

Proširena stvarnost

Pleše, Petar

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, University of Zagreb, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:131:287512>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-17**



Sveučilište u Zagrebu
Filozofski fakultet
University of Zagreb
Faculty of Humanities
and Social Sciences

Repository / Repozitorij:

[ODRAZ - open repository of the University of Zagreb
Faculty of Humanities and Social Sciences](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FILOZOFSKI FAKULTET
ODSJEK ZA INFORMACIJSKE I KOMUNIKACIJSKE ZNANOSTI
Ak. god. 2018./2019.

Petar Pleše

Proširena stvarnost

Završni rad

Mentor: dr.sc. Tomislav Ivanjko, doc.

Zagreb, lipanj 2019.

Izjava o akademskoj čestitosti

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je ovaj rad rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenom i citiranoj literaturi. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Također izjavljujem da nijedan dio rada nije korišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

(potpis)

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Povijesni razvoj AR-a.....	2
3. Hardver i softver	10
3.1. Hardver	10
3.2. Softver.....	14
4. Upotreba proširene stvarnosti	17
4.1. Arheologija	17
4.2. Arhitektura	17
4.3. STEM obrazovanje	18
4.4. Rani školski odgoj.....	18
4.5. Trgovina.....	19
4.6. Video igre.....	20
4.7. Automobilska industrija.....	20
4.8. Medicina	21
4.9. Vojska	21
4.10. Radno mjesto	22
4.11. Emitiranje i događaji uživo	22
4.12. Turizam i razgledavanje.....	23
4.13. Prevođenje.....	23
4.14. Glazba	24
4.15. Potencijalne opasnosti AR-a.....	24
5. Uporaba AR-a u baštinskim institucijama	26
5.1. Arhivi	26
5.2. Knjižnice.....	26
5.3. Muzeji	27
6. Zaključak.....	29
7. Literatura.....	30
8. Popis slika	41
7. Sažetak	42
8. Summary	43

1. Uvod

Proširena stvarnost interaktivno je iskustvo okruženja stvarnog svijeta u kojem su objekti koji se nalaze u stvarnom svijetu poboljšani računalno generiranim opažajnim informacijama, ponekad preko višestrukih senzornih modaliteta, uključujući vizualne, slušne, dodirne i mirisne (Schueffel, 2017). Čovjek traži prirodniji, efikasniji i pristupačniji način za interakciju sa računalima te digitalnim svijetom današnjice. Iz tog razloga se okreće AR¹ (engl. augmented reality) i VR² (engl. virtual reality) tehnologijama. Glavna razlika između tih tehnologija je što VR zamjenjuje prikaz stvarnog svijeta, dok AR na stvarni svijet nadodaje informacije, zbog čega postoji i razlika u hardveru koji se koristi. Međutim, VR i AR tehnologije ne isključuju jedna drugu, dapače, često su i komplementarne jedna drugoj te je razvoj i primjena jedne utjecao i na razvoj i primjenu druge.

AR tehnologija omogućuje nam da putem aplikacije kroz zaslon nekog uređaja, najčešće mobilnog telefona, vidimo elemente koji ne postoje u stvarnom životu. Ti elementi proširuju stvarnost oko nas, ali samo ako je gledamo kroz zaslon. Aplikacija omogućuje gledanje bez mogućnosti mijenjanja elemenata koje vidimo, tj. bez mogućnosti ikakve interakcije s njima. Za razliku od AR-a, za VR tehnologiju potrebno je koristiti naočale kroz koje ne vidite ništa oko sebe, već samo virtualno stvoreni svijet. U tom trenutku taj svijet koji gledate postaje vaša virtualna stvarnost, u kojoj interakcija s elementima koje vidite u aplikaciji nije moguća ili je pak moguća tek u minimalnoj mjeri - možete, primjerice, otvoriti vrata, pomicati predmete, povećavati prikaz i slično. (Europska komisija, 2019.) Kroz rad se koriste kratice AR za proširenu, te VR za virtualnu stvarnost. Obje tehnologije su vrlo mlade; razvoj im je započeo drugom polovicom 20. stoljeća, a šira upotreba i pristupačnost tek početkom 21. stoljeća. No, usprkos tome, sve brži tehnološki napredak te globalizacija doveli su do toga da se obje tehnologije veoma brzo šire, postaju dostupne sve većem broju ljudi te se svakodnevno pronalaze njihove nove potencijalne upotrebe.

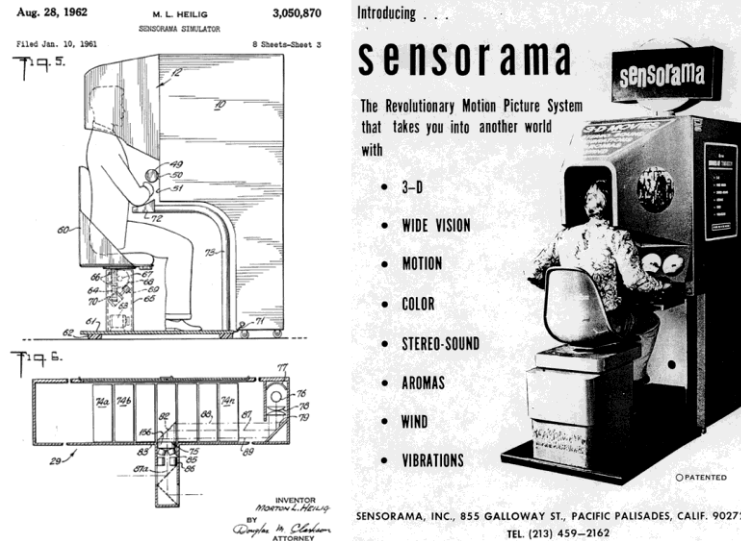
¹proširena stvarnost

²virtualna stvarnost

2. Povijesni razvoj AR-a

Tehnologiju proširene stvarnosti prvi je koncipirao Lyman Frank Baum, svijetu najpoznatiji kao autor romana „The Wonderful Wizard of Oz“, u svom romanu „The Master Key“ iz 1901. godine, gdje piše o dječaku Robu koji, eksperimentirajući sa strujom, prizove Demona Struje. Demon mu zatim ponudi nekoliko darova, od kojih svaki predstavlja konceptualnu tehnologiju iz margina znanstvene fantastike. Među tim darovima su i naočale koje dječaku omogućavaju da na čelu svake osobe vidi slovo koje označava karakter te osobe; slovo G dobru (engl. good), slovo E zlu (engl. evil), slovo W mudru (engl. wise), slovo F budalastu (engl. foolish), slovo K ljubaznu (engl. kind) te slovo C okrutnu (engl. cruel) (Pescovitz, 2012).

Prvi stroj koji je u praksi upotrebljavao tehnologiju koja bi se mogla nazvati VR-om bio je Sensorama, patentiran 1961. od strane Mortona Heiliga. Radi se o uređaju kojeg možemo usporediti sa današnjim 4DX kino dvoranama. Heilig, kojeg bi se danas smatralo multimedijalnim stručnjakom, pedesetih godina prošlog stoljeća gledao je na kazalište kao na djelatnost koja bi mogla učinkovito obuhvatiti sva osjetila i tako privući gledatelja u aktivnost na zaslonu. Sensorama je mehanički uređaj koji uključuje stereoskopski zaslon u boji, ventilatore, odašiljače mirisa, stereo zvučni sustav i pokretni stolac. Simulirao je vožnju motociklom kroz New York tako što je gledatelj sjedio na virtualnom motociklu dok je doživljavao osjećaj vožnje ulicom kroz zaslon, vjetar koji je generirao ventilator, te simuliranu buku i miris grada. Ti događaji su se aktivirali u odgovarajuće vrijeme, npr. ispuštanje ispušnih plinova kada se vozač približio autobusu. Benzinske pare i mirisi hrane postignuti su putem kemikalija. Heilig nije uspio prikupiti financijsku potporu za projekt i viziju koju je imao, tako da Sensorama nije zaživjela te postoji samo jedan prototip izrađen 1962. godine (Heilig, 1962).



