

A KITERJESZTETT VALÓSÁG ALKALMAZÁSFEJLESZTÉSÉNEK JÖVŐJE: TRENDKÉK ÉS LEHETŐSÉGEK

Simon János

Absztrakt: A kiterjesztett valóság (AR) alkalmazásfejlesztésének jövőjét a feltörekvő trendek és a különböző iparágakban bővülő lehetőségek alakítják. Ebben a tanulmányban az AR technológia kulcsfontosságú fejlődéseit vizsgáljuk, beleértve a mesterséges intelligencia integrációját, a felhőalapú számítástechnikát és az 5G kapcsolódást. Kiemeljük az AR egyre növekvő alkalmazását olyan ágazatokban, mint az egészségügy, az oktatás, a kiskereskedelem és a gyártás, hangsúlyozva annak szerepét a felhasználói élmény javításában és az üzemeltetési hatékonyság növelésében. Továbbá megvitatjuk a hardverkorlátokkal, az adatbiztonsággal és a felhasználói adatvédelemmel kapcsolatos kihívásokat is. A tanulmány áttekinti a jelenlegi fejlesztési keretrendszereket és platformokat, bemutatva az AR eszközök fejlődését és azok hatását a fejlesztők számára való hozzáférhetőségre. Foglalkozunk a webalapú és platformfüggetlen AR megoldások felé történő elmozdulással is, amely rávilágít az egyre növekvő igényre a zökkenőmentes és skálázható alkalmazások iránt. Emellett az innovációs lehetőségeket is azonosítjuk az AR tartalomkészítés, a felhasználói interakció és a vállalati alkalmazások területén. Ezen trendek elemzésével arra a következtetésre jutunk, hogy az AR fejlesztése folyamatosan fejlődni fog, amelyet a számítási teljesítmény, az érzékelőtechnológia és a felhasználói igények fejlődése hajt. Javasoljuk, hogy a kutatók, fejlesztők és vállalatok közötti együttműködés kulcsszerepet játszik a meglévő akadályok leküzdésében, valamint az AR alkalmazások teljes potenciáljának kiaknázásában a jövőben.

Abstract: The future of augmented reality (AR) application development is being shaped by emerging trends and expanding opportunities across various industries. In this study, key advancements in AR technology, including artificial intelligence integration, cloud computing, and 5G connectivity, are examined. The increasing adoption of AR in sectors such as healthcare, education, retail, and manufacturing are highlighted, emphasizing its role in enhancing user experiences and operational efficiency. The challenges related to hardware limitations, data security, and user privacy are also discussed. A review of current development frameworks and platforms is conducted, showcasing the evolution of AR tools and their impact on accessibility for developers. The shift toward web-based and cross-platform AR solutions is explored, demonstrating the growing demand for seamless and scalable applications. Additionally, opportunities for innovation in AR content creation, user interaction, and enterprise applications are identified. Through an analysis of these trends, it is concluded that AR development will continue to evolve, driven by advancements in computing power, sensor technology, and user demand. It is suggested that collaboration between researchers, developers, and businesses will play a crucial role in overcoming existing barriers and unlocking the full potential of AR applications in the future.

Kulcsszavak: kiterjesztett valóság, mesterséges intelligencia, dolgok internete, kiterjesztett valóság (XR)

Keywords: augmented reality, Artificial Intelligence, Internet of Things, extended reality

1. Bevezetés

A kiterjesztett valóságot egyre inkább olyan átalakító technológiaként ismerik el, amely képes alapjaiban megváltoztatni különböző iparágakat. Azáltal, hogy digitális információt vetít a fizikai világra, az AR alkalmazásokat olyan területeken használják, mint az egészségügy, az oktatás, a kiskereskedelem, a szórakoztatóipar

és a gyártás. Az interaktív és magával ragadó élmények iránti növekvő kereslet jelentős előrelépéseket eredményezett az AR fejlesztésében, lehetővé téve kifinomultabb és könnyebben elérhető alkalmazások létrehozását (Csikós–Bálint, 2016). Az AR rendszerekbe egyre inkább beépülnek a legújabb technológiai innovációk, köztük a mesterséges intelligencia (AI), a felhőalapú számítástechnika és az 5G hálózatok, amelyek fokozott teljesítményt, valós idejű adatfeldolgozást és jobb felhasználói élményt tesznek lehetővé. Az AR alkalmazásfejlesztés fejlődését számos tényező befolyásolja, például a hardver- és szoftverfejlesztések, valamint a felhasználói elvárások változása. Az AR headsetek, az okosszemüvegek és a mobil eszközök fejlesztése hozzájárult az AR technológiák széles körű elterjedéséhez. Ugyanakkor továbbra is kihívások merülnek fel a hardveres korlátok, a magas fejlesztési költségek és az adatbiztonsági aggályok terén. E kihívások leküzdése érdekében folyamatosan zajlanak fejlesztések az AR programozási keretrendszerek, fejlesztői eszközök és platformfüggetlen kompatibilitás terén. Az elmúlt években megfigyelhető volt az AR alkalmazások webalapú megoldások felé való elmozdulása, amely nagyobb hozzáférhetőséget biztosít és csökkenti a speciális AR eszközöktől való függőséget. A felhőalapú megoldások egyre szélesebb körben alkalmazottak, lehetővé téve az AR tartalmak zökkenőmentes tárolását, feldolgozását és megosztását (Csík et al., 2023). Ezek az innovációk hozzájárulnak az interaktív, skálázható és különböző iparágakhoz igazítható AR alkalmazások létrehozásához. Emellett a mesterséges intelligencia szerepe az AR alkalmazásokban folyamatosan bővül: a gépi tanulási algoritmusok javítják a tárgyfelismerést, a jelenetek értelmezését és a felhasználói interakciókat. A fejlődés ellenére továbbra is számos kihívást kell megoldani az AR teljes potenciáljának kiaknázása érdekében. A felhasználói adatgyűjtéssel és nyomkövetéssel kapcsolatos adatvédelmi aggályok egyre nagyobb figyelmet kapnak, ezért robusztus biztonsági intézkedések bevezetése szükséges. Ezenkívül a felhasználói elfogadást olyan tényezők befolyásolják, mint a könnyű használhatóság, a megfizethetőség és az alkalmazások relevanciája. Kutatások folynak az AR alkalmazások használhatóságának és hatékonyságának javítására, hogy ezek zökkenőmentesen beilleszthetők legyenek a mindennapi tevékenységekbe. Az AR folyamatos fejlődésével új innovációs lehetőségek is megjelennek. Vizsgálják az AR integrációját a Dolgok Internetével (IoT), a blokklánc-technológiával és a kiterjesztett valóság alapú környezetekkel, hogy fejlettebb és összekapcsoltabb digitális élményeket hozzanak létre (Kóczi–Sárosi, 2022). Az AR egyre nagyobb szerepet kap a távoli együttműködésben, a virtuális képzésekben és az e-kereskedelemben, ami rávilágít arra, hogy jelentős hatással lehet a termelékenység növelésére és az ügyfélművelés fokozására. Az AR technológiák folyamatos fejlődésével az iparágak előtt új lehetőségek nyílnak meg az üzemeltetés javítására és magával ragadó digitális élmények létrehozására. Jelen tanulmány célja, hogy áttekintse az AR alkalmazásfejlesztés legújabb trendjeit és lehetőségeit. Különböző kihívásokat és azok lehetséges megoldásait tárgyaljuk, valamint elemezzük azokat a feltörekvő technológiákat, amelyek várhatóan meghatározzák az AR jövőjét. E vizsgálat révén betekintést nyújtunk az AR fejlesztés változó

