

# Virtuális Valóság Az Iparban: Technológiai Innováció és Gyakorlati Alkalmazások

**Frankl Dániel**

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

*Absztrakt: A virtuális valóság (VR) mint multidiszciplináris technológia, már jelentős változásokat hozott a fogyasztói piacokon és hasonló mértékben kezd átalakítani ipari alkalmazásokat is. Ez a tanulmány a VR technológia iparra gyakorolt hatásait elemezve mutatja be, hogyan formálja át a technológia a gyártást, a tervezést és a munkaerő képzését. A vizsgálat részletezi a VR főbb ipari alkalmazásait, kiemelve a prototípusgyártást, a műveleti folyamatok optimalizálását, valamint a komplex képzési szimulációkat. Az elemzés rávilágít a technológia gyors terjedésére az iparban, a vállalati elfogadottságra és a műveleti hatékonyságra gyakorolt pozitív hatásokra. Emellett a tanulmány bemutatja a legfrissebb piaci trendeket és a technológiai újításokat, valamint elemzi a VR technológia előtt álló kihívásokat és az iparban felmerülő lehetőségeket. Végül, a tanulmány összefoglalja a legfontosabb kutatási eredményeket, következtetéseket von le a VR ipari hatásairól és javaslatokat tesz a technológia további kutatására és fejlesztésére, hangsúlyozva a VR jövőbeni innovációs potenciálját és az ipari növekedési lehetőségeket.*

*Kulcsszavak: virtuális valóság, gyártási innovációk, technológiai kihívások, piaci trendek, ipari felhasználás, immerzív technológia*

## 1 Bevezetés

A virtuális valóság (VR) technológia, bár kezdetekben elsősorban az ipari alkalmazások felé orientálódott, mára széles körben terjedt el a szórakoztatóiparban is. Napjainkban az ipari szektorok újra felfedezik és egyre inkább kiaknázzák ezen technológia által nyújtott lehetőségeket. A VR széleskörűen hozzájárulhat az ipari munkafolyamatok hatékonyságának növeléséhez, újító megoldások bevezetéséhez, valamint a költségek csökkentéséhez is. Emellett a technológia képes lehet átformálni a munkaerő képzésének módjait, a gyártási stratégiákat és a terméktervezési folyamatokat is. Ezen alkalmazások nem csupán növelhetik a folyamatok hatékonyságát és csökkenthetik a hibák lehetőségét, de lehetővé teszik a költséghatékony

fejlesztéseket is, miközben jelentős mértékben csökkenthetik a fizikai prototípusokra és a helyszíni képzésekre fordított kiadásokat (Butt, 2020).

Az első VR szemüvegek inkább ipari felhasználásra készültek. A VR technológia kezdeti fejlesztéseit nagyban az ipari szimulációk és kiképzési célok vezérelték, különösen a repülési szimulátorok és a katonai alkalmazások terén. Az 1960-as években Ivan Sutherland és munkatársai által kifejlesztett első VR rendszerek, mint amilyen az "Ultimate Display", bonyolult technikai és tudományos felhasználási területeket céloztak meg, főként a grafikai és mérnöki tervezést (Steinicke & Steinicke, 2016). A szórakoztatóipari alkalmazások a VR fejlődésének későbbi szakaszában váltak dominánssá, különösen az 1990-es évek elején, amikor a VR játékok elkezdtek megjelenni a piacokon. Ezek a korai szórakoztatóipari alkalmazások azonban nem voltak túl sikeresek a korlátozott technológiai képességek és a magas költségek miatt (Chesher, 1994). A VR szórakoztatóipari felhasználása igazán csak az ezredforduló után kezdett elterjedni a technológia fejlődésével és az árak csökkenésével.

Az ipar kezdeti lépéseitől fogva fokozatosan vált a VR az innováció egyik mozgatórugójává. Eredetileg katonai és repülési szimulációkra használták, ahol a biztonságos és kontrollált környezetben történő képzés kiemelt fontosságú volt (Lele, 2013). Az elmúlt évek során azonban a VR alkalmazási köre rohamosan bővült és ma már olyan területeken is jelen van, mint az autógyártás, az építőipar vagy az egészségügy, ahol az alapvető tervezési és gyártási protokollok megújítását tűzte ki célul. A jövőbeli fejlesztések során egyre nagyobb hangsúlyt kap a felhasználói élmény javítása és a VR technológia integrálása a mindennapi munkafolyamatokba. Az intelligens gyártási rendszerek, az automatizált logisztika és a távoli műveletek támogatása mellett a VR lehetőséget biztosít arra is, hogy a munkavállalók számára biztonságosabb és interaktívabb környezetet teremtsen. Például a veszélyes körülmények között végzett munkák esetében a VR segítségével a munkavállalók előzetesen gyakorolhatják a feladatokat, így csökkentve a balesetek kockázatát (Delgado et al., 2020).