Slika1.Sensorama

Preuzeto s: <https://www.avadirect.com/blog/the-history-of-virtual-reality/>

Sljedeći te veoma značajan napredak bio je Damoklov mač (engl. The Sword of Damocles). Riječ je o prvom VR sustavu sa ekranom koji se nosio na glavi. Njegov stvoritelj bio je Ivan Edward Sutherland, internetski pionir, otac računalne grafike, izumitelj Sketchpada te dobitnik Turingove nagrade i Kyoto nagrade u naprednoj tehnologiji. On je skupa sa svojim studentima Bobom Sproullom, Quintinom Fosterom, Dannyem Cohenom i ostalima 1968. osmislio prvi sustav koji je pratio pogled i pokrete glave korisnika. Softver bi mijenjao perspektivu koju korisnik vidi ovisno o pokretima te sliku prikazivao na stereoskopskom zaslonu. Djelomično zbog težine Sutherlandovog uređaja, a prvenstveno zbog potrebe za praćenjem kretanja glave, bilo je potrebno da se uređaj pričvrsti na mehaničku ruku koja je visjela s stropa laboratorija. Sustav se sastojao od šest podsustava: djelatlja isječaka, množitelja matrica, vektorskog generatora, slušalica, senzora položaja glave i računala opće namjene (Sutherland, 1968). Također, bitno je napomenuti da je sam uređaj koji se postavljao na glavu korisnika bio djelomice proziran, što ga u kombinaciji sa drugim značajkama čini pretečom AR sustava, zbog razloga što samom činjenicom što je bio proziran nije korisnika u potpunosti isključivao iz okoline, te je prvi sustav koji je to postizao (Peddie, 2017). Sutherlandov VR sustav se također koristio u američkoj vojsci za gledanje vidozapisa snimljenih kamerama postavljenim na trbuh helikoptera (Rheingold, 1992).

Sredinom 1970-ih, Myron Krueger osnovao je laboratorij za umjetnu stvarnost nazvan Videoplace. Njegova je zamisao s Videoplaceom bila stvaranje umjetne stvarnosti koja je okruživala korisnike i reagirala na njihove pokrete i djelovanja, a da ih nije opterećivala upotrebom naočala ili rukavica. Videoplace je koristio projektore, videokamere, hardver posebne namjene i siluete korisnika na zaslonu kako bi korisnike postavili u interaktivno okruženje. Korisnici u odvojenim sobama u laboratoriju mogli su međusobno komunicirati putem ove tehnologije. Kretanja korisnika snimljenih na videu analizirana su i prenesena na prikaze silueta korisnika u okruženju umjetne stvarnosti. Korisnici su mogli vizualno vidjeti rezultate svojih akcija na ekranu te su uz korištenje jednostavnih, ali efektno obojanih silueta, korisnici imali osjećaj prisutnosti u interakciji s objektima na zaslonu i drugim korisnicima, iako nije postojao hardver koji bi omogućivao taktilnu povratnu informaciju. Osjećaj prisutnosti bio je dovoljan da su se korisnici izmicali kad su se njihove siluete preklapile s onima drugih korisnika (Rheingold, 1992).

Za prvo tzv. nosivo računalo zaslužan je rad prof. Stevea Manna, kanadskog istraživača i izumitelja koji je ostvario velike napretke u tehnologiji općenito, i koji je, među ostalim, radio na HDR³ (engl. high dynamic range) fotografiranju, EyeTap uređaju, koji se nosi ispred očiju i koji služi kao kamera za snimanje scene dostupne oku te kao i zaslon za prikazivanje računalno generiranih slika na izvornoj sceni koja je dostupna oku, što je preteča današnjih uređaja kao što je Google Glass, te na hydraulophoneu, eksperimentalnom glazbenom instrumentu koji upotrebljava hidrauličnu tekućinu pod tlakom, kao što je voda, za dobivanje zvuka. Steve Mann je 1981. godine dizajnirao i izgradio multimedijalno računalo koje se nosilo kao ruksak, opremljeno mogućnostima za prikaz teksta, grafike i multimedije, kao i mogućnošću videozapisa pomoću kamera i drugih fotografskih sustava montiranih na kacigu koja je bila povezana sa računalom koje se nalazilo u ruksaku (Mann, 2012).

Sam termin „augmented reality“ skovao je Thomas Caudell 1990. godine, istraživač koji je radio na upotrebi AR-a u svrhu podrške u industrijskim procesima u zrakoplovnoj kompaniji Boeing (Kangdon, 2012).

³visokodinamičkiraspon

Louis Rosenberg je 1992. godine razvio je jedan od prvih funkcionalnih i imerzivnih AR sustava pod imenom Virtual Fixtures u Armstrong laboratoriju⁴. Budući da je 3D grafika početkom 1990-ih bila prespora da bi predstavila fotorealističnu i prostorno registriranu proširenu stvarnost, Virtual Fixtures koristili su dva stvarna fizička robota, kontrolirana preko egzoskeleta koji je pokrivaio gornji dio tijela i nosio ga je korisnik. Da bi se stvorilo imerzivno iskustvo za korisnika, primijenjena je jedinstvena konfiguracija optike koja je uključivala par dvoglednih povećala poravnanih tako da je pogled korisnika na ruke robota bio pomaknut prema naprijed kako bi se pojavio registriran u točnoj lokaciji stvarnih fizičkih ruku korisnika. Rezultat je bio prostorno registrirano iskustvo u kojem je korisnik pomicao svoje ruke, dok je vidio robotske ruke na mjestu na kojem bi trebale biti korisnikove ruke. Testiranje performansi Fittsovog zakona, koji promatra interakciju čovjeka i računala u smislu interakcije pomoću dodira ili uređaja za pokazivanje, provedeno je na ispitanicima te je po prvi put pokazalo da se pružanjem imerzivnih prikaza proširene stvarnosti korisnicima mogu značajno poboljšanje ljudske performanse u svakodnevnim zadacima koji zahtijevaju spretnost. Ovdje Rosenberg, kako bi objasnio što želi postići sa Virtual Fixtures, navodi primjer povlačenja ravne linije na komadu papira. Prostom rukom je to zadatak koji je vrlo teško, često i nemoguće izvesti sa dobrom preciznošću i brzinom. Međutim, ako koristimo ravnalo, to postaje zadatak kojeg je moguće izvesti bez puno napora, veoma brzo i precizno. Za Rosenberga je Virtual Fixtures upravo to ravnalo, uređaj koji omogućava obavljanje svakodnevnih zadataka na puno efikasniji način (Rosenberg, 1993).

Godine 1994. Australka Julie Martin producirala je predstavu „Dancing in Cyberspace“ koju je financiralo Australsko vijeće za umjetnost, te u kojoj su plesači i akrobati manipulirali virtualnim objektima projektiranim u isti fizički prostor, odnosno na pozornicu (European Theatre Lab, 2017.).

Tvrtka Sportsvision 1998. godine na televizijskom prijenosu utakmice američkog NFL-a između Cincinnati Bengalisa i Baltimore Ravensa prvi put prikazuje grafičke elemente na travnjaku terena. Prva namjena je bila prikazivanje žute linije na mjestu gdje je igrač zaustavljen i sa kojeg će se igra nastaviti, kako bi gledatelju omogućili bolje i lakše praćenje događaja na terenu. Žuta

⁴IstraživačkilaboratorijzračnihsnagaSjedinjenihAmeričkihDržava

linija se nije fizički nalazila na terenu, nego su ju samo mogli vidjeti gledatelji na televiziji, te se za njen prikaz koristio računalni sustav 1st & Ten (Berlin, 2009).

Godinu dana kasnije, Laboratorij pomorskih ratnih snaga Sjedinjenih Američkih Država pokreće Battlefield Augmented Reality System⁵ projekt, namijenjen osmišljavanju, projektiranju i prototipiranju nosivih sustava za vojnike koji su se nalazili u urbanim okruženjima u svrhu povećanja svjesnosti o situaciji i obuke (U.S. Naval Research Laboratory, 2019).

Također, iste te godine NASA koristi hibridni sustav sintetičkog vida koji je integrirao proširenu stvarnost u svemirsku letjelicu X-38. Tehnologija proširene stvarnosti korištena je kako bi se poboljšala navigacija tijekom testnih letova. Za navigaciju je korišten LandForms softver koji stvara 3D okruženje koristeći geografske podatke (Delgado i Abernathy, 2004).

Izniman napredak i ostvarenje u vidu današnje tehnologije ostvaren je 2000. godine kada je Hirokazu Kato sa Nara instituta za znanost i tehnologiju razvio ARToolKit. ARToolKit je knjižnica računalnog praćenja otvorenog koda za stvaranje snažnih aplikacija proširene stvarnosti koji virtualne slike prekrivaju nad stvarnom svijetu. Trenutno se održava kao projekt otvorenog koda postavljen na poslužitelju GitHub. Da bi se stvorila snažna proširena stvarnost, koristi se mogućnost praćenja videa koja izračunava stvarni položaj kamere i orijentaciju u odnosu na kvadratne fizičke oznake ili prirodne oznake u stvarnom vremenu. Kada je pozicija stvarnog fotoaparata poznata, virtualna kamera se može smjestiti u istu točku i 3D modeli računalne grafike postavljeni su točno prekriveni nad pravom oznakom. Dakle, ARToolKit rješava dva ključna problema u proširenoj stvarnosti; praćenje gledišta i interakcija sa virtualnim objektima. 2001. godine verzija 1.0 je postala otvorenog koda te je puštena u distribuciju preko HIT⁶ laboratorija Sveučilišta u Washingtonu. ARToolKit je bio jedan od prvih AR SDK-ova⁷(engl. software development kit) za mobilne uređaje, koji se prvi put pojavio na Symbianu 2005., zatim iOS-u sa iPhone 3G-om 2008., te Androidu 2010. godine. Također, 2009. godine je ARToolKit inkorporiran u Adobe Flash softver, te je samim time tehnologija postala dostupna u web browserima (Lamb, 2014).