környezetébe, kiemelve azokat a kulcsfontosságú tényezőket, amelyek a következő években meghatározzák növekedését.

2. Módszertani elemzés

Az AR alkalmazásfejlesztésének jövőbeli trendjeit és lehetőségeit elemző tanulmány elsődleges kutatási módszere az irodalmi áttekintés. Ez a megközelítés lehetővé teszi a meglévő kutatások, technológiai fejlődések és iparági betekintések szisztematikus áttekintését és szintézisét. Akadémiai publikációk, iparági jelentések, tanulmányok és esettanulmányok vizsgálatával átfogó képet nyerünk az AR fejlesztéséről (Bodhwani–Sharma, 2023). A releváns forrásokat azok AR területéhez való hozzájárulása alapján választjuk ki, különös figyelmet fordítva az elmúlt évtizedben megjelent tanulmányokra, hogy biztosítsuk a legfrissebb fejlődések és feltörekvő trendek beépítését. Lektorált tudományos folyóiratok cikkei, konferencia-előadások és szakkönyvek elemzésével feltárjuk az AR technológiák elméleti és gyakorlati aspektusait. Emellett vezető technológiai vállalatok és piackutató ügynökségek iparági jelentéseit vizsgáljuk a jelenlegi piaci trendek és a jövőbeli fejlesztési lehetőségek értékelése érdekében. Az irodalmat kulcsfontosságú témák szerint kategorizáljuk, beleértve az AR hardverfejlesztéseit, a szoftverfejlesztési keretrendszereket, a mesterséges intelligencia integrációját, a webalapú AR alkalmazásokat és a biztonsági kérdéseket (Ashtari et al., 2020). Komparatív elemzést végzünk az AR területén megjelenő közös minták, kihívások és lehetőségek azonosítására. A különböző források eredményeinek szintetizálásával megalapozott képet nyújtunk az AR alkalmazásfejlesztés jövőbeli irányairól.

2.1. Kapcsolódó kutatások

Az AR forradalmasítja az oktatást azáltal, hogy interaktívabbá és élvezetesebbé teszi a tanulási folyamatot. Lehetővé teszi a diákok számára, hogy 3D-s szimulációk segítségével vizualizálják az összetett fogalmakat, ezáltal javítva a megértést és az információk hosszú távú megőrzését (Simion et al., 2021). Az AR-eszközök magával ragadó tanulási környezeteket biztosítanak, amelyek a természettudományok, a matematika és a történelem területén egyaránt előnyösek (Ashtari et al., 2021). Az AR-alapú oktatási alkalmazások segítenek áthidalni az elméleti tudás és a gyakorlati megvalósítás közötti szakadékot valós idejű interaktív tanulási élményekkel (Bondarenko et al., 2024). Az egészségügyben az AR kulcsszerepet játszik az orvosi képzésben, a betegoktatásban és a klinikai eljárásokban. Az orvostanhallgatók és szakemberek AR-alapú sebészeti szimulációkat használnak, amelyek lehetővé teszik a bonyolult műtéti beavatkozások kockázatmentes gyakorlását (Arena et al., 2022). Az AR-alkalmazások segítik az orvosokat azáltal, hogy valós idejű betegadatokat és kritikus információkat vetítenek ki a műtétek során, ezáltal növelve a pontosságot és csökkentve a hibák számát (Dargan et al., 2023). Az AR továbbá vizuális bemutatók segítségével javítja a betegek tájékoztatását az egészségügyi állapotokról és a kezelési lehetőségekről, elősegítve a megalapozott döntéshozatalt (Kocsispéter, 2024). Az ipari környezetben az AR növeli a termelékenységet, a biztonságot és az üzemeltetési hatékonyságot. Az AR-alapú intelligens gyártási rendszerek valós idejű

útmutatást és vizuális instrukciókat nyújtanak a munkavállalóknak az összeszerelési, karbantartási és minőségellenőrzési feladatok során (Mészáros–Sárosi, 2022). Az Ipar 4.0 keretein belül az AR lehetővé teszi a távoli együttműködést, amely során a technikusok anélkül végezhetnek hibaelhárítást, hogy fizikailag jelen kellene lenniük (Cardoso et al., 2020). Ezenfelül az AR-alapú adatvizualizációs eszközök segítik az iparágakat a valós idejű adatelemzésben, optimalizálva a munkafolyamatokat és minimalizálva az állásidőt (Mendoza-Ramírez et al., 2023). A kiskereskedelmi szektorban az AR új szintre emeli a vásárlói élményt és személyre szabottabbá teszi a vásárlást. Számos kiskereskedő kínál AR-alapú virtuális próbafülkéket, amelyek lehetővé teszik a vásárlók számára, hogy ruhákat, kiegészítőket és kozmetikumokat próbáljanak ki vásárlás előtt (Garzón, 2021). Az AR alkalmazások lehetőséget biztosítanak a fogyasztók számára, hogy például bútorokat és háztartási eszközöket helyezzenek el saját környezetükben virtuálisan, növelve ezzel a vásárlási magabiztosságot (Al-Ansi et al., 2023). A márkák AR-t alkalmaznak marketingkampányaikban interaktív reklámok létrehozására, amely javítja a vásárlói elköteleződést és növeli az eladási arányt (Ashtari et al., 2020). Az autópárhazban az AR-t a járműtervezésben, a navigációban és a vezetői asszisztens rendszerekben használják. Az AR-alapú head-up display (HUD) kijelzők valós idejű navigációs útmutatást, sebességkorlátozásokat és veszélyjelzéseket biztosítanak, növelve a közlekedésbiztonságot (Kamińska et al., 2023). A motorsportokban az AR valós idejű teljesítményelemzést tesz lehetővé, segítve a versenyzőket a stratégiák optimalizálásában (AlGerafi et al., 2023). Hasonlóképpen, az AR átalakítja a sportoktatást és az edzéseket azáltal, hogy lehetővé teszi a sportolók számára mozgásuk elemzését, azonnali visszajelzés fogadását és képességeik fejlesztését magával ragadó szimulációkon keresztül (Quandt et al., 2018). Továbbá, az AR növeli a szurkolói élményt a sporteseményeken interaktív stadionfunkciókkal, valós idejű játékosstatisztikákkal és kiterjesztett élő közvetítésekkel (Viglialoro et al., 2021).