## 2 Technológiai Alapok

A virtuális valóság ipari alkalmazásának hatékonysága nagymértékben függ a használt hardver és szoftver technológiai fejlettségétől, valamint attól, hogy milyen felhasználói interfészeket kínálnak ezek a rendszerek. Az ipari VR megköveteli a magas teljesítményű eszközöket és a speciálisan az adott célra tervezett szoftvereket, amelyek képesek megfelelni a különböző iparágak sajátos igényeinek.

## 2.1 VR Hardver

Az iparban használt VR hardverek között kiemelkednek a nagy teljesítményű headsetek, amelyek képesek a precíz mozgáskövetésre, magas felbontású képalkotásra és a megbízható szenzoros érzékelésre. Ezek az eszközök kritikus jelentőségűek olyan alkalmazásokban, mint a gépészmérnöki tervezés, ahol a legapróbb részletek megjelenítése is kiemelt fontosságú. Ezek a headsetek gyakran integrálnak olyan technológiákat is, mint a sztereoszkópikus 3D megjelenítés, a térbeli hang, valamint az előrehaladott pozicionáló és mozgáskövető rendszerek, amelyek gyorsan feldolgozzák a bemeneti adatokat, így minimálisra csökkentve a késleltetést, ami elengedhetetlen a felhasználói élmény és a munkafolyamatok zavartalanúsága szempontjából (Freitas et al., 2022). Ezért ezeknek a fejlett VR headseteknek az ára is jelentősen magasabb, mint a fogyasztói piacon elérhető általános VR eszközöké, ami annak köszönhető, hogy ezek jóval erősebb hardverelemekkel és speciális funkciókkal is rendelkeznek, amelyek kifejezetten az ipari igényeket szolgálják.

A fogyasztói piacon azonban ezek a különleges funkciók és a hozzá tartozó magas teljesítmény általában túlzásnak számítanak a hétköznapi felhasználók számára. A legtöbb szórakoztatóipari és otthoni VR alkalmazás, beleértve a videojátékokat vagy a szociális interakciókhoz használt alkalmazásokat, nem igényelnek ilyen magas szintű technikai specifikációt. A standard fogyasztói VR headsetek, mint a Meta Quest 3 vagy a Valve Index, megfelelnek ezeknek az igényeknek, továbbá jelentős költségmegtakarítással is járhatnak, valamint ipari felhasználásra is alkalmasak (Coburn et al., 2017). A technológia iránt lelkes fogyasztók számára vonzó lehet egy ipari szintű VR headset beszerzése, gyakorlatilag nincs szükségük erre a magas szintű teljesítményre és a speciális funkciókra, amiket az ipari headsetek nyújtanak. Ezek a prémium eszközök jelentős túlkapásnak számíthatnak azok számára, akik csak játékokra vagy multimédiás tartalmak fogyasztására használnák őket, hiszen a speciális funkciókhoz tartozó ipari alkalmazások kimagasló része nem érhető el publikusan, így kihasználni se tudnák a készülék teljes potenciálját.

Az ipari VR headsetek fejlesztése kiemelt figyelmet fordít a speciális alkalmazásokra szabott eszközök készítésére, amelyek különféle iparágak igényeire szabva kínálnak megoldásokat. Ezek az eszközök gyakran egyedi építésűek, hogy megfeleljenek például a repülési szimulációk, orvosi képzések vagy a komplex mérnöki feladatok speciális követelményeinek (Coles et al., 2010). A Varjo XR-4 sorozat kifejezetten ipari és professzionális felhasználásra lett tervezve, magában foglalva olyan speciális funkciókat, mint a magas felbontású kijelzők, fejlett mozgáskövetés és speciális biztonsági funkciók, amelyek ideálissá teszik a komplex és nagy pontosságot igénylő ipari alkalmazásokhoz (Nouri et al., 2024). Ezenfelül, egyes iparágakhoz speciálisan kifejlesztett VR headsetek, mint amilyeneket a szabványos készülékek nem tudnak

kiszolgálni, úgy terveznek meg, hogy ellenálljanak az extrém környezeti feltételeknek és a rendkívül specifikus felhasználási eseteket is támogassanak. Ilyen esetekben az ipari headsetek kialakítását gyakran a felhasználói visszajelzések és a munkakörnyezet sajátosságai alapján szabják személyre (Wei et al., 2022).