⁵BARS

⁶Human Interface Technology

⁷kompletzarazvojssoftvera

Esquire časopis, u suradnji sa Robert Downey Jr.-om, u prosincu 2009. godine izbacuje broj časopisa na čijoj naslovnici se nalazio QR kod. Kada ga se skeniralo, poznati glumac bi „oživio“ i interaktirao sa čitateljem. Ovo je bila prva upotreba AR-a u tiskanim medijima (Esquire, 2009).



Slika2. Robert Downey Jr. - Esquire naslovnica

Preuzeto s: <https://www.pinterest.com/pin/230176230925165763/>

Volkswagen 2013. godine koristi proširenu stvarnost u svrhu priručnika za automobile. Korištenje aplikacije MARTA⁸ putem iPada može pomoći korisnicima da pregledaju unutarnji izgled vozila tako da mehaničari znaju s čime imaju posla. Aplikacija MARTA također može prikazati uzastopne upute za pomoć mehaničarima u projektima na kojima rade, može pomoći kod zamjene dijelova te čak biti i specifičan, npr. u kojem smjeru bi dijelovi trebali biti okrenuti. Aplikacija MARTA može se koristiti i za kozmetičke projekte, uključujući i pregled kako različite boje mogu izgledati na vozilu (Lee, 2013).

Google 2014. godine otkriva Google Glass projekt te ga čini dostupnog korisnicima. Radi se o tzv. pametnim naočalama, optičkom zaslonu koji se postavlja na glavu i dizajniran je u obliku naočala. Prikazuje informacije u handsfree formatu, na način sličan pametnom telefonu. Korisnici komuniciraju s Internetom putem glasovnih naredbi na prirodnom jeziku. Dok sam uređaj nije bio onoliko popularan kao što su se njegovi razvijatelji nadali, pokazao je potencijal

⁸Mobile Augmented Reality Technical Assistance

onoga što se može ostvariti preko nosivog uređaja proširene stvarnosti. Koriste ga radnici u tvornicama, kako bi im pomogao u svakodnevnim poslovima i povećanju efikasnosti i produktivnosti. Google je u svibnju 2019. najavio novu verziju uređaja, poboljšanih tehničkih specifikacija (Google, 2019).

Microsoft je također razvio sustav kojeg direktno možemo usporediti sa Google Glass-om, Microsoft HoloLens. Njegova prva verzija je u produkciju puštena u ožujku 2016. po cijeni od 3000 američkih dolara. HoloLens je uređaj sa zaslonom postavljen na glavu koji je spojen na podesivu unutarnju traku, pomoću koje se uređaj može nagibati gore i dolje, kao i naprijed i natrag. Za nošenje jedinice, korisnik postavlja HoloLens na glavu pomoću podešavanja kotačića na poledini trake za glavu kako bi ga se učvrstilo, podupirajući i raspodijeljujući težinu uređaja jednako za udobnost te se zatim sam vizir zakreće prema prednjoj strani očiju. Na prednjoj strani uređaja nalaze se mnogi senzori i pripadajući hardver, uključujući procesore, kamere i projekcijske leće. Vizir je zatamnjen te se unutar vizira nalazi se par prozirnih kombinatorskih leća, u kojima su projicirane slike prikazane u donjoj polovici. HoloLens mora biti kalibriran prema interpupilarnoj udaljenosti ili uobičajenom vidu korisnika. Uz donje rubove bokova, koji se nalaze u blizini korisnika, nalaze se par malih 3D zvučnika. Zvučnici ne ometaju vanjske zvukove te omogućujući korisniku da čuje virtualne zvukove zajedno s okolinom. Pomoću prijenosnih funkcija koje se odnose na glavu, HoloLens generira zvuk binauralnog zvuka koji može simulirati prostorne učinke; što znači da korisnik, virtualno, može percipirati i locirati zvuk, kao da dolazi iz virtualne točke ili lokacije. Na kraju lijeve ruke okvira nalazi se tipka za napajanje i red od pet malih pojedinačnih LED čvorova, koji služe za označavanje statusa sustava, kao i za upravljanje napajanjem, označavajući razinu napunjenosti baterije i postavku napajanja odnosno pripravnosti. USB 2.0 priključak se nalazi uz donji rub. 3,5 mm audio utičnica nalazi se uz donji rub desne ruke (Microsoft, 2019). HoloLens uređaj je hardverski i funkcionalno značajno napredniji od konkurentskog Google Glass uređaja, što pokazuje i cijena; trenutnu iteraciju HoloLensa (HoloLens 2) moguće je prednaručiti po cijeni od 3500 dolara, dok Google Glass Enterprise Edition 2 košta 999 dolara (Levy, 2019).



Slika3.HoloLens 2

Preuzeto s: <https://www.theverge.com/2019/2/24/18235460/microsoft-hololens-2-price-specs-mixed-reality-ar-vr-business-work-features-mwc-2019>

Niantic, američka softverska firma, je 6. srpnja 2016. godine na tržište izbacila Pokemon Go, AR igru za iOS i Android uređaje. Igra je rezultat suradnje između tvrtka Niantic, Nintendo i The Pokemon Company. Koristi GPS mobilnog uređaja za pronalaženje, hvatanje, borbu i obuku virtualnih stvorenja, zvanih Pokemon, koja se pojavljuju kao da su u stvarnom svijetu igrača. Pokemon Go je po izlasku zaprimio mješovite kritike; kritičari su pohvalili koncept, ali kritizirali su tehničke probleme. Aplikacija je bila jedna od najkorištenijih i profitabilnih mobilnih aplikacija u 2016., koja je do kraja godine preuzeta više od 500 milijuna puta u svijetu. Smatra se zaslužnom za popularizaciju tehnologije koja se temelji na lokaciji i AR-u, promicanju tjelesne aktivnosti i povećanju prometa lokalnih tvrtka zbog povećanog pješačkog prometa. Međutim, privukla je i kontroverze zbog doprinosa nesrećama i stvaranja javnih neugodnosti. U veljači 2019. aplikacija je prešla brojku od 1 milijarde preuzimanja te je uz to tvrtci Niantic uprihodila više od 2 milijarde američkih dolara (Wikipedia, 2019).

3. Hardver i softver

3.1. Hardver

Hardverske komponente za proširenu stvarnost su: procesor, zaslon, senzori i ulazni uređaji. Moderni mobilni računalni uređaji poput pametnih telefona i tablet računala sadrže te elemente, koji često uključuju kameru i senzore kao što su akcelerometar, GPS i kompas, što ih čini prikladnim AR platformama (Metz, 2012).

Različite tehnologije koriste se u renderiranju proširene stvarnosti, uključujući optičke projekcijske sustave, monitore, ručne uređaje i sustave prikaza koji se nose na ljudskom tijelu. Zaslon postavljen na glavu⁹(engl. head-mounted display) je uređaj za prikazivanje koji se nosi na čelu, učvršćen remenom ili montiran na kacigu. Moderni HMD-ovi često koriste senzore kako bi nadzirali pokrete po 6 stupnjeva slobode (pokreti gore-dolje, lijevo-desno, naprijed-nazad, nagnjanje lijevo-desno, naprijed-nazad te rotiranje u stranu) koji omogućuju sustavu da poravna virtualne informacije s fizičkim svijetom i da se u skladu s tim prilagodi pokretima glave korisnika (Klepper, 2007). Određeni pružatelji usluga, kao što su uSens (Matney, 2016) i Gestigon (Gestigon, 2019), uključuju kontrole gestama za potpunu virtualnu imerziju. Tvrtka Meta sa svojim HMD uređajem The Meta 2 trenutno ima uređaj sa najvećim vidnim poljem, sa 90° dijagonalnog prikaza te rezolucijom od 2560*1440 piksela (Wakefield, 2016).

Heads-up zaslon¹⁰ (engl. heads-up display) je proziran zaslon koji prikazuje podatke bez potrebe da korisnici skreću pogled sa svojih uobičajenih gledišta. Još 50-ih godina 20. stoljeća razvijani su u vojne svrhe kako bi pilotima projicirali jednostavne podatke o letu u njihovu liniju vida, omogućivši im da drže glavu gore (engl. heads up) te da ne moraju spuštati pogled na instrumente. Također je prednost takvog sustava bila da se oči pilota nisu morale stalno refokusirati, kao što bi bio slučaj da pilot mora skretati pogled na instrumente u kabini pa natrag na vidno polje izvan letjelice (Kim, 2016). Samim time, HUD sustavi su preteča AR sustava današnjice. Dok AR sustavi prate pokrete korisnika, HUD samo prikazuje podatke, informacije i slike dok korisnik gleda stvarni svijet (Martindale, 2019).