3. A kiterjesztett valóság fogalma és létjogosultsága

Az AR a fizikai világ továbbfejlesztett változata, amelyet digitális vizuális elemek, hang vagy más érzékszervi ingerek segítségével valósítanak meg. Az AR számos területen egyre nagyobb szerepet kap a jövőben, például az oktatásban, a marketing és értékesítés területén, a virtuális asszisztens rendszerekben, az autópárhazban és a metaverzummal való integrációban.

3.1. Oktatás

A kiterjesztett valóság számos olyan alkalmazási lehetőséget kínál, amelyek javítják a tanulási élményt, különösen a vizuális tanulást előnyben részesítő diákok számára. Az egyik legnagyobb előnye, hogy lehetővé teszi a 3D hologramokkal való interakciót, amelyeken keresztül a tanulók több szögből is megvizsgálhatják a virtuális objektumokat (Boboc et al., 2020). Ez a képesség jelentősen elősegíti az olyan összetett tantárgyak megértését, mint a biológia, anatómia, kozmológia és geometria. A 3D modellek megjelenítésével a tanulók olyan részleteket fedezhetnek

fel, amelyeket hagyományos oktatási módszerekkel nehéz lenne megragadni. Az AR forradalmasíthatja a történelemoktatást is, mivel lehetővé teszi a diákok számára, hogy interaktív hologramok és szimulációk segítségével vizualizálják a történelmi eseményeket. Ahelyett, hogy csupán olvasnának a múltbeli eseményekről, a tanulók dinamikus módon élhetik át azokat, ami mélyebb megértést és hosszabb távú tudásmegtartást eredményez.

1. ábra: A jövő tanulási lehetőségei



Forrás: Simion et al. (2021)

Ennek a technológiának az alkalmazásával lehetségessé válik a zenei hangszeres technikák ismételt gyakorlása is, amint azt az 1. ábra szemlélteti. Emellett az AR támogatja az otthoni tapasztalati tanulást, lehetőséget biztosítva a diákok számára tudományos és matematikai szimulációk elvégzésére egy virtuális környezetben. Az AR segítségével a diákok megfigyelhetik, hogyan hatnak a gyógyszerek az emberi test különböző szerveire, vagy manipulálhatják a bolygók környezeti feltételeit, hogy tanulmányozzák azok hatását az élet fenntartására. Ezek az interaktív élmények elősegítik a tanulást, mivel az elvont fogalmakat kézzelfoghatóbbá és emlékezetesebbé teszik (Soltani–Morice, 2020). A hagyományos oktatási módszerekhez képest az AR mélyebb elköteleződést, jobb megértést és nagyobb tudásmegtartást eredményez, végső soron átalakítva az oktatás jövőjét.

3.2. Háztartási gépek, bútorok és egyéb kézzelfogható termékek

A kiterjesztett valóság forradalmasítja a vásárlási élményt, mivel lehetővé teszi a vásárlók számára, hogy okostelefonjaik segítségével valós környezetben vizualizálják a termékeket. Jelenleg számos AR-alapú alkalmazás létezik, amelyek segítségével a felhasználók digitális reprezentációkat vetíthetnek otthonukba olyan termékekről, mint a bútorok és háztartási gépek. Egyszerűen a mobilkészüléküket a térre irányítva azonnal megtekinthetik, hogyan illeszkednek a különböző tárgyak a környezetükbe. Ez a technológia nagyfokú rugalmasságot biztosít, mivel a felhasználók könnyedén válthatnak a különböző modellek, színek és méretek között, hogy megtalálják a számukra tökéletes megoldást (Fraga-Lamas et al., 2018).

Az AR egyik legfontosabb előnye a kiskereskedelemben az, hogy interaktív, 360 fokos termékmegtekintést kínál, ahogyan azt a 2. ábra is szemlélteti. A vásárlók több

szögből is megvizsgálhatják a termékeket, ezáltal részletesebb képet kaphatnak azok tulajdonságairól és értékéről.

2. ábra: AR digitális vásárlási asszisztens



Forrás: <https://www.virtualmediaxr.com/zapatos-virtuales/>

Ez a szintű interakció növeli a vásárlók önbizalmát a döntéshozatal során, csökkentve a visszaküldések vagy a vásárlói elégedetlenség esélyét. A Shopify AR egy példa azokra az eszközökre, amelyek lehetővé teszik a fogyasztók számára, hogy még a vásárlás előtt megnézzék a termékeket az adott környezetben. Bár az AR-alapú vásárlási alkalmazások már jelenleg is elérhetők, a technológia a jövőben még zökkenőmentesebbé és felhasználóbarátabbá válik. Ahogy a fejlődés folytatódik, az AR egyre nagyobb szerepet fog játszani az e-kereskedelemben, javítva a vásárlói élményt és egyszerűsítve a döntéshozatali folyamatot.

3.3. Ruházat és divat

A kiterjesztett valóság forradalmasítja az online vásárlást azáltal, hogy a személyes vásárlási élményt szimulálja, lehetővé téve a vásárlók számára, hogy még a vásárlás előtt vizualizálják, hogyan néznek ki a termékek rajtuk. Ez a technológia lehetőséget biztosít a felhasználók számára, hogy virtuálisan felpróbálják a ruházati cikkeket, lábbeliket, ékszereket, sminket és kiegészítőket, például napszemüvegeket. A virtuális próbafülke-technológiának nevezett innováció valósághű előnézetet biztosít a termékekről, ezzel javítva a vásárlási élményt. Ennek eredményeként a vásárlók megalapozottabb döntéseket hozhatnak, csökkentve a bizonytalanságot és a visszaküldések valószínűségét (Simon, 2024). A virtuális próbafülke-technológia piaca várhatóan eléri a 10 milliárd dolláros értéket 2027-re, ami jelzi növekvő elterjedését a kiskereskedelmi iparágban. Az AR élmények elsősorban okostelefonokon, okosszemüvegeken és egyéb hordható vagy kézi eszközökön keresztül érhetők el, így széles közönség számára válnak hozzáférhetővé.