## 2.2 VR Szoftver

A VR szoftverek az iparban különösen fontos szerepet töltenek be, hiszen ezeket kifejezetten az adott iparág specifikus igényeire szabják. Ilyen szoftverek lehetnek például a komplex mérnöki szimulációkra tervezett programok, amelyek segítségével a felhasználók virtuális környezetben tesztelhetik és finomíthatják terveiket. Ezek a szoftverek támogathatják a CAD (computer-aided design) adatok integrálását, lehetővé téve a tervezők számára, hogy valós időben dolgozzanak virtuális modellekkel, illetve azonnali visszajelzést kapjanak a módosításaikról (Lorenz et al., 2016). Az ipari VR szoftverek gyakran tartalmaznak különböző analitikai eszközöket is, amelyek segítenek a hatékonyság növelésében és a költségek csökkentésében.

Az ipari VR alkalmazásokhoz szükséges operációs rendszereknek különösen magas teljesítményűnek és megbízhatónak kell lenniük, hogy képesek legyenek kezelni a nagy mennyiségű grafikus és számítási adatot, amit a VR alkalmazások igényelnek. Ezek az operációs rendszerek optimalizálva vannak a gyors adatfeldolgozásra és a valós idejű válaszkészségre. Gyakran tartalmaznak speciális funkciókat is, mint a kiterjesztett valóság (AR) támogatás, gesztusfelismerés és magas szintű felhasználói interakció kezelésére képes interfész modulok. Ezért ezek szoftverek nem csak a tervezési folyamatokat támogatják, hanem szorosan integrálódnak a különböző ipari hardverekkel, mint például VR headsetek, érzékelők és egyéb bemeneti eszközök (Javaid et al., 2021). Ez az integráció lehetővé teszi, hogy a mérnökök és tervezők a virtuális környezetben természetes módon interakcióba lépjenek a modellekkel, ami hozzájárul a felhasználói élmény javításához és a műveletek hatékonyságának növeléséhez.

## 2.3 VR Interfészek

Az ipari VR alkalmazások sikeressége jelentős mértékben múlik azon, hogy milyen felhasználói interfész áll rendelkezésre. Az ipari környezetekben a felhasználói felületeknek intuitívnak kell lenniük, hogy a munkavállalók gyorsan és hatékonyan tudjanak velük dolgozni. Ez magában foglalja a testreszabható vezérlőpaneleket, a könnyen navigálható menürendszereket és az interaktív vizuális segédleteket, amelyek mind hozzájárulnak a munkafolyamatok simaságához és a kezelői hibák minimalizálásához (Banerjee et al., 2023). Az ipari

VR interfészek gyakran integrálnak gesztus-alapú vagy hangvezérlési funkciókat is, amelyek lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy természetes módon kommunikáljanak a rendszerrel, így növelve az ergonómiát és csökkentve a képzési időt (Brunetti et al., 2022). A hatékony interfész design kulcsfontosságú a VR technológia ipari integrációjában, mivel az átláthatóság és az egyszerűség elősegíti a technológia széleskörű elfogadását a felhasználók körében.

Az ipari VR alkalmazások technológiai alapjai így ötvözik a kifinomult hardveres megoldásokat a speciálisan fejlesztett szoftverekkel és felhasználóbarát interfészekkel, amelyek együttesen képesek lehetnek radikálisan átalakítani és javítani az ipari munkafolyamatokat. Ezek az eszközök és szoftverek teszik lehetővé a vállalatok számára, hogy új szintre emeljék termelékenységüket, miközben csökkentik a hibák számát és növelik az alkalmazottak biztonságát és elégedettségét. Az ilyen technológiai integráció elősegíti az ipari szektorok további digitalizációját és modernizációját, biztosítva a folyamatos innovációt és versenyképességet a globális piacon.

### **3 Ipari Alkalmazások**

A VR technológia az ipari szektorokban széles körben alkalmazott innovatív megoldások egyike. A tervezéstől a prototípusgyártáson át a gyártási folyamatokig és a távműködésig, a VR lehetőséget kínál arra, hogy forradalmasítsa az ipari gyakorlatokat. Az alábbiakban bemutatásra kerülnek a VR különböző ipari alkalmazási területei.

#### **3.1 Tervezés és Prototípusgyártás**

A VR kiemelkedő előnyöket kínál a mérnöki és design területeken, ahol a terméktervezési folyamatok kritikus elemei a gyorsaság, pontosság és költséghatékonyság. A VR segítségével a mérnökök és tervezők képesek virtuális prototípusokat létrehozni, amelyeket gyorsan tesztelhetnek és módosíthatnak anélkül, hogy fizikai modelleket kellene készíteniük. Ez jelentősen csökkenti a fejlesztési ciklusok időigényét és növeli a termékfejlesztési folyamatok hatékonyságát (Mokgatla, 2022).