⁹HMD

¹⁰HUD

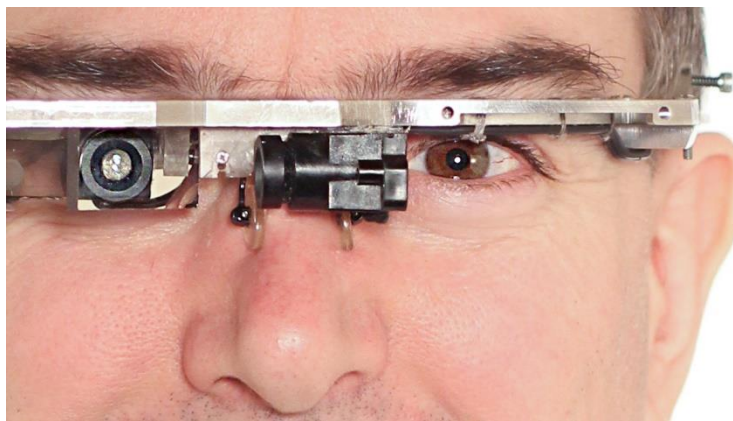
Kontaktne leće koje prikazuju AR slike su u razvoju. Ove bioničke kontaktne leće mogu sadržavati elemente za prikaz ugrađene u leću uključujući integrirane sklopove, LED diode i antenu za bežičnu komunikaciju. Prvi patent za kontaktne leće sa zaslonom zabilježen je 1999. (Mann, 1999), a sljedeći spomen primjene tehnologije u 2011. (Greenemeier, 2011). Druga verzija kontaktnih leća, u razvoju američke vojske, dizajnirana je da funkcionira s AR naočalama, omogućujući vojnicima da se fokusiraju na bliske slike oka na naočalama i udaljenim objektima stvarnog svijeta istovremeno. Mnogi znanstvenici rade na kontaktnim lećama sposobnim za različite tehnološke podvige. Patent koji je podnio Samsung opisuje AR kontaktne leće koje će, kada budu završene, sadržavati ugrađenu kameru na samoj leći. Dizajnirane su tako da se sučelje kontrolira treptanjem oka. Također su namijenjene za povezivanje s korisnikovim pametnim telefonom kako bi se pregledao snimljeni materijal i odvojeno kontroliralo samu kameru (Santos, 2016).

Virtualni mrežnični zaslon¹¹ (engl. virtual retinal display) je osobni uređaj za prikaz koji se razvija na već spomenutom HIT laboratoriju pod dr. Thomasom A. Furnessom III. S ovom tehnologijom, zaslon se skenira izravno na mrežnicu okakorisnika. Rezultat su svijetle slike s visokom razlučivošću i visokim kontrastom. Korisnik vidi uobičajeni prikaz koji lebdi u prostoru. Provedeno je nekoliko testova kako bi se ispitalo sigurnost VRD-a. Testovi su provedeni nad pacijentima sa djelomičnim gubitkom vida; kao posljedica degeneracije žute pjege ili keratokonusa. Nekoliko je zaključaka izvedeno iz testova: pacijenti sa degeneracijom žute pjege su preferirali prikaz VRD slika nad slikama na monitorima sa katodnom cijevi te prikazima na papiru te su ih mogli vidjeti jednako ili bolje, a pacijenti sa keratokonusom su na VRD-u mogli vidjeti prikaze detaljnije nego na svojim naočalama te su ih mogli vidjeti lakše i sa većom oštrinom. Samim time, zaključeno je da je VRD tehnologija sigurna. Prikazi na VRD-u se mogu vidjeti na dnevnoj i sobnoj svjetlosti. Dodatni testovi pokazuju visoku mogućnost da se VRD koristi kao tehnologija prikaza za pacijente koji imaju slab vid (Viire, Pryor, Nagata i Furness, 1998).

Uređaji kao što su Google Glass i EyeTap nose se ispred očiju i služe kao kamera za snimanje scene dostupne oku i kao zaslon za prikazivanje računalno generiranih slika na izvornoj sceni koja je dostupna oku. Ova struktura omogućuje da oči korisnika funkcioniraju i kao monitor i

¹¹VRD

kao kamera, dok uređaji unose prikaz svijeta oko sebe i modificiraju sliku koju korisnik vidi dopuštajući joj da prikazuje računalno generirane podatke povrh stvarnog svijeta koji korisnik vidi (Mann, 2014).



Slika4.Steve Mann i EyeTap

Preuzeto s: https://en.wikipedia.org/wiki/Steve_Mann

Ručni uređaji sadržavaju zaslon te stanu u korisnikovu ruku. Koriste kamere i senzore kako bi na sliku stvarnog svijeta postavili računalno generiranu sliku proširene stvarnosti. Ručni uređaji postižu prve komercijalne uspjehe za AR tehnologiju. Dvije glavne prednosti ručnih AR uređaja su prijenosna priroda ručnih uređaja i sveprisutnost pametnih telefona sa fotoaparatom. Nedostaci su fizička ograničenja korisnika da u svakom trenutku drži ručni uređaj ispred sebe, kao i iskrivljena slika koju daje leća mobilnih kamera u usporedbi sa stvarnim svijetom (Sung, 2011).

Prostorno proširena stvarnost¹² (engl. spatial augmented reality) proširuje objekte i prizore iz stvarnog svijeta, bez korištenja posebnih zaslona kao što su monitori, zaslone na glavi ili ručni uređaji. SAR koristi digitalne projektore za prikaz grafičkih informacija na fizičkim objektima. Ključna razlika u SAR-u je da je zaslon odvojen od korisnika sustava. Budući da zaslone nisu povezani sa svakim korisnikom, SAR skalira sa povećanjem skupine korisnika, što omogućuje kolokaciranu suradnju među korisnicima. Primjeri tehnologija koje se koriste u SAR-u uključuju shader lampe, mobilne projektore, virtualne stolove i pametne projektore. Shader lampe oponašaju i proširuju stvarnost projicirajući slike na neutralne objekte, što pruža mogućnost

¹² SAR

proširenja izgleda objekta pomoću projektora, kamere i senzora. Ostale primjene uključuju projekcije stolova i zidova. Jedna inovacija, Prošireni Virtualni Stol (engl. Extended Virtual Table), odvaja virtualno od stvarnog upotrebom zrcala za razdvajanje snopa svjetla pričvršćenih na strop pod prilagodljivim kutom. Virtualne vitrine, koje koriste zrcala za razdvajanje snopa zajedno s više grafičkih prikaza, pružaju interaktivno sredstvo istovremene interakcije s virtualnim i stvarnim. SAR sustav može istovremeno prikazivati na bilo kojem broju površina u zatvorenom prostoru (Azuma, 1997).

Moderni mobilni sustavi proširene stvarnosti koriste jednu ili više od sljedećih tehnologija za praćenje pokreta: digitalne kamere i/ili druge optičke senzore, akcelerometre, GPS, žiroskope, kompase te radiofrekvencijsku identifikaciju¹³ (engl. Radio-frequency identification). Navedene tehnologije nude različite razine točnosti i preciznosti. Najvažnije je pratiti položaj i orijentaciju glave korisnika. Praćenje pokreta korisnikovih ruku ili ručnog uređaja za unos može pružiti interakciju po prethodno navedenih 6 stupnjeva slobode (Azuma, 1997).

Mobilne aplikacije proširene stvarnosti dobivaju na popularnosti zbog široke upotrebe mobilnih i nosivih uređaja. Međutim, one se često oslanjaju na računalno intenzivne algoritme računalnog vida. Kako bi se nadoknadio nedostatak računalne snage, često je poželjna obrada podataka na udaljenom računalu. Udaljavanje računanja sa samih uređaja uvodi nova ograničenja u aplikacijama, posebno u pogledu latencije i propusnosti. Iako postoji mnoštvo multimedijjskih protokola za razmjenu podataka koji se odvijaju u realnom vremenu, postoji potreba za podrškom i od strane mrežne infrastrukture (Braud, Hassani Bijarbooneh, Chatzopoulos i Hui, 2017).

Što se tiče samog unosa podataka, upotrebljava se govorni unos podataka te unos podataka gestama. Kod govornog unosa koriste se sustavi za prepoznavanje govora koji prevode korisnikove govorne riječi u računalne upute, a kod unosa putem gesti koriste se sustavi prepoznavanja pokreta koji interpretiraju pokrete tijela korisnika vizualnim detektiranjem ili sensorima ugrađenim u periferni uređaj, kao što su štapić, olovka, pokazivač, rukavica ili neki drugi predmet kojeg korisnik postavlja na tijelo (Branscombe, 2013).