3. ábra: Kiterjesztett valóság alapú vásárlás



Forrás: <https://www.manomotion.com/ring-try-on-tutorial/>

Ezen a területen egy másik fontos előrelépés az okostükrök használata, amelyek az AR technológiát integrálják, hogy interaktív próbafülke-élményt nyújtsanak a fizikai üzletekben. Több nagy márka már bevezette az okostükröket az üzleteiben a vásárlási élmény fokozása érdekében, amint azt a 3. ábra is szemlélteti. Ahogy a kiterjesztett valóság technológiája tovább fejlődik, a virtuális próbafülkék és az okostükrök egyre gördülékenyebbé és szélesebb körben elterjedtté válnak, átalakítva a kiskereskedelem világát azáltal, hogy ötvözik a digitális kényelmet az élményszerű, személyre szabott vásárlással.

3.4. J.A.R.V.I.S.-szerű virtuális asszisztens

A J.A.R.V.I.S. (Just a Rather Very Intelligent System) egy csúcstechnológiás, mesterséges intelligenciával működő személyi asszisztens, amely megkönnyíti a mindennapokat azáltal, hogy automatizálja a különböző rendszereken végzett feladatokat. A Mojo nevű vállalat, amely a kiterjesztett valóság technológiájára specializálódott, olyan AR-lencsét fejleszt, amelyek mikro-LED kijelzőkkel rendelkeznek, és közvetlenül a viselő szemébe vetítenek információkat. Az első verziókat elsősorban látássérült emberek számára tervezték, hogy javítsák a kontrasztérzékelést és nagyítási lehetőséget biztosítsanak. A jövőbeli modellek azonban a nagyközönség számára is elérhetőek lesznek, és számos funkciót kínálnak majd, például egészségügyi nyomon követést, szöveges üzenetértékesítéseket, időjárás-frissítéseket és egyéb szolgáltatásokat (Ashibil et al., 2024). Az alapszolgáltatásokon túl az AR-lencsék képesek lehetnek a látás javítására alacsony fényviszonyok között, valamint teleprompterként működhetnek nyilvános beszédek során. Ahogy a kiterjesztett valóság technológiája fejlődik, ezek a lencsék és az AR-szemüvegek jelentősen átalakíthatják a felhasználók világérzékelését. A mesterséges intelligenciával való integrációnak köszönhetően a virtuális asszisztensek képességei tovább bővíthetnek, valós idejű támogatást nyújtva a mindennapi élet számos területén. Ha a felhasználók engedélyezik az MI-alapú virtuális asszisztensek számára az adataikhoz való hozzáférést, akkor olyan funkciók válnak elérhetővé, mint a valós idejű beszélgetésfigyelés, e-mailek olvasása vagy akár az egészség nyomon követése vérkémiai elemzésekén keresztül. Az MI a személyes adatok hatalmas mennyiségének feldolgozásával megtanulhatja a felhasználók preferenciáit, előre jelezheti igényeiket, és automatizálhatja a vásárlást vagy az

egészségügyi megfigyelést. Az AR-lencsék és az MI-integráció együttesen hatékonyabbá teheti a felhasználók közép- és hosszú távú céljainak elérését, miközben alapjaiban alakítja át az ember-gép interakciót.

3.5. A metaverzum létrehozása

A kiterjesztett valóság, a virtuális valóság, a mesterséges intelligencia, az 5G-hálózatok és más technológiák kombinációja lehetővé teszi egy nyílt metaverzum kialakulását. A metaverzum a fizikai, a kiterjesztett és a virtuális valóság konvergenciáját jelenti egy közös online térben. Ez az internet fejlődésének következő lépcsőfoka. A metaverzumot úgy képzelhetjük el, mint a jelenlegi kétdimenziós internet három- vagy négydimenziós változatát (AlGerafi et al., 2023). A metaverzumot olyan internetként értelmezhetjük, amelybe nemcsak betekintünk, hanem amelyben benne is vagyunk. Ez a technológia minden iparágra hatással lesz. Más elnevezések is kapcsolódnak hozzá, mint például a Web 3.0 vagy a SpatialWeb.

3.6. Egészségügy

A kiterjesztett valóság kulcsszerepet játszik az egészségügy jövőjében, különösen három területen: beteg tájékoztatás, orvosi segédletek és gyógyszerértékesítés.

Beteg tájékoztatás: Az AR segítségével vizuális demonstrációk és szimulációk révén a betegek könnyebben megérthetik a gyógyszerek és orvosi beavatkozások előnyeit és kockázatait. Az interaktív tájékoztatás segíti az informált döntéshozatalt és növeli a betegek együttműködését az orvosi tanácsok betartásában.

Orvosi segédletek: Az AR lehetővé teszi a sebészeti eljárások és kezelések valósághű szimulációját. Az orvosok így összetett műtéti eljárásokat gyakorolhatnak, ami növeli a pontosságot és csökkenti a kockázatokat. Az orvostanhallgatók interaktív, háromdimenziós emberi testmodelleken keresztül tanulmányozhatják az anatómiát, ami hatékonyabb tanulási módszert jelent, mint a hagyományos tankönyvek vagy előadások (Mendoza-Ramírez et al., 2023).

Gyógyszerértékesítés: Az AR egyre fontosabb szerepet játszik a gyógyszeriparban. Mivel a gyógyszergyártók között nagy a verseny, kiemelten fontos az orvosok figyelmének felkeltése (Bondarenko et al., 2024). Az értékesítési képviselők AR-alapú virtuális szimulációkat használhatnak az új gyógyszerek hatékonyságának bemutatására, így az előadásaik látványosabbak és meggyőzőbbek lehetnek.

Az AR forradalmasítja az egészségügyet azáltal, hogy javítja a betegoktatást, fejleszti az orvosi képzést és átalakítja a gyógyszeripari marketingstratégiákat.