Példaként az autópárhazban a VR lehetővé teszi a mérnökök számára, hogy virtuálisan tervezzenek és teszteljenek alkatrészeket, mint amilyen a Ford Motor Company esetében látható, ahol a járművek ergonómiai és biztonsági jellemzőit fejlesztik a fizikai prototípusok létrehozása előtt (Berg et al., 2017). Az űrparban a SpaceX használja a VR-t az űrhajók belsejének modellezésére, amely segít a

tervezőknek és az űrhajósoknak jobban megérteni a rendelkezésre álló teret és kipróbálni az űrhajó kezelési folyamatait (Piñal & Arguelles, 2024). Az építőiparban pedig a VR segítségével az építészek és tervezők bejárhatják a még meg nem épült épületek virtuális modelljeit, előre azonosítva a potenciális problémákat (Ghobadi & Sepasgozar, 2020).

Ezen alkalmazások nem csupán növelhetik a folyamatok hatékonyságát és csökkenthetik a hibák lehetőségét, de lehetővé tehetik a költséghatékony fejlesztéseket is, miközben jelentős mértékben csökkenthetik a fizikai prototípusokra és a helyszíni képzésekre fordított kiadásokat. A virtuális modellekkel végzett interaktív munka így nem csak időt és pénzt takarít meg, hanem javíthatja a végső termékek funkcionalitását és biztonságát is.

### **3.2 Gyártás és Karbantartás**

A VR alkalmazása a gyártás és karbantartás területén is jelentős előrelépést jelent, mert lehetőséget nyújt a munkavállalók számára, hogy mélyebb betekintést nyerjenek a gyártási folyamatokba és jobban megértsék a gépek működését. A VR-szimulációk révén a karbantartó személyzet képes virtuálisan bemutatni a gépek működését, ami kritikus jelentőségű a hibaelhárítás során, hiszen lehetővé teszi a hibák gyorsabb és hatékonyabb azonosítását és kijavítását. Ezen felül, a gyártósorokat is modellezni lehet, aminek köszönhetően a mérnökök tesztelhetik és finom hangolhatják a gyártási folyamatokat még azelőtt, hogy azok valódi termelésbe kerülnének (Hovanec et al., 2023). Ez lehetőséget ad arra, hogy az esetleges problémákat már a tényleges gyártás megkezdése előtt azonosítsák és orvosolják, így növelve a gyártási folyamatok hatékonyságát és csökkentve a leállások valószínűségét.

A Boeing repülőgépgyártó cég példája jól szemlélteti a VR technológia alkalmazását a gyártási és karbantartási folyamatok fejlesztésében. A cég mérnökei VR szimulációk segítségével tervezik és tesztelik a repülőgépek szerkezeti elemeit (Neretin et al., 2021). Ez a megközelítés lehetővé teszi a mérnökök számára, hogy virtuális környezetben összeállítsák a repülőgép komponenseit, így előzetesen ellenőrizhetik az alkatrészek illeszkedését és funkcionalitását, mielőtt azok ténylegesen gyártásba kerülnének.

A VR tehát nem csupán a gyártási folyamatok megértését segítheti, hanem aktívan hozzájárulhat a gyártási hatékonyság növeléséhez és a karbantartási költségek csökkentéséhez is. Ezek a technológiai előnyök kimagaslóak lehetnek a versenyképes ipari környezetben, ahol a gyorsaság, a költséghatékonyaság és a megbízhatóság döntő tényezők.

### 3.3 Képzés és Szimuláció

A képzési és szimulációs programok a VR egyik legdinamikusabban fejlődő területei. A képzési és szimulációs területeken kiemelkedő lehetőségek állnak rendelkezésre, különösen azokban az iparágakban, ahol a hagyományos gyakorlati oktatás magas költséggel vagy kockázattal jár. Az olajiparban például a VR alkalmazásával a munkavállalók balesetmentes környezetben sajátíthatják el a fűrótorony kezelésének alapjait, így csökkentve a valódi környezetben bekövetkező balesetek esélyét (Wan et al., 2020). Az építőiparban is hasznos eszköznek bizonyul, mert a dolgozók valóság-hű szimulációk révén gyakorolhatják a szükséges mozdulatokat és eljárásokat, növelve a munkafolyamatok biztonságát és hatékonyságát (Osti et al., 2021).

A légiiparban a VR lehetőséget ad a pilótáknak arra, hogy különféle repülési forgatókönyveket próbáljanak ki, beleértve a vészhelyzeteket is. Ez a gyakorlat segít felkészülniük a váratlan helyzetek kezelésére anélkül, hogy valós kockázatnak lennének kitéve (Jaakola, 2022) (Dalladaku et al., 2020). Az egészségügy területén pedig a sebészek virtuális operációk során csiszolhatják technikáikat, amely hozzájárulhat a műtéti beavatkozások sikerességének növeléséhez (Ntakakis et al., 2023).