¹³ RFID

Računala analiziraju prepoznate vizualne i druge podatke za sintetiziranje i pozicioniranje proširenja te samim time odgovorna za grafiku koja ide uz proširenu stvarnost. Proširena stvarnost koristi računalno generiranu sliku koja ima značajan učinak na način na koji se prikazuje stvarni svijet. Uz poboljšanje tehnologije i računala, proširena stvarnost će dovesti do drastičnih promjene u perspektivi stvarnog svijeta (Bonsor i Chandler, 2001). Prema časopisu Time, predviđa se da će proširena stvarnost i virtualna stvarnost za otprilike 15-20 godina postati primarni način za interakciju sa računalima (Bajarin, 2017). Računala se poboljšavaju vrlo brzo, što dovodi do novih načina za poboljšanje drugih tehnologija, a što više računala napreduju, proširena stvarnost će postati fleksibilnija i češća u društvu. Računala su jezgra proširene stvarnosti. Računalo zaprima podatke od senzora koji određuju relativnu poziciju površine objekta. To se prevodi na ulaz u računalo koje zatim kroz izlaz šalje korisnicima izvorni prikaz uz proširenje dodavanjem nečega što se inače tamo ne nalazi. Računalo uzima skeniranu okolinu, zatim generira slike ili videozapis i stavlja ih na izlaznu periferiju kako bi korisnik mogao vidjeti dodano proširenje (Meisner, Donnelly i Roosen, 1999).

3.2. Softver

Ključna mjera AR sustava je sa kolikom realnošću integriraju augmentacije sa stvarnim svijetom. Softver mora izvesti koordinate iz stvarnog svijeta, neovisno o fotoaparatu i slikama fotoaparata. Taj se proces naziva registracija slike i koristi različite metode računalnog vida, uglavnom vezane uz video praćenje. Mnoge metode računalnog vida proširene stvarnosti naslijeđene su od vizualne odometrije (Azuma, Baillot, Behringer, Feiner, Julier i MacIntyre, 2001). Obično se te metode sastoje od dvije faze. Prva faza je otkrivanje interesnih točaka, fiducijalnih oznaka ili optičkog protoka u slikama fotoaparata. Ovaj korak može koristiti metode otkrivanja značajki kao što su otkrivanje kuta, detekcija blobova, otkrivanje ruba ili postavljanje praga i druge metode obrade slike. Druga faza vraća koordinatni sustav stvarnog svijeta iz podataka dobivenih u prvoj fazi. Neke metode pretpostavljaju da su objekti s poznatom geometrijom tj. fiducijalnim oznakama prisutni u sceni. U nekim od tih slučajeva 3D strukturu scene treba izračunati unaprijed. Ako je dio scene nepoznat, istodobna lokalizacija i mapiranje¹⁴(engl. simultaneous localization and mapping) mogu mapirati relativne položaje. Ako

¹⁴ SLAM

nema dostupnih informacija o geometriji scene, koriste se strukture iz metoda gibanja kao što je podešavanje snopa. Matematičke metode koje se koriste u drugoj fazi uključuju: projektivnu, odnosno epipolarnu geometriju, geometrijsku algebru, rotacijsku reprezentaciju s eksponencijalnom kartom, kalman i čestične filtere, nelinearnu optimizaciju i robustne statistike (Bajura i Neumann, 1995).

Prošireni jezik za označavanje stvarnosti¹⁵ je podatkovni standard razvijen unutar organizacije Open Geospatial Consortium¹⁶ koji se sastoji od gramatike Extensible Markup Language¹⁷ koja opisuje mjesto i izgled virtualnih objekata u sceni, te ECMAScript skriptnog jezika koji omogućuje dinamički pristup svojstvima virtualnih objekata (The Open Geospatial Consortium, 2019). Također, kako bi se omogućio brz razvoj aplikacija proširene stvarnosti, pojavili su se neki paketi za razvoj softvera (SDK) uz prethodno navedeni ARToolKit (Baldwin, 2017).

Što se tiče kreiranja samih okruženja, kontekstualni dizajn usredotočuje se na fizičko okruženje krajnjeg korisnika, prostorni prostor i pristupačnost koji mogu igrati ulogu u korištenju AR sustava. Sa time na umu, dizajneri korisničkog iskustva¹⁸ (engl. user-experience designers) trebaju biti svjesni mogućih fizičkih scenarija u kojima krajnji korisnik može biti, kao što su: javni, u kojem korisnik koristi svoje cijelo tijelo za interakciju sa softverom; osobni, u kojem korisnik koristi pametni telefon u javnom prostoru; intimni, u kojoj korisnik sjedi za radnom stanicom i ne kreće se te privatni, u kojem korisnik ima nosivi uređaj (Wilson, 2017). Procjenom svakog fizičkog scenarija mogu se izbjeći potencijalne sigurnosne opasnosti i moguće su nadogradnje kako bi se poboljšala imerzija krajnjeg korisnika. UX dizajneri moraju definirati korisnička iskustva za odgovarajuće fizičke scenarije i definirati kako sučelje reagira na svaki od njih. Posebno u AR sustavima, od iznimne je važnosti razmotriti prostorne i okolne elemente koji mijenjaju učinkovitost AR tehnologije. Elementi okoliša kao što su rasvjeta i zvuk mogu utjecati na rad i učinkovitost senzora AR uređaja da detektira potrebne podatke te uništiti imerziju krajnjeg korisnika. Također, drugi aspekt kontekstualnog dizajna uključuje oblikovanje funkcionalnosti sustava i njegovu sposobnost prilagođavanja korisničkim preferencijama. Važno je napomenuti da u nekim situacijama funkcionalnost aplikacije može ometati korisnikovu

¹⁵ARML

¹⁶OGC

¹⁷XML

¹⁸ UX designers

sposobnost. Na primjer, aplikacije koje se koriste za vožnju trebale bi smanjiti količinu korisničke interakcije, pogotovo u vizualnom smislu, te umjesto toga koristiti zvučne zapise (Koelle, Lindemann, Stockinger i Kranz, 2004).

Dizajn interakcije u AR tehnologiji temelji se na interakciji korisnika i sustava s krajnjim ciljem poboljšanja cjelokupnog korisničkog iskustvo i užitka. Svrha dizajna interakcije je izbjegavanje zbunjivanja korisnika organiziranjem prikazanih informacija. Budući da se interakcija korisnika oslanja na korisnikov unos, dizajneri moraju olakšati razumijevanje i pristup sustavnim kontrolama. Uobičajena tehnika za poboljšanje upotrebljivosti u aplikacijama proširene stvarnosti je otkrivanje područja kojima se često pristupa na dodirnom zaslonu uređaja i dizajn aplikacije koja odgovara tim područjima kontrole. U dizajnu interakcije važno je da programeri koriste AR tehnologiju koja nadopunjuje funkciju ili svrhu sustava, na primjer mogu smatrati prikladnim da digitalni elementi skaliraju ili reagiraju na smjer kamere i kontekst detektiranih objekata (Lamantia, 2009).

Kada je riječ o vizualnom dizajnu, kako bi poboljšali elemente grafičkog sučelja i interakciju korisnika, programeri mogu koristiti vizualne savjete kako bi informirali korisnika koji su elementi grafičkog sučelja dizajnirani za interakciju i na koji način se vrši interakcija. Budući da se navigacija u AR aplikaciji može činiti teškom i frustrirajućom, vizualni dizajn i savjeti mogu učiniti interakciju prirodnijom. U nekim aplikacijama proširene stvarnosti koje koriste 2D uređaj kao interaktivnu površinu, 2D kontrolno okruženje se ne prevodi dobro u 3D prostor zbog čega korisnici oklijevaju istraživati okolinu. Kako bi riješili ovaj problem, programeri bi trebali u tijeku same interakcije potaknuti korisnike da istražuju svoje okruženje. Važno je ovratiti pažnju na dvije vrste objekata u AR-u pri izradi VR aplikacija: 3D volumetrijske objekte kojima se manipulira i koji realno interagiraju sa svjetlom i sjenama, te animirane 2D objekte kao što su slike i videozapisi koji su uglavnom tradicionalni 2D mediji prikazani u novom kontekstu proširene stvarnosti. Kada se virtualni objekti projiciraju na realno okruženje, dizajnerima AR aplikacija predstavlja izazov da objekte integriraju na prirodan način u odnosu na realno okruženje, posebno kada je riječ o 2D objektima. Kako bi to postigli, mogu koristiti razne tehnike kako bi istaknuli prisutnost objekta, kao što je korištenje tehnika rasvjete ili bacanja sjena kako bi se naglasila dimenzija dubine. Najčešći način na koji se to postiže je postavljanjem izvora svjetla iznad glave krajnjeg korisnika u virtualnom okruženju (Wilson, 2017).