3.7. Kültéri és beltéri navigáció

Az AR jelentősen megkönnyítheti a navigációt mind kültéri, mind beltéri környezetben.

Beltéri navigáció: Az AR-technológia lehetővé teszi, hogy egy virtuális vonal jelenjen meg a padlón, amely végigvezeti a felhasználót egy adott célállomásra, például egy nagy repülőtéren, repülőtéri parkolóban, bevásárlóközpontban, irodaházban vagy egyetemi kampuszon.

Kültéri navigáció: A hagyományos címbeírás helyett elegendő lesz rámutatni egy helyszínre, és az útvonal automatikusan megjelenik. Az AR-alapú navigáció akár figyelembe is veheti a fizikai akadályokat, megkönnyítve ezzel a biztonságos közlekedést.

Ezenkívül egy épületre vagy egy tárgyra mutatta információkat kaphatunk róla anélkül, hogy előzetesen tudnánk, milyen célt szolgál.

3.8. Autóipar

Az AR alapú kijelzők segíthetik a sofőröket az úton való tájékozódásban, mivel valós idejű információkkal látják el őket. Az ilyen kijelzők figyelmeztethetik a vezetőket a potenciális veszélyekre, valamint megkönnyíthetik a navigációt azáltal, hogy a terepviszonyokhoz igazított vizuális útmutatást nyújtanak. Az autógyártók már most is alkalmazzák ezt a technológiát. Emellett az AR az autóipari marketingben is szerepet kap (Odry et al., 2025). Ez a technológia lehetővé teszi, hogy egy okoseszköztől, például egy okostelefonról érkező információkat közvetlenül a vezető látóterébe vetítsék. Elképzelhető például, hogy a sebességhatárok, navigációs nyilak és más fontos információk a sofőr tekintetének irányába kerüljenek anélkül, hogy el kellene fordítani a fejét – ez az AR egyik legnagyobb előnye, ahogy azt a 4. ábra is szemlélteti.

4. ábra: Kiterjesztett valóság alapú navigáció



Forrás: <https://www.eetimes.eu/carmakers-invest-e42-5m-in-british-ar-head-up-display-startup/>

A fejlesztők már létrehoztak egy AR-alkalmazást, amely lehetővé teszi a vásárlók számára, hogy egy új autót a saját kocsibeállójukban „kipróbáljanak”, anélkül, hogy el kellene látogatniuk az autókereskedésbe. Az ügyfelek azt is megnézhetik, hogyan mutatna az autó különböző színekben.

3.9. Sportesemények

A kiterjesztett valóság átalakítja a sportesemények élményét azáltal, hogy fokozza a szurkolói élményt, segíti a sportolók edzését, és javítja a játékok elemzését. Az AR lehetőséget biztosít arra, hogy a nézők valós idejű adatokat, interaktív vizualizációkat és magával ragadó élményeket kapjanak a mérkőzések során. Ugyanakkor a sportolók és edzők is egyre inkább használják az AR-t technikai fejlesztésre, teljesítményelemzésre és stratégiák kidolgozására. A szurkolók számára

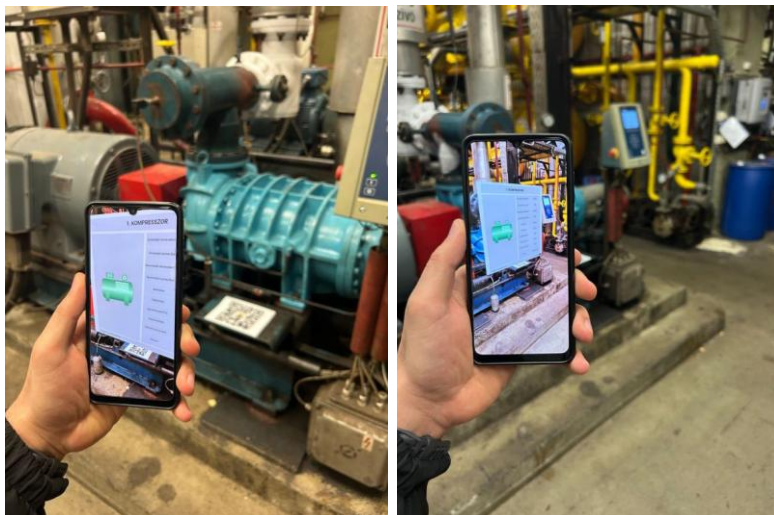
az AR élő közvetítések és televíziós sportműsorok során valós idejű statisztikákat, játékosinformációkat és meccselemzéseket jeleníthet meg a képernyőjükön. Mobilalkalmazások és okos szemüvegek lehetővé teszik a nézők számára, hogy visszajátzásokat, hő térképeket és játékosok mozgását követhessék nyomon, miközben nézik a mérkőzést. Az AR-alapú alkalmazások a stadionokban tartózkodó szurkolóknak is extra tartalmakat kínálnak: például alternatív kameraállásokat vagy történelmi statisztikákat láthatnak, ha a készüléküket a pálya vagy az eredményjelző felé irányítják. Egyes stadionok beépítik az AR-t a létesítményeikbe, hogy interaktív élményeket nyújtsanak és célzott reklámokat jelenítsenek meg a nézők számára (Gogolák–Fürstner, 2020). A sportolók és edzők szintén kihasználják az AR előnyeit az edzéseken és teljesítményük fejlesztésében. AR-fejhallgatók és okos szemüvegek segítségével a sportolók valós játéksituációkat szimulálhatnak és valós idejű visszacsatolást kaphatnak a technikájukról. Az AR-alapú virtuális edzőeszközök lehetővé teszik a sportolók számára, hogy vizualizálják a játékmeneteket, nyomon kövessék mozgásukat, és azonosítsák a fejlesztésre szoruló területeket. Ez a technológia különösen hasznos olyan sportágakban, mint az amerikai futball, a kosárlabda és a golf, ahol a pontosság és a stratégia döntő szerepet játszik a teljesítményben. A sportközvetítések és elemzések terén az AR új dimenziót nyit. Az AR-grafikák – például a virtuális vonalak, a játékosok nyomkövetése és a valós idejű statisztikai ábrázolások – segítik a nézőket abban, hogy könnyebben követhessék az eseményeket, és jobban megértsék a mérkőzések kulcspillantait. Ez a technológia különösen elterjedt az amerikai futball közvetítéseiben, ahol például a virtuális „első kísérlet” vonalak vagy a gólvonal-technológia javítja a nézői élményt. Az AR-alapú visszajátzások pedig segítik a játékvezetőket a pontosabb döntések meghozatalában vitatott szituációkban. A professzionális sportokon túl az AR a szurkolói elköteleződést is fokozza a játékosított tartalmak révén. Számos csapat és liga fejlesztett AR-alkalmazásokat, amelyek lehetővé teszik a rajongók számára, hogy virtuális kabalafigurákkal lépjenek interakcióba, élő sportkvízeken vegyenek részt, vagy AR-alapú fantasy sportokban játszanak. A közösségi média platformok AR-szűrőket és effekteket kínálnak, amelyekkel a szurkolók kreatívan kifejezhetik támogatásukat kedvenc csapatuk iránt. Ahogy az AR-technológia tovább fejlődik, hatása a sport világra csak növekedni fog. A jövőben olyan teljesen magával ragadó AR-élmények is megjelenhetnek, amelyek lehetővé teszik a nézők számára, hogy egy játékos szemszögéből éljenek át egy mérkőzést, vagy interaktív AR-edzőrendszerrel valós idejű biomechanikai elemzéseket végezzenek (Pletl et. al., 2010). Az AR-fejhallgatók, mobilalkalmazások és mesterséges intelligencia integrációjának fejlődésével a sportélmény személyre szabottabbá, interaktívabbá és adatvezéreltebbé válik. Az AR forradalmasítja a sportesemények élményét, javítva a szurkolói részvételt, az edzési technikákat és a sportelemzéseket. Ahogy a technológia folyamatosan fejlődik, az AR egyre nagyobb szerepet fog játszani a sport világának dinamizálásában és elérhetőbbé tételében mindenki számára.