Mindezen alkalmazások az iparágakban azért kiemelkedőek, mert a VR lehetővé teszi a gyakorlások hatékonyságának és biztonságának javítását, miközben jelentősen csökkenti a képzés költségeit. Az ilyen típusú technológiai innovációk révén több iparágban is növelhető a munkahelyi biztonság és a munkafolyamatok hatékonysága.

### 3.4 Távműködés és Távműködtetés

A VR egy másik izgalmas alkalmazási területe a távműködtetés, különösen az ipari robotok távoli irányítása. A VR lehetővé teszi a mérnökök számára, hogy valós időben irányítsanak és felügyeljenek ipari robotokat, mindezt anélkül, hogy fizikailag jelen lennének a gyártóüzemben vagy a munkaterületen (Galarza et al., 2023). Ez a technológia különösen hasznos lehet a veszélyes vagy nehezen hozzáférhető környezetekben végzett munkák során, ahol a robotok képesek helyettesíteni az emberi munkaerőt.

Példaként említhető az űrpar, ahol a NASA már alkalmazza a VR technológiát az űrrobotok irányítására. A robotokat a Nemzetközi Űrállomáson (ISS) és más űrmissziók során használják különböző feladatokra, mint például karbantartási munkák vagy tudományos kísérletek elvégzése (Memarsadeghi & Varshney, 2020). A mérnökök és tudósok a VR segítségével látják el a felügyeleti és irányítási feladatokat, ami lehetővé teszi számukra, hogy pontosabban és

hatékonyabban végezhesék munkájukat, miközben csökkentik a kockázatot és növelik a műveletek biztonságát.

Ez a technológia nem csak az űriparban, hanem más iparágakban is forradalmasíthatja a távműködést, ahol a precíz és biztonságos robotirányítás alapvető fontosságú. Ilyen területek például a mélytengeri kutatás vagy a magas sugárzással járó környezetek, ahol a robotok kritikus szerepet játszanak (Xia et al., 2023). Tehát a VR alkalmazása lehetővé teszi, hogy a mérnökök biztonságos távolságból irányíthassák a robotokat, így végrehajtva a szükséges karbantartási és javítási feladatokat anélkül, hogy közvetlen fizikai veszélynek tennék ki magukat.

## 4 Technológiai Hatások és Kihívások

A VR alkalmazásai az iparban rendkívül sokrétűek és jelentős mértékben hozzájárulhatnak az üzleti folyamatok hatékonyságának, biztonságának és költséghatékonyságának javításához. A tervezéstől a gyártáson át a képzésig és a távműködésig a VR lehetőséget biztosít az ipari szektorok számára, hogy maximalizálják erőforrásaikat, csökkentsék a hibázási arányt és javítsák a munkavállalói elégedettséget. A technológia további fejlődésével és elterjedésével várható, hogy az ipari VR alkalmazások még szélesebb körben válnak majd elérhetővé, új utakat nyitva további innovációknak és munkamódszerek előtt a globális iparban.

Azonban a VR technológia bevezetése az iparban jelentős kihívásokat is hozott magával. A technológia képes jelentősen javítani a termelékenységet, csökkenteni a hibák számát, ugyanakkor új biztonsági kérdéseket vet fel és a költségmegtérülési rátáját is mérlegelni kell. Például a technológiai meghibásodások, mint a szoftveres összeomlások vagy a hardveres hibák és kibertámadások komoly zavarokat okozhatnak a gyártási folyamatokban (Jbair et al., 2022). Emellett a virtuális környezetben történő hosszú távú munka esetén felmerülhetnek egészségügyi problémák is, mint a szemfáradtság vagy a mozgásbetegség, amelyek befolyásolhatják a munkavállalók teljesítményét és jólétét (Yang et al., 2023). A már említett technológiai meghibásodások és egészségügyi problémák mellett további biztonsági kérdések is felmerülnek, mint például az adatbiztonság és a felhasználói adatok védelme. A VR eszközök és rendszerek adatátviteli folyamatai potenciálisan sebezhetőek lehetnek, így kiemelten fontos a biztonságos hálózati infrastruktúra és az adatvédelmi protokollok megerősítése (Odeleye et al., 2023).

A VR környezetek túlzott mértékű használata pszichológiai kihívásokat is előidézhet, mint például a valóságtól való elidegenedés vagy a virtuális környezet



által okozott stressz (Widyanti & Hafizhah, 2022). A munkavállalók mentális egészségének megőrzése érdekében fontos a munkaidő és a VR használat időtartamának szabályozása, valamint a szükséges szünetek biztosítása.