4. Upotreba proširene stvarnosti

4.1. Arheologija

Proširena stvarnost ima široku upotrebu u kontekstu arheoloških istraživanja. Pomoću proširene stvarnosti moguće je formulirati moguće konfiguracije lokaliteta iz postojećih iskopina po modelu prethodno pronađenih lokaliteta na način da se konfiguracija već pronađenog lokaliteta pomoću proširene stvarnosti prekrije preko konfiguracije lokaliteta kojeg se trenutno iskapa (Eve, 2012). Primjerice, primjenom sustava poput VITA-e¹⁹ (engl. Visual Interaction Tool for Archaeology) korisnici će moći zamisliti i istražiti trenutne rezultate iskopa bez napuštanja doma. Svaki korisnik može surađivati međusobno navigacijom, pretraživanjem i pregledavanjem podataka. Hrvoje Benko, hrvatski istraživač na Odsjeku za računalne znanosti Sveučilišta Columbia, ističe da taj sustav i drugi poput njega mogu pružiti 3D panoramske slike i 3D modele same lokacije na različitim fazama iskopa sve dok se podaci organiziraju kolaborativno i na način koji je jednostavan za korištenje. Kolaborativni AR sustavi pružaju multimodalne interakcije koje kombiniraju stvarni svijet s virtualnim slikama okruženja (Benko, Ishak i Feiner, 2004).

4.2. Arhitektura

U području arhitekture, računalno generirane slike strukture mogu se virtualno postaviti povrh stvarnog pogleda na nekretninu prije izgradnje fizičke zgrade. Također, arhitekti unutar svog radnog prostora mogu pomoću AR-a renderirati 3D animirane objekte iz svojih 2D crteža. Kod razgledavanja arhitekture, AR aplikacije mogu omogućiti korisnicima da, gledajući eksterijer zgrade, virtualno vide kroz zidove te vide objekte unutar zgrade i interijer (The University of Western Australia, 2012). Uz stalna poboljšanja točnosti GPS-a, tvrtke mogu koristiti proširenu stvarnost za vizualizaciju georeferenciranih modela gradilišta, podzemnih struktura, kabela i cijevi pomoću mobilnih uređaja. Proširena stvarnost primjenjuje se kako bi se predstavili novi projekti, riješili građevinski izazovi na licu mjesta i poboljšali promotivni materijali (Churcher, 2013). Nakon potresa u Christchurchu, Sveučilište u Canterburyju izdalo je CityViewAR, što je

¹⁹alat za vizualnu interakciju za arheologiju

omogućilo urbanistima i inženjerima da vizualiziraju zgrade koje su uništene. Osim što je gradskim planerima dalo mogućnost reference na prethodni gradski pejzaž, također je poslužilo kao podsjetnik na veličinu razaranja, budući da su cijele zgrade srušene (Lee i Bilinghurst, 2012).

4.3. STEM obrazovanje

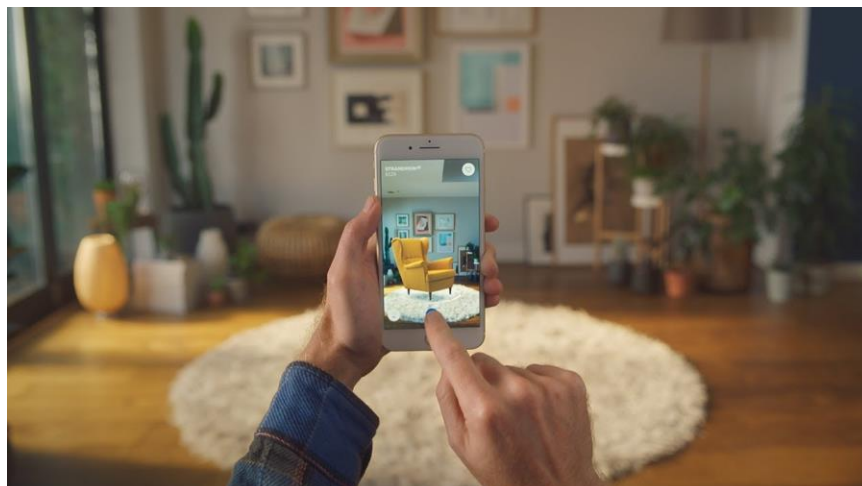
U obrazovnim ustanovama, AR se koristi kao dopuna standardnom kurikulumu. Tekst, grafika, videozapisi i audiozapisi mogu se prenijeti u učenikovo okruženje u stvarnom vremenu. Udžbenici, flash-kartice i drugi obrazovni materijali za čitanje mogu sadržavati ugrađene oznake koje, kada ih se skenira pomoću AR uređaja, pružaju učeniku dodatne informacije u multimedijalnom obliku (Stewart-Smith, 2012). Kako se AR razvija, učenici mogu interagirati sa znanjem. Umjesto da budu pasivni primatelji znanja, mogu postati aktivni učenici, sposobni za interakciju sa svojim okruženjem za učenje. Računalno generirane simulacije povijesnih događaja omogućuju učenicima da istražuju i uče pojedinosti svakog značajnog područja mjesta događaja. U području visokog obrazovanja Construct3D omogućuje učenicima da nauče koncepte strojarstva, matematiku ili geometriju. AR aplikacije za kemiju omogućuju učenicima da vizualiziraju i interagiraju s prostornom strukturom molekule pomoću objekta markera kojeg drže u ruci (Maier, Klinker i Tonnis, 2009). HP Reveal, besplatna aplikacija, koristi se za stvaranje AR kartica za proučavanje mehanizama organske kemije te za stvaranje virtualnih demonstracija kako koristiti laboratorijske instrumente (Plunkett, 2018).

4.4. Rani školski odgoj

Djeca u osnovnoj školi lako uče iz interaktivnih iskustava. Astronomska zvijezda i kretanje objekata u Sunčevom sustavu mogu su prikazati u smjeru u kojem se uređaj drži te proširiti dodatnim video informacijama. Ilustracije znanstvenih knjiga na papiru mogu oživjeti u obliku videa bez potrebe da učenik sam traži video materijale na internetu. Aplikacije koje koriste proširenu stvarnost za pomoć u učenju uključuju SkyView (Terminal Eleven, 2011) za proučavanje astronomije, AR Circuits (AR Circuits, 2018) za izgradnju jednostavnih električnih krugova i SketchAr (SketchAR, 2019) za crtanje.

4.5. Trgovina

AR se koristi za integraciju tiskanog materijala i video marketinga. Tiskani marketinški materijali mogu biti dizajnirani s određenim okidačima koji, kada ih se skenira sa uređajem za snimanje slika, aktiviraju video verziju promotivnog materijala. Glavna razlika između proširene stvarnosti i jednostavnog prepoznavanja slike je u tome što se kod AR-a istovremeno mogu prikazati mediji različitih tipova na zaslonu, kao što su linkovi za dijeljenje na društvenih mrežama, videozapisi unutar stranice i audio i 3D objekti. Samim time, tradicionalne tiskovne publikacije koriste proširenu stvarnost za povezivanje različitih vrsta medija (Sharma, 2015). AR može poboljšati pregled proizvoda, primjerice dopustiti korisniku da vidi što se nalazi u pakiranju proizvoda bez otvaranja. AR se također može koristiti kao pomoć pri odabiru proizvoda iz kataloga ili putem kioska. Skenirane slike proizvoda mogu aktivirati prikaze dodatnog sadržaja kao što su opcije prilagodbe i dodatne slike proizvoda u njegovom korištenju (Humphries, 2011). Shopify, kanadska tvrtka za e-trgovinu, integrirala je Appleov ARkit2 softver u svoje usluge. Njihovi trgovci mogu koristiti alate za učitavanje 3D modela svojih proizvoda, te korisnici zatim unutar Safari preglednika mogu dodirnuti proizvod kako bi ga vidjeli u svojim stvarnim okruženjima (Matney, 2018). Tvrtka Bodymetrics instalira kabine za odjeću u robnim kućama koje nude skeniranje cijelog tijela. Kabine prikazuju 3-D model korisnika, omogućujući korisnicima da na sebi vide različite komade odjeće bez potrebe za fizičkom promjenom odjeće. JC Penney i Bloomingdale trgovine koriste "virtualne svlačionice" koje korisnicima omogućuju da se vide u odjeći bez da ju isprobavaju (Dacko, 2017). Neiman Marcus nudi korisnicima mogućnost da vide svoja odjeću u pogledu od 360 stupnjeva sa svojim "memorijskim zrcalom". Prodavaonice šminke kao što su L'Oreal, Sephora, Charlotte Tilbury i Rimmel također imaju aplikacije koje koriste AR, koje omogućuju korisnicima da vide kako će određena šminka izgledati na njima (Arthur, 2017). Ikea je objavila aplikaciju Ikea Place koja sadrži katalog od preko 2.000 proizvoda - gotovo cijelu kolekciju sofa, fotelja, stolića i ormarića koje se mogu virtualno smjestiti bilo gdje u sobi koristeći pametni telefon. Aplikacija omogućuje da se u stambenom prostoru kupca pojave 3D modeli namještaja u pravoj veličini (Pardes, 2017).