3.10. Virtuális felhasználói és szerelési útmutatók

Az AR alapú virtuális felhasználói kézikönyvek lehetővé teszik 3D hologramok, átfedések és vizuális utasítások megjelenítését 3D animációk formájában olyan termékekhez, mint például járművek, hűtőszekrények, fényképezőgépek és egyebek (Quandt et al., 2018). Ami a szerelési útmutatókat illeti, az AR segítségével az összeszerelés folyamata több fázisban, 3D hologramok és animációk formájában jeleníthető meg, például íróasztalok, szekrények és más bútorok esetében.

Az egyik legfontosabb alkalmazási mód az AR-alapú intelligens interfészek használata, amelyek valós idejű adatokat vetítenek a fizikai berendezésekre. Ez lehetővé teszi az üzemeltetők számára, hogy okos szemüvegek vagy mobil eszközök segítségével hozzáférjenek a rendszerparaméterekhez, riasztásokhoz és karbantartási útmutatókhoz. Ezek a rendszerek IoT-szenzorokat használnak az adatok gyűjtésére és továbbítására, interaktív és magával ragadó monitorozási élményt nyújtva. A mesterséges intelligencia által vezérelt elemzések tovább növelik a prediktív karbantartás hatékonyságát azáltal, hogy vizualizálják a lehetséges meghibásodásokat és még a problémák bekövetkezése előtt javaslatot tesznek a megfelelő intézkedésekre. Egy másik jelentős funkció a távoli segítségnyújtás, amelynek során az AR lehetővé teszi a szakértők számára, hogy virtuális megjegyzésekkel és élő videókapcsolaton keresztül irányítsák a helyszínen dolgozókat a bonyolult hibaelhárítási folyamatok során. Ezen felül a digitális ikertechnológia integrálható az AR-SCADA rendszerekkel, lehetővé téve az ipari folyamatok valós idejű szimulációját (5. ábra). Ez optimalizálja a teljesítményt és minimalizálja a kockázatokat (Kocsispéter, 2024).

5. ábra: Kiterjesztett valóság alapú SCADA-rendszer



Forrás: saját szerkesztés.

Az ilyen rendszerek csökkentik az állásidőt, növelik a biztonságot és javítják a munkaerő képését, így az AR-alapú SCADA rendszerek kulcsfontosságú elemei a modern gyártásnak és az Ipar 4.0 átalakulásának. Ahogy az AR-technológia tovább

fejlődik, az SCADA-rendszerekkel való integrációja tovább ösztönzi az automatizálást, a hatékonyságot és az innovációt az ipari környezetben.

4. Az AR technológia kihívásai, hátrányai és korlátai

Az AR technológia dinamikus fejlődése ellenére számos kihívással, hátránnyal és korlátozással kell szembenéznie. Az egyik legnagyobb probléma a fejlesztési és implementációs költségek magas volta. A minőségi AR-élmények létrehozása jelentős pénzügyi befektetést igényel, beleértve a fejlett szoftverek és hardverek fejlesztését, tesztelését és karbantartását. Emellett a felhasználók részéről is szükség van speciális eszközökre, például AR-szemüvegekre, okostelefonokra vagy más hordozható eszközökre, amelyek szintén költségesek lehetnek. A technológiai korlátok közé tartozik az eszközkompatibilitás hiánya is. Nem minden készülék támogatja az AR-t, és azok, amelyek igen, gyakran gyors akkumulátor-merüléssel, melegeddel vagy teljesítménybeli problémákkal szembesülnek (Fürstner–Gogolak, 2015). Az AR-alkalmazások nagy számítási kapacitást és gyors adatkapcsolatot igényelnek, ami korlátozhatja a technológia használhatóságát a kevésbé fejlett hálózati infrastruktúrával rendelkező területeken. A magánszféra és az adatbiztonság kérdése is komoly kihívást jelent. Az AR-eszközök gyakran valós idejű adatokat gyűjtenek a felhasználók környezetéről, mozgásáról és személyes szokásairól, ami érzékeny információk kiszivárgásához vagy visszaéléséhez vezethet (Lukić et. al., 2011). A felhasználók adatainak védelme, valamint az átlátható adatkezelési szabályok kialakítása elengedhetetlen a technológia széles körű elfogadásához. A fizikai és mentális egészségre gyakorolt hatások szintén aggodalomra adnak okot. Az AR-élmények hosszabb távú használata szemfáradtságot, szédülést, koncentrációs zavarokat vagy akár mozgáskoordinációs problémákat is okozhat. Emellett fennáll a veszélye annak is, hogy a felhasználók túlságosan elmerülnek a virtuális élményekben, ami elszigetelődéshez vagy a valós környezet iránti figyelem csökkenéséhez vezethet, például közlekedés közben. További limitáció a tartalomfejlesztés összetettsége. Az igazán interaktív és élethű AR-élmények megalkotása szakértelmet és kreatív erőforrásokat igényel. Emellett az AR-tartalmak gyakran helyspecifikusak, ami azt jelenti, hogy egy adott helyszínre fejlesztett tartalom máshol nem, vagy csak korlátozottan használható. Az AR-társadalmi elfogadottsága is kihívásokat rejt. Bár a fiatalabb generációk nyitottabbak az új technológiák iránt, sok felhasználó még mindig szkeptikus az AR hasznosságával vagy szükségességével kapcsolatban, különösen, ha annak használata bonyolult vagy invazívnak tűnik. Az AR jövőbeli sikeressége tehát nemcsak a technológiai fejlődésen, hanem a társadalmi beágyazódáson, a felhasználói élmény egyszerűsítésén és az adatvédelem biztosításán is múlik.