A VR technológia bevezetésének költsége az iparban jelentős befektetést igényel, amely magában foglalja a hardver, a szoftver és a képzés költségeit. A vállalatoknak alaposan meg kell fontolniuk a technológia bevezetésének költségeit és az abból származó potenciális megtérülést. Bár a kezdeti költségek magasak lehetnek, a VR hosszú távon képes csökkenteni a gyártási és képzési költségeket, javítani a termelékenységet és növelni a termékminőséget, ami jelentős megtakarításokat eredményezhet a vállalat számára. A megtérülés mértékét azonban befolyásolhatják a vállalat specifikus igényei, az alkalmazott technológiák elavulási sebessége és a piaci változások dinamikája (Aithal, 2023).

A VR alapú ipari képzési rendszerek a képzési idő lerövidítésével, a hibák megelőzésével és a termékek minőségének javításával járulnak hozzá a vállalatok hatékonyságának növeléséhez. Ezek a rendszerek különösen hatékonyak lehetnek olyan helyzetekben, ahol a valós környezetben történő gyakorlat kivitelezése magas költségekkel vagy kockázatokkal járna. A VR rendszerek lehetőséget biztosítanak a felhasználók számára, hogy interaktív és merülő élmények révén sajátítsák el a szükséges készségeket, ami jelentős előrelépést jelent a hagyományos tanulási módszerekhez képest (Kalkan et al., 2021).

## 5 Jövőbeli Kilátások és Fejlesztési Irányok

A VR ipari alkalmazása az elmúlt években jelentős előrehaladást mutatott és a jövőben várhatóan további innovatív fejlesztések és kihívások jelennek meg ezen a területen. Ezek a trendek nem csupán az ipari szektort, hanem a fogyasztói piacot is befolyásolhatják. Várhatóan több új technológia fog megjelenni, amelyek radikálisan megváltoztathatják a gyártási folyamatokat, a tervezést és a munkaerő képzést. Az új generációs VR headsetek, amelyek még nagyobb felbontást és valósághűbb képalkotást kínálnak, lehetővé teszik a még részletesebb munkavégzést és tovább növelik a felhasználói élményt. A kiterjesztett valóság (AR) és a vegyes valóság (MR) technológiák integrációja a VR rendszerekbe új lehetőségeket nyit a hibrid alkalmazások területén, ahol a valós és virtuális komponensek kombinálása révén tovább növelhető a gyártási és tervezési folyamatok hatékonysága is (Yaqoob et al., 2023).

A mesterséges intelligencia (AI) és a gépi tanulás integrációja a VR alkalmazásokba lehetővé teszi az ipari folyamatok automatizálását és optimalizálását. Ezek a technológiák segíthetnek a tervezési minták

azonosításában, a hibák előrejelzésében és a karbantartási igények automatikus kiszámításában, amivel jelentős költségmegtakarítás is elérhető lehet. Azonban a technológia általános elfogadottságát gátló tényezők között szerepel a magas kezdeti költség, a szükséges infrastruktúra komplexitása és a felhasználók körében tapasztalható ellenállás az új technológiák alkalmazásával szemben (Rakhmonov et al., 2023). Ezen akadályok leküzdése érdekében szükség van folyamatos oktatásra és tudatosságra a VR potenciáljáról és előnyeiről.

A növekedési lehetőségek között szerepel a VR alkalmazásainak bővítése új iparágakban, mint például a mezőgazdaság vagy a vendéglátás, ahol a VR technológia segíthet az üzleti folyamatok újraértékelésében. Emellett a környezeti fenntarthatóság iránti növekvő igény is hajtóerőt adhat az ipari VR további elterjedéséhez, különösen azon technológiák kapcsán, amelyek csökkenthetik az energiafelhasználást és a környezeti lábnyomot.

A VR technológiák ipari fejlesztései, például az ember-gép interfészek és a felhasználói élmény javítására irányuló innovációk, közvetlen hatással lehetnek a fogyasztói elektronikai piacra is. Az iparban kidolgozott megoldások gyakran kerülnek át a fogyasztói piacon kínált termékekbe, aminek következtében a szélesebb közönség számára is elérhetővé válnak az új technológiai előnyök. Ezen felül az ipari alkalmazásokból származó tanulságok segíthetnek a fogyasztói VR termékek biztonságának és megbízhatóságának javításában is.

Az ipari VR fejlődése végül is hozzájárul a technológia általános érettségéhez és megbízhatóságához, ami a fogyasztói piacokon is pozitív változásokat generálhat. Ahogy az ipari szektorokban nő a VR technológiák alkalmazása, úgy lesz egyre több innováció és fejlesztés, amelyek átterjedhetnek a szélesebb fogyasztói piacokra is, így növelve a VR általános elfogadottságát és használatát.