Slika5. Ikea Place

Preuzeto s: <https://www.engadget.com/2017/09/12/ikea-place-augmented-reality-app/>

4.6. Video igre

Video igre su uvelike prihvatile AR tehnologiju te ju znatno i popularizirale. Brojne igre su razvijene za pripremljena zatvorena okruženja, kao što su AR zračni hokej, Titans of Space, zajednička borba protiv virtualnih neprijatelja i AR biljar (Hawkins, 2011). Proširena stvarnost omogućila je igračima video igara da iskuše digitalnu igru u stvarnom okruženju. Niantic je izdao AR mobilnu igru Pokémon Go. Disney se udružio s tvrtkom Lenovo kako bi stvorio igru proširene stvarnosti Star Wars: Jedi Challenges koja radi sa Lenovo Mirage AR sustavom, senzorom za praćenje i kontrolerom u obliku svjetlosne sablje iz istoimenih filmova (Kharpal, 2017). Microsoft ovog ljeta planira izbaciti AR verziju planetarno popularne igre Minecraft. Igra je trenutno u fazi beta testiranja, a igračima će, među ostalim, omogućiti da preko svojih pametnih mobitela grade strukture koje drugi igrači mogu vidjeti, istražuju njihovu unutrašnjost te da se bore protiv virtualnih neprijatelja (Hardawar, 2019).

4.7. Automobilska industrija

Volkswagen koristi AR za simulacije sudara te usporedbe rezultata simuliranih i stvarnih sudara (Noell, 2002). AR se koristi za vizualizaciju i izmjenu strukture karoserije i izgleda motora. Također je korišten za usporedbu digitalnih maketa s fizičkim modelima kako bi se pronašla

odstupanja između njih (Pang, Nee, Youcef-Toumi, Ong i Yuan, 2004). Volvo kombinacijom senzora i AR uređaja koji se nosi na glavi vozača stavlja u stvarnu situaciju na cesti, pred njega stavlja nepredvidive opasnosti i izazove te testira vozačeve reflekse te pokrete tijela i očiju kako bi poboljšali sustave sigurnosti u svojim vozilima (Baldwin, 2019). Tvrtka WayRay razvija holografske HUD sustave za automobile koji u vozačevo prirodno polje dok je u vožnji projiciraju informacije o brzini kojom se kreće te navigaciji (Etherington, 2017).

4.8. Medicina

AR se koristi kako bi se na kožu projicirale vene kako bi pomogle kod pronalaženja vena. Također može poboljšati sliku fetusa u utrobi (Ackerman, 2000). Pomoću AR naočale pacijenti mogu zaprimati obavijesti koje ih podsjećaju da popiju lijekove. Microsoftov HoloLens hardver se koristi dosta široko u području medicine, najviše za pomoć kod operacija te za obuku medicinskih stručnjaka (Pieter, 2014). Pomaže također pacijentima koji pate od PTSP-a na način da ih korak po korak i pod kontroliranim uvjetima podlažu stresu koji je doveo do razvijanja PTSP-a te se na taj način pronalazi učinkovita metoda za liječenje (USC Institute for Creative Technologies, 2019). Kombinacijom VR tehnologije i 3D audio sustavom također može pomoći osobama sa problemima sa vidom na način da sustav detektira gdje korisnik gleda te mu daju auditivnu informaciju o tome što se ispred njega nalazi i koliko je daleko od objekta/površine (Craig, 2018).

4.9. Vojska

Počevši od 2003. godine, američka vojska integrirala je sustav SmartCam3D proširene stvarnosti u Shadow bezposadni zračni sustav za pomoć operaterima koji koriste teleskopske kamere da pronađu ljude ili točke od interesa. Sustav je kombinirao fiksne geografske informacije, uključujući nazive ulica, točke interesa, zračne luke i željezničke pruge s videozapisima uživo iz sustava kamera. Sustav u stvarnom vremenu prikazuje oznake prijatelja / neprijatelja / neutralne lokacije pomiješane s videozapisom uživo, pružajući operateru povećanu svjesnost situacije (Rapid Imaging, 2019). U borbi, AR može poslužiti kao umreženi komunikacijski sustav koji pruža korisne podatke na bojištu na očima vojnika u stvarnom vremenu. Sa stajališta vojnika,

ljudi i razni predmeti mogu biti označeni posebnim pokazateljima koji upozoravaju na potencijalne opasnosti. Virtualne karte i snimanje kamere od 360° također se mogu renderirati kako bi se pomoglo vojniskovoj navigaciji i perspektivi na bojištu, što se može i prenijeti vojnim vođama u udaljenom zapovjednom centru (Cameron, 2010).

4.10. Radno mjesto

Proširena stvarnost može pozitivno utjecati na suradnju na radnom mjestu jer ljudi mogu biti skloniji aktivnoj interakciji u takvom okruženju. AR zadaci uključuju brainstorming i diskusijske sastanke koristeći zajedničku vizualizaciju putem stolova sa dodirnom zaslonima, interaktivnih digitalnih ploča, zajedničkih dizajnerskih prostora i distribuiranih kontrolnih soba (Media Interaction Lab, 2008). U industrijskim okruženjima, proširena stvarnost pokazuje značajan utjecaj na sve više slučajeva korištenja u svim aspektima životnog ciklusa proizvoda, počevši od dizajna proizvoda i uvođenja novih proizvoda, preko proizvodnje, servisiranja i održavanja, do rukovanja materijalom i distribucije. Velike strojeve teško je održavati zbog njihovih višestrukih slojeva i struktura. AR dopušta ljudima da kroz stroj gledaju kao kroz rendgenski snimak, što ih odmah upućuje na problem (Henderson i Feiner, 2007).

4.11. Emitiranje i događajiuživo

Prva pojava proširene stvarnosti na televiziji vezana je uz vremensku prognozu. Sada je uobičajeno da se kod vremenske prognoze prikazuje video u stvarnom vremenu snimljen sa više kamera i drugih uređaja za snimanje, kombiniran sa 3D grafičkim simbolima mapiranim na istom geoprostornom modelu. AR je također postao uobičajen u prijenosima sportskih događanja. Sportske dvorane i tereni su TV gledateljima proširene prozirnim dodacima, dodanim na snimku uživo koju kamere prenose. Linije se dodaju na utakmice američkog nogometa kako bi označile gdje je igra stala i od kuda se nastavlja, kod snookera gdje linija pokazuje putanju kugle te kod plivanja gdje označavaju plivača koji je u vodstvu. U plivanju se također koriste i anotacije koje označavaju poredak plivača na kraju utrke. Anotacije se također koriste u utrkama automobila za označavanje vozača pojedinih automobila. Na terenima kao što su tereni za američki nogomet, nogomet, rugby i cricket prikazuju se sponzorirani i reklamni sadržaji.

Također, AR se koristi u hokejaškim utakmicama za praćenje paka (Azuma, Baillot, Behringer, Feiner, Julier i MacIntyre, 2001).

4.12. Turizam i razgledavanje

Putnici mogu koristiti AR za pristup u stvarnom vremenu informacijama o lokaciji, njezinim značajkama i komentarima ili sadržaju koje su pružili prethodni posjetitelji. Napredne AR aplikacije uključuju simulacije povijesnih događaja, mjesta i objekata renderirane na stvarni svijet (Saenz, 2009). AR aplikacije povezane s geografskim mjestima mogu prikazivati informacije o lokaciji putem zvuka, najavljujući značajke od interesa na određenom mjestu kako postaju vidljive korisniku (Bederson, 1995). Tvrtnice Phocuswright i Matoke Tours AR tehnologiju koriste kako bi svijetu otkrile lokacije koje su lijepe, no slabo zastupljene na turističkoj karti svijeta, sa ciljem da povećaju turistički promet na tim lokacijama. Matoke Tours su razvili aplikaciju putem koje je moguće istražiti nekoliko lokacija u Ugandi u 360° (Graham, 2016).

4.13. Prevođenje

Word Lens, aplikacija koju je razvila tvrtka Quest Visual, koju je u međuvremenu kupio Google, može tumačiti strani tekst na znakovima i izbornicima i, u proširenom prikazu korisnika, prepoznati tekst prikazati na jeziku korisnika. Govorne riječi stranog jezika mogu se prevesti i prikazati u korisničkom prikazu kao titlovi (Tsotsis, 2010).



