., Rajj, A., Katkooori, S., & Dubey, R. (2021). Guidelines for minimizing cybersickness in virtual reality applications. *Human-Computer Interaction*, 36(3), 292-328.
- [11] Smith, J. A., & Dombrowski, L. (2021). Enhancing user comfort in virtual reality through innovative HMD design. *Journal of Virtual Worlds Research*, 14(1), 1-15.
- [12] Lee, J., Kim, M., & Kim, J. (2017). A study on immersion and VR sickness in walking interaction for immersive virtual reality applications. *Symmetry*, 9(5), 78.
- [13] Johnson, L. R., & Thompson, D. (2022). Advances in lightweight materials for improved VR headsets. *Wearable Technologies*, 6(2), 22-29.
- [14] Fernandez, C., & Malik, H. (2021). Ergonomic considerations in the design of virtual reality head-mounted displays. *Ergonomics in Design*, 29(4), 4-10.
- [15] Patel, S., & Singh, R. (2022). Wireless technologies in virtual reality: Addressing user freedom and comfort. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 27(3), 205-220.
- [16] Huang, Y., & Liao, H. (2021). Enhancing the resolution and field of view in virtual reality: Towards improving user experience. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 78, 102931.
- [17] Tan, G., & Zhao, S. (2022). Geometrical calibration of head-mounted displays for enhanced virtual reality experiences. *Virtual Reality*, 26(2), 255-266.
- [18] Kellner, F., Bolte, B., Bruder, G., Rautenberg, U., Steinicke, F., Lappe, M., & Koch, R. (2012). Geometric calibration of head-mounted displays and its effects on distance estimation. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 18(4), 589-596.
- [19] Jia, J., Yang, L., Chen, J., Ma, L., & Wang, X. (2024). Online delay optimization for MEC and RIS-assisted wireless VR networks. *Wireless Networks*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11276-024-03706-4>

- [20] Dass, D. (2024). Next generation hybrid optical & wireless systems for converged access networking. <https://doras.dcu.ie/29276/>
- [21] Sra, M., & Schmandt, C. (2015). Metaspace ii: Object and full-body tracking for inter-action and navigation in social vr. arXiv preprint arXiv:1512.02922.
- [22] Terenti, M., Pamparău, C., & Vatavu, R. D. (2024). The user experience of distal arm-level vibrotactile feedback for interactions with virtual versus physical displays. *Virtual Reality*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10055-024-00977-2>
- [23] Zenner, A., & Krüger, A. (2017). Shifty: A weight-shifting dynamic passive haptic proxy to enhance object perception in virtual reality. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 23(4), 1285-1294.
- [24] Zhu, Y., Huang, Y., Lu, P., Shi, W., Qiao, X., & Su, X. (2024). How Will Ai-Generative Content Empower Virtual Reality Classrooms? Implementations and Investigations. *SSRN Electronic Journal*. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=4768788](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4768788)
- [25] Doerner, R., Broll, W., Grimm, P., & Jung, B. (Eds.). (2022). *Virtual and augmented re-ality (VR/AR): Foundations and methods of extended realities (XR)*. Springer Nature.
- [26] Alhakamy, A. (2024). Extended Reality (XR) Toward Building Immersive Solutions: The Key to Unlocking Industry 4.0. *ACM Computing Surveys*. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3652595>
- [27] Fernández-Caramés, T. M., & Fraga-Lamas, P. (2024). Forging the Industrial Metaverse-Where Industry 5.0, Augmented and Mixed Reality, IIoT, Opportunistic Edge Computing and Digital Twins Meet. arXiv preprint arXiv:2403.11312. [Link](#)
- [28] Cardoso, A., Júnior, E. A. L., de Lima, D. A. C., & Aquino, R. (2024). A Dynamic Language System for Authoring Procedural Scenarios in Virtual Reality Environment Applications. In *Technology and Systems for Digital Transformation* (pp. 151-164). [Link](#)
- [29] Gonçalves, R., Pedrozo, A. L., Coutinho, E. S. F., Figueira, I., & Ventura, P. (2012). Efficacy of virtual reality exposure therapy in the treatment of PTSD: a systematic review. *PloS one*, 7(12), e48469.
- [30] Sawan, N., Eltweri, A., De Lucia, C., Pio Leonardo Cavaliere, L., Faccia, A., & Roxana Moşteanu, N. (2020, December). Mixed and augmented reality applications in the sport industry. In *Proceedings of the 2020 2nd International Conference on E-Business and E-commerce Engineering* (pp. 55-59).
- [31] Xi, N., & Hamari, J. (2019). VR shopping: A review of literature.
- [32] Jamei, E., Mortimer, M., Seyedmahmoudian, M., Horan, B., & Stojcevski, A. (2017). Investigating the role of virtual reality in planning for sustainable smart cities. *Sustainability*, 9(11), 2006.
- [33] Lawson, G., Salanitri, D., & Waterfield, B. (2015). Vr processes in the automotive industry. In *Human-Computer Interaction: Users and Contexts: 17th International Conference, HCI*

- International 2015, Los Angeles, CA, USA, August 2-7, 2015, Proceedings, Part III 17 (pp. 208-217). Springer International Publishing.
- [34] Miller, C. H. (2019). *Digital Storytelling 4e: A creator's guide to interactive entertainment*. CRC Press.
- [35] Babapour Chafi, M., Hultberg, A., & Bozic Yams, N. (2021). Post-pandemic office work: Perceived challenges and opportunities for a sustainable work environment. *Sustainability*, 14(1), 294.
- [36] Stauskis, G. (2014). Development of methods and practices of virtual reality as a tool for participatory urban planning: a case study of Vilnius City as an example for improving environmental, social and energy sustainability. *Energy, sustainability and society*, 4, 1-13.
- [37] Borst, C. W., Lipari, N. G., & Woodworth, J. W. (2018, March). Teacher-guided educational vr: Assessment of live and prerecorded teachers guiding virtual field trips. In 2018 IEEE conference on virtual reality and 3D user interfaces (VR) (pp. 467-474). IEEE.
- [38] Horváth, Ádám Béla: Értéklánc-modell az Ipar 4.0 korszakában. JELENKORI TÁRSADALMI ÉS GAZDASÁGI FOLYAMATOK 18 : 1-2 p. & (2023)