### **Összefoglalás és Következtetések**

A VR technológia bevezetése az iparban számos előnnyel jár, de jelentős kezdeti befektetést igényel, beleértve a hardverek, szoftverek és képzések költségeit. Ezek a beruházások azonban hosszú távon megtérülhetnek, hiszen a VR képes lehet csökkenteni a gyártási hibákat, növelni a termelékenységet és javítani a termékminőséget. A hagyományos képzésekhez képest jelentős idő- és anyagköltséget takaríthatnak meg, valamint javíthatják a munkahelyi biztonságot, különösen azokban az iparágakban, ahol a valós körülmények közötti gyakorlat komoly kockázatokkal járna.

A VR technológia gyors fejlődése és a dinamikus piaci változások a technológia elavulásának ütemét és a fejlesztések szükségességét is befolyásolhatják, ezért az ipari szereplőknek folyamatosan figyelemmel kell kísérniük a fejlődést és alkalmazkodniuk kell az új trendekhez. A megfelelő stratégiai tervezés és a

technológia gazdaságilag hatékony alkalmazása is rendkívül fontos lehet a siker érdekében.

A további fejlesztések érdekében ajánlott a VR technológia folyamatos fejlesztése, az interdiszciplináris kutatások támogatása, a piaci és szabályozási környezet folyamatos figyelemmel kísérése, valamint biztonsági protokollok kidolgozása és standardizálása. Ezek a lépések segíthetnek a VR hatékonyabb integrációjában az iparban, növelve ezzel a munkavállalók biztonságát és elégedettségét, valamint hozzájárulva az ipari szereplők pénzügyi teljesítményének javításához.

Összességében a VR ipari alkalmazásai várhatóan továbbra is kulcsszerepet játszanak az innováció és a versenyképesség fokozásában a globális piacon. Az elkövetkező években várhatóan számos új fejlesztés és innováció jelenik meg, amelyek tovább bővítik a VR alkalmazási területeit és még szélesebb körben változtatják meg az ipari gyakorlatokat.

#### **Hivatkozások**

- [1] Butt, J. (2020). A Strategic Roadmap for the Manufacturing Industry to Implement Industry 4.0. *Designs*, 4 (2), 11.
- [2] Steinicke, F., & Steinicke, F. (2016). The science and fiction of the ultimate display. *Being Really Virtual: Immersive Natives and the Future of Virtual Reality*, pp. 19-32.
- [3] Chesher, C. (1994). Colonizing virtual reality: Construction of the discourse of virtual reality. *Cultronix*, 1(1), pp. 1-27.
- [4] Lele, A. (2013). Virtual reality and its military utility. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 4, pp. 17-26.
- [5] Delgado, J. M. D., Oyedele, L., Demian, P., & Beach, T. (2020). A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction. *Advanced Engineering Informatics*, 45, 101122.
- [6] de Freitas, F. V., Gomes, M. V. M., & Winkler, I. (2022). Benefits and challenges of virtual-reality-based industrial usability testing and design reviews: A patents landscape and literature review. *Applied Sciences*, 12(3), 1755.
- [7] Coburn, J. Q., Freeman, I., & Salmon, J. L. (2017). A review of the capabilities of current low-cost virtual reality technology and its potential to enhance the design process. *Journal of computing and Information Science in Engineering*, 17(3), 031013.
- [8] Coles, T. R., Meglan, D., & John, N. W. (2010). The role of haptics in medical training simulators: A survey of the state of the art. *IEEE Transactions on haptics*, 4(1), pp 51-66.