5. Összefoglaló

Az AR gyors ütemben fejlődik, és várhatóan jelentős szerepet fog játszani különböző iparágak jövőjének alakításában. Ahogy a technológiai fejlődés tovább javítja az AR alkalmazásokat, egyre több lehetőség kínálkozik az innovációra és az integrációra.

Különösen várható, hogy az AR mélyreható hatást gyakorol az oktatásra, a marketingre és értékesítésre, a virtuális asszisztenciára, az autópárra és a metaverzum integrációjára. Ezek az alkalmazások kiemelik az AR sokoldalúságát és potenciálját a hagyományos gyakorlatok átalakításában, immerszív és interaktív élményekké. Az oktatási szektorban az AR egyre inkább alkalmazásra kerül a tanulási élmények fokozására interaktív tartalmakkal, virtuális szimulációkkal és valós idejű együttműködésekkel. A hagyományos tanítási módszereket AR-alapú alkalmazások egészítik ki, amelyek lehetővé teszik a diákok számára, hogy vizualizálják a bonyolult fogalmakat, virtuális kísérleteket végezzenek, és interaktív módon kapcsolódjanak a digitális tartalomhoz. Az AR elérhetősége az oktatásban várhatóan növekedni fog, ahogy a mobil eszközök és az AR-kompatibilis platformok egyre szélesebb körben elérhetővé válnak. A marketing és értékesítés terén az AR-t arra használják, hogy javítsák a vásárlói elköteleződést és ösztönözzék a vásárlási döntéseket. A márkák az AR-t virtuális próbálkozási élmények, interaktív termékbemutatók és helyalapú hirdetések nyújtására használják. A fogyasztók számára lehetővé válik, hogy a termékeket valós környezetben vizualizálják, mielőtt megvásárolnák őket, csökkentve a bizonytalanságot és növelve a vásárlási döntésekben való bizalmat. Ahogy az AR technológia fejlődik, várhatóan a személyre szabott és immerszív marketing stratégiák egyre elterjedtebbé válnak. A virtuális asszisztencia egy másik olyan terület, ahol az AR egyre inkább integrálódik a termelékenység és hatékonyság növelésére. Az AR-alapú virtuális asszisztensek valós idejű útmutatást, kéz nélküli utasításokat és interaktív támogatást biztosítanak különböző iparágakban, beleértve az egészségügyet, a gyártást és az ügyfélszolgálatot. Az AR-kompatibilis eszközök segítségével a felhasználók hozzáférhetnek a kontextuális információkhoz, lépésről lépésre követhetik az utasításokat, és valós időben kölcsönhatásba léphetnek a digitális átfedésekkel. Az AR és a mesterséges intelligencia kombinációja várhatóan tovább növeli a virtuális asszisztensek képességeit, intuitívabbá és válaszkészebbé téve őket. Az autópárra is jelentős fejlődést mutat az AR technológia terén. Az AR-alapú fejfelvételi kijelzők integrálása révén a járművek valós idejű navigációt, biztonsági figyelmeztetéseket és vezetőtámogató funkciókat kínálnak. A szélvédőre vetített fontos információk segítségével a vezetők navigációs irányokat, veszélyfigyelmeztetéseket és járműdiagnosztikát érhetnek el anélkül, hogy elterelnék figyelmüket az útról. Ezen kívül az AR-t a járművek tervezésében és gyártási folyamataiban is alkalmazzák, hogy javítsák a hatékonyságot és a precizitást. Ahogy az autópárra technológia fejlődik, az AR várhatóan kulcsszerepet játszik majd az intelligens és autonóm járművek fejlesztésében. Az AR egyik legnagyobb átalakító alkalmazása a metaverzummal való integrációja. A teljesen immerszív digitális környezet fogalmát aktívan kutatják, az AR pedig hidat képez a fizikai és virtuális világok között. Az AR-alapú élmények a metaverzumban várhatóan forradalmasítják a társadalmi interakciókat, a játékokat, a távmunkát és a digitális kereskedelmet. Ahogy az AR hardver, 5G kapcsolatok és mesterséges intelligencia fejlődnek, az immerszív metaverzum élmények valószínűleg egyre szélesebb körben válnak elérhetővé a felhasználók számára világszerte. Az AR alkalmazásfejlesztés jövője ígéretes

lehetőségekkel van tele a különböző iparágakban. Ahogy a technológiai fejlődés elősegíti az AR elterjedését, hatása az oktatásra, marketingre, virtuális asszisztenciára, az autópárra és a metaverzumra továbbra is bővülni fog. A folyamatos kutatás és fejlesztés révén az AR képes lesz forradalmasítani az emberek digitális tartalommal való interakcióját, növelve a hatékonyságot, elköteleződést és a felhasználói élményt az elkövetkező években.