- [9] Nouri, N., Biener, V., & Grubert, J. (2024). Experiences with Off-The-Shelf Solutions for XR-supported Knowledge Work.
- [10] Wei, W., Qin, Z., Yan, B., & Wang, Q. (2022). Application Effect of Motion Capture Technology in Basketball Resistance Training and Shooting Hit Rate in Immersive Virtual Reality Environment. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022.
- [11] Lorenz, M., Spranger, M., Riedel, T., Pürzel, F., Wittstock, V., & Klimant, P. (2016). CAD to VR—a methodology for the automated conversion of kinematic CAD models to virtual reality. *Procedia Cirp*, 41, pp. 358-363.
- [12] Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2021). Significance of Quality 4.0 towards comprehensive enhancement in manufacturing sector. *Sensors International*, 2, 100109.
- [13] Brunetti, D., Gena, C., & Venero, F. (2022). Smart interactive technologies in the human-centric factory 5.0: a survey. *Applied Sciences*, 12(16), 7965.
- [14] Banerjee, S., Chowdhury, A., & Yein, N. (2023). User experience evaluation of a virtual reality Tool used for 3D modelling in Industrial Design Education: a study in the Indian context. *Designs*, 7(5), 105.
- [15] Mokgatla, O. R. (2022). Exploring the practical integration of 4IR technologies in industrial design education in South Africa.
- [16] Berg, L. P., & Vance, J. M. (2017). Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: a survey. *Virtual reality*, 21, pp. 1-17.
- [17] Piñal, O., & Arguelles, A. (2024). Mixed reality and digital twins for astronaut training. *Acta Astronautica*.
- [18] Ghobadi, M., & Sepasgozar, S. M. (2020). An investigation of virtual reality technology adoption in the construction industry (pp. 1-35). London, UK: IntechOpen.
- [19] Hovanec, M., Korba, P., Vencel, M., & Al-Rabeei, S. (2023). Simulating a Digital Factory and Improving Production Efficiency by Using Virtual Reality Technology. *Applied Sciences*, 13(8), 5118.
- [20] Neretin, E. S., Kolokolnikov, P. A., & Mitrofanov, S. Y. (2021). Prospect for the application of augmented and virtual reality technologies in the design, production, operation of aircraft and training of aviation personnel. In *Journal of Physics: Conference Series* 1958(1) p. 012030. IOP Publishing.
- [21] Wan, J., Zheng, Y., Li, Y., Mei, H., Lin, L., & Kuang, L. (2020). Oil depot safety inspection and emergency training system based on virtual reality technology. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 782(4), p. 042018). IOP Publishing.

- [22] Osti, F., de Amicis, R., Sanchez, C. A., Tilt, A. B., Prather, E., & Liverani, A. (2021). A VR training system for learning and skills development for construction workers. *Virtual Reality*, 25, pp. 523-538.
- [23] Jaakola, M. (2022). Current Virtual Reality Solutions and Possibilities for Training Within Aviation.
- [24] Dalladaku, Y., Kelley, J., Lacey, B., Mitchiner, J., Welsh, B., & Beigh, M. (2020). Assessing the effectiveness of virtual reality in the training of army aviators. In *Proceedings of the 2020 Annual General Donald R. Keith Memorial Capstone Conference*, New York, NY p. 40.
- [25] Ntakakis, G., Plomariti, C., Frantzidis, C., Antoniou, P. E., Bamidis, P. D., & Tsoulfas, G. (2023). Exploring the use of virtual reality in surgical education. *World journal of transplantation*, 13(2), 36.
- [26] Galarza, B. R., Ayala, P., Manzano, S., & Garcia, M. V. (2023). Virtual Reality Teleoperation System for Mobile Robot Manipulation. *Robotics*, 12(6), 163.
- [27] Memarsadeghi, N., & Varshney, A. (2020). Virtual and augmented reality applications in science and engineering. *Computing in Science & Engineering*, 22(3), pp. 4-6.
- [28] Xia, P., Xu, F., Song, Z., Li, S., & Du, J. (2023). Sensory augmentation for subsea robot teleoperation. *Computers in Industry*, 145, 103836.
- [29] Jbair, M., Ahmad, B., Maple, C., & Harrison, R. (2022). Threat modelling for industrial cyber physical systems in the era of smart manufacturing. *Computers in Industry*, 137, 103611.
- [30] Yang, Y., Sun, X., Zhang, Y., Zhang, H., Sun, X., Yang, C., ... & Zhang, S. (2023). Effects of social interaction on virtual reality cybersickness. *Displays*, 80, 102512.
- [31] Odeleye, B., Loukas, G., Heartfield, R., Sakellari, G., Panaousis, E., & Spyridonis, F. (2023). Virtually secure: A taxonomic assessment of cybersecurity challenges in virtual reality environments. *Computers & Security*, 124, 102951.
- [32] Widyanti, A., & Hafizhah, H. N. (2022). The influence of personality, sound, and content difficulty on virtual reality sickness. *Virtual Reality*, 26(2), pp. 631-637.
- [33] Aithal, P. S. (2023). How to Create Business Value Through Technological Innovations Using ICCT Underlying Technologies. *International Journal of Applied Engineering and Management Letters (IJAEML)*, 7(2), pp. 232-292.
- [34] Kalkan, Ö. K., Karabulut, Ş., & Höke, G. (2021). Effect of virtual reality-based training on complex industrial assembly task performance. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 46(12), pp. 12697-12708.

- [35] Yaqoob, I., Salah, K., Jayaraman, R., & Omar, M. (2023). Metaverse applications in smart cities: Enabling technologies, opportunities, challenges, and future directions. *Internet of Things*, 100884.
- [36] Rakhmonov, I. U., Ganiev, S. R., Alibekova, T. S., & Nematov, L. A. (2023). In technical higher education institutions current state of the use of modern educational virtual reality laboratories in the teaching of specialized sciences. In *E3S Web of Conferences* 384, p. 01029. EDP Sciences.