Irodalomjegyzék

- Al-Ansi, A. M., Jaboob, M., Garad, A., Al-Ansi, A. (2023): Analyzing augmented reality (AR) and virtual reality (VR) recent development in education. *Social Sciences & Humanities Open*, 8 (1): 100532. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100532>
- AlGerafi, M. A. M., Zhou, Y., Oubibi, M., Wijaya, T. T. (2023): Unlocking the Potential: A Comprehensive Evaluation of Augmented Reality and Virtual Reality in Education. *Electronics*, 12 (18): 3953. <https://doi.org/10.3390/electronics12183953>
- Arena, F., Collotta, M., Pau, G., Termine, F. (2022): An Overview of Augmented Reality. *Computers*, 11 (2): 28. <https://doi.org/10.3390/computers11020028>
- Ashibil, A., Víg, P. ., Erdélyi, V. ., Tóth, J., Farkas, I. (2024): Performance Assessments of Direct Contact Serpentine Tube Based Photovoltaic Thermal Module: An Experimental Comparison. *Journal of Engineering and Sustainable Development*, 28 (4): 473–479. <https://doi.org/10.31272/jeasd.28.4.6>
- Ashtari, N., Bunt, A., McGrenere, J., Nebeling, M., Chilana, P. K. (2020): Creating augmented and virtual reality applications: Current practices, challenges, and opportunities. In: *Proceedings of the 2020 CHI conference on human factors in computing systems*, 1–13. <https://doi.org/10.1145/3313831.337672>
- Boboc, R. G., Gîrbacia, F., Butilă, E. V. (2020): The Application of Augmented Reality in the Automotive Industry: A Systematic Literature Review. *Applied Sciences*, 10 (12): 4259. <https://doi.org/10.3390/app10124259>
- Bodhwani, K., Sharma, A. (2023): The Future of Augmented Reality: Emerging Trends and Challenges. *Landscape*, 4 (2): 1–63. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11291283>
- Bondarenko, V., Zhang, J., Nguyen, G. T. Fitzek, F. H. P. (2024): A Universal Method for Performance Assessment of Meta Quest XR Devices. *2024 IEEE Gaming, Entertainment, and Media Conference (GEM)*. Turin, Italy, 2024, 1-6, <https://doi.org/10.1109/GEM61861.2024.10585428>
- Csík, D., Odry, Á., Perti, R., O., Sárosi, J. Sarcevic, P. (2023): A novel orientation-based FSPL model parameter optimization method using PSO for indoor localization. In: *IEEE 21st World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics SAMI (2023): Proceedings*. 201–205.
- Csikós, S., Bálint, Á. (2016): DC motor speed control in LabVIEW. *Recent Innovations in Mechatronics*, 3 (1-2): 1–3. <https://www.doi.org/10.17667/riim.2016.1-2/15>.
- Dargan, S., Bansal, S., Kumar, M., Mittal, A., Kumar, K. (2023): Augmented reality: A comprehensive review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30 (2): 1057–1080. <https://doi.org/10.1007/s11831-022-09831-7>
- de Souza Cardoso, L. F., Mariano, F. C. M. Q., Zorzal, E. R. (2020): A survey of industrial augmented reality. *Computers & Industrial Engineering*, 139: 106159. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.106159>
- Fraga-Lamas, P., Fernandez-Carames, T. M., Blanco-Novoa, O., Vilar-Montesinos, M. A. (2018): A review on industrial augmented reality systems for the industry 4.0 shipyard. *Ieee Access*, 6: 13358–13375. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2808326>
- Fürstner, I., Gogolak, L. (2015): Presentation of the Developed Mechatronic Devices for Exhibition Purposes. *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems*, 6 (1): 23–28.

- Garzón, J. (2021): An Overview of Twenty-Five Years of Augmented Reality in Education. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5 (7): 37. <https://doi.org/10.3390/mti5070037>
- Gogolák, L., Fürstner, I. (2020): Wireless sensor network aided assembly line monitoring according to expectations of industry 4.0. *Applied Sciences*, 11 (1): 25. <https://www.doi.org/10.3390/app11010025>
- Kamińska, D., Zwoliński, G., Laska-Leśniewicz, A., Raposo, R., Vairinhos, M., Pereira, E., Urem, F., Ljubić Hinić, M., Haamer, R. E., Anbarjafari, G. (2023): Augmented Reality: Current and New Trends in Education. *Electronics*, 12 (16): 3531. <https://doi.org/10.3390/electronics12163531>
- Kóczi D., Sárosi J. (2022): Kollaboratív robotok ipari alkalmazása – Áttekintés. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 17 (1-2): 145–152. <https://www.doi.org/10.14232/jtgf.2022.1-2.145-152>
- Kocsispéter M. (2024): Valós idejű gyártáskövetés kiterjesztett valósággal. Diplomadolgozat, Faculty. Szegedi Tudományegyetem Mérnöki Kar. Szeged.
- Lukić, T., Lukity, A., Gogolák, L. (2011): Binary Tomography Reconstruction Method with Perimeter Preserving Regularization, Proceedings of 8th Conference of the Hungarian Association for Image Processing and Pattern Recognition (KEPAF), Szeged, Hungary. 83–91.
- Mendoza-Ramírez, C. E., Tudon-Martínez, J. C., Félix-Herrán, L. C., Lozoya-Santos, J. d. J., Vargas-Martínez, A. (2023): Augmented Reality: Survey. *Applied Sciences*, 13 (18): 10491. <https://doi.org/10.3390/app131810491>
- Mészáros, A., Sárosi, J. (2022): Soft Robotics: State of Art and Outlook. *Analecta Technica Szegedinensia*, 16 (1): 8–13. <https://doi.org/10.14232/analecta.2022.1.8-13>
- Odry, A., Kecskes, I., Pesti, R., Cík, D., Stefanoni, M., Sarosi, J., Sarcevic, P. (2025): NN-augmented EKF for Robust Orientation Estimation Based on MARG Sensors. *International Journal of Control, Automation Systems*, 23: 920–934. <https://doi.org/10.1007/s12555-024-0221-9>
- Pletl, S., Gál, P., Kukolj, D., Gogolák, L. (2010): Optimizing coverage in mobile wireless sensor networks, IEEE 8th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics. 371–376. <https://doi.org/10.1109/SISY.2010.5647399>
- Quandt, M., Knoke, B., Gorltdt, C., Freitag, M., Thoben, K. D. (2018): General requirements for industrial augmented reality applications. *Procedia Cirp*, 72: 1130–1135. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.061>
- Simion, A., Iftene, A., Gifu, D. (2021): An Augmented Reality Piano Learning Tool. In: *Proceedings of RoCHI 2021*. 134–141. <https://doi.org/10.37789/rochi.2021.1.1.21>
- Simon, J. (2024): Augmented Reality Based Industrial Digitalization and Logistics. *Analecta Technica Szegedinensia*, 18 (4): 1–8. <https://doi.org/10.14232/analecta.2024.4.1-8>
- Soltani, P., Morice, A. H. (2020): Augmented reality tools for sports education and training. *Computers & Education*, 155: 103923. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103923>
- Viglialoro, R. M., Condino, S., Turini, G., Carbone, M., Ferrari, V., Gesi, M. (2021): Augmented Reality, Mixed Reality, and Hybrid Approach in Healthcare Simulation: A Systematic Review. *Applied Sciences*, 11 (5): 2338. <https://doi.org/10.3390/app11052338>