Slika6. Word Lens

Preuzeto s: <https://www.techrepublic.com/article/google-picks-up-incredible-visual-translation-app-word-lens-and-makes-it-free/>

4.14. Glazba

AR Mixer je aplikacija koja korisniku omogućuje da bira i međusobno miješa pjesme manipuliranjem objekata koji se nalaze u stvarnom svijetu, npr. pomicanjem boca ili limenka (Boxall, 2013). Uriel Yehezkel je pomoću Leap Motion i MIDI kontrolera demonstrirao kontrolu nad parametrima u programu Ableton Live, te je samo pokretima ruke upravljao parametrima i samim time slagao konstrukciju pjesme (Synthead, 2013). ControllAR projekt omogućuje glazbenicima da svoje MIDI kontrolere prošire grafičkim sučeljem glazbenog softvera (Berthaut i Jones, 2016). Projekt Rouages predlaže proširenje digitalnih glazbenih instrumenata na način da se publici otkriju njihovi unutarnji mehanizmi i time poboljša doživljaj nastupa uživo (Berthaut, Marshall, Subramanian i Hachet, 2013).

4.15. Potencijalne opasnosti AR-a

U članku pod nazivom „Death by Pokemon Go“, istraživači sa Krannert škole upravljanja Sveučilišta Purdue tvrde kako je igra uzrokovala nesrazmjerno povećanje broja automobilskih nesreća, ozljeda i smrtnih slučajeva u blizine Poke postaja gdje korisnici mogu igrati igru dok su u vožnji, te su izračunali da je ukupna šteta koja je počinjena u periodu između 6. lipnja i 30. studenog 2016. godine, a koja kao glavnog uzročnika ima korisnike igre Pokemon Go, između 2 i 7.3. milijardi američkih dolara (Faccio i McConnell, 2017). Kao dvije velike opasnosti AR-a navode se preopterećenje informacijama te preveliko oslanjanje na samu tehnologiju. Kod razvoja novih AR proizvoda, ovo implicira da bi korisničko sučelje trebalo pratiti određene smjernice kako ne bi preopteretilo korisnika sa informacijama, te kako bi ga također spriječilo da se ne oslanja previše na sam sustav kako mu ne bi promakle važne informacije iz stvarne okoline, pogotovo u javnim prostorima (Azuma, 1997). Postavljaju se također i pitanja sigurnosti u vožnji, iz perspektive pravnih okvira, kod uređaja kao što je Google Glass. Ministarstvo prometa Ujedinjenog Kraljevstva 2013. godine zakonski je zabranila korištenje Google Glassa u

vožnji (Millward, 2013). Gary G. Howell, državni zastupnik Zapadne Virginie, iste je godine dodao amandman u zakon kojim se vozačima brani korištenje bilo kakvog sustava koji se nosi na glavi i ima ekran ispred očiju, sa argumentom da se radi o rizičnom ponašanju u prometu zbog informacija koje se projiciraju u vidno polje, što može ometati vozača (Griggs, 2013). Krajem listopada 2013. izdana je prva kazna za vožnju sa Google Glass uređajem, međutim odbačena je zbog toga što se nije moglo dokazati je li uređaj bio upaljen za vrijeme vožnje (BBC, 2014).

Najčešći i najviše spominjani problemi AR-a vezani su uz zaštitu privatnosti. Stevea Manna, prethodno spomenutog tvorca EyeTapa, fizički su napali djelatnici McDonalda kada je bio na odmoru sa obitelji u Parizu 2012. zbog toga što je nosio EyeTap uređaj, iako je kod sebe imao i medicinsku dokumentaciju. U jednom članku je ovaj incident nazvan prvim kibernetičkim zločinom mržnje (Dvorsky, 2012). Nakon što je pisao nekoliko žalbi na nekoliko različitih razina u McDonaldu i na nijednu nije dobio odgovor, Mann se počeo baviti uzrokom i okruženjem koje je dovelo do događaja koji ga je zatekao, te je došao do koncepta McVeillance, koji se bavi problematikom stavljanja ljudi pod nadzor, dok im se u isto vrijeme brani da koriste svoje kamere za snimanje (Mann, 2012). Pitanje privatnosti se najviše bavi problemom snimanja bez dopuštenja, te je sa zakonske strane još uvijek nedovoljno precizno definirano. Neke zemlje, kao što su Rusija i Ukrajina, uređaje kao što je Google Glass smatraju špijunskim uređajima koji su u njihovom zakonodavstvu zabranjeni. Upotreba takvih uređaja zabranjena je i u kasinima, zbog njihove općenite politike koja brani upotrebu uređaja za snimanje. Ako bi se sadržaju kojeg korisnik promatra i istovremenom i snima moglo pristupiti sa udaljene lokacije, odnosno hakirati uređaj i dobiti pristup snimkama, moglo bi doći do krađe ogromne količine osobnih podataka, uključujući lozinke za mobitel, PIN-ova bankovnih kartica, privatnih razgovora te poslovnih tajni. Isti problem se javlja i kod potencijalne krađe uređaja (Arthur, 2013).

5. Uporaba AR-a u baštinskim institucijama

5.1. Arhivi

Pomoću AR-a, korisnici mogu u 3 dimenzije istraživati predmete kojima prije nije bio moguć pristup ni u kojem obliku, osim djelatnicima samih arhiva. Projekt Augmented Archives, razvijan u suradnji arhiva Sveučilišta u Washingtonu i Odjela za akademsku tehnologiju u sklopu Sveučilišta omogućava korisnicima da, koristeći mobilnu aplikaciju, skeniraju oznake koje se nalaze pored samih fizičkih predmeta kojima se ne može pristupiti radi same zaštite predmeta, te dobe njihov prikaz u 3D-u. Ovako posjetitelji mogu i sami pristupiti rijetkim dokumentima ili krhkim predmetima. Ova tehnologija omogućuje i lakše i efikasnije istraživanje pojedinih predmeta ili spisa, pošto im više korisnika može pristupiti istovremeno te naravno, nema opasnosti od oštećivanja pošto se ne rukuje samim fizičkim predmetima, već njihovim digitalnim, 3D oblicima. Samim konceptom mogućnosti okretanja stranica knjige koja se možda nalazi iza debelog stakla u vitrini povećava se pristupačnost te povećava i širi zainteresiranost te želja za interakcijom posjetitelja i općenito osoblja koji nisu arhivski stručnjaci. Sljedeći korak ovog projekta je razvijanje i izbacivanje aplikacije PocketMuseum, koja bi omogućila virtualnu šetnju kompletnim arhivskim prostorom (The Augmented Archives project, 2018).

5.2. Knjižnice

Fakultet obrazovanja i ljudskog razvoja Sveučilišta u Teksasu i tamošnja sveučilišna knjižnica pokrenuli su kolekciju AR knjiga za djecu. Svrha kolekcije je ispuniti 3 cilja: nastavnicima dati priliku da eksperimentiraju sa AR tehnologijom u nastavi, proučiti efikasnost teksta u obrazovnom kontekstu te pružiti uslugu prve AR knjižnice u državi. Koristeći tablet ili pametni telefon, djeca mogu skenirati stranice koje onda na ekranima uređaja dobivaju novi, prošireni sadržaj. Djeca mogu povećati temperaturu u virtualnom kemijskom pokusu, nahraniti virtualnog lava u knjizi o životinjskom carstvu te vidjeti stare rimske i grčke građevine u 3D-u (Johnson, 2017). Knjižnice, kao javni prostor današnjice, također koriste AR i VR tehnologije kako bi upoznali korisnike sa samom tehnologijom te privukli nove korisnike u svoje ustanove i upoznali ih sa radom same knjižnice i ostalim uslugama koje pružaju. Knjižnica u Marylandu je tako

uložila u nabavu uređaja proširene stvarnosti te privukla 450 ljudi prvi put kada su predstavili uređaje. Ljudi koji su došli bili su različite životne dobi i kultura, te im je većini taj događaj bio prvi susret sa AR i VR tehnologijom (Waite, 2018).



Slika7. AR knjigezadjecu

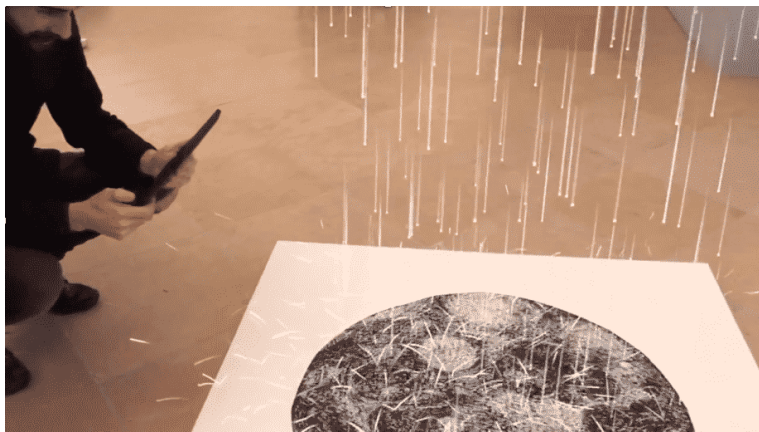
Preuzeto s: <https://www.edsurge.com/news/2017-07-05-an-augmented-reality-library-comes-to-life-for-aspiring-teachers-at-ut-san-antonio>

5.3. Muzeji

AR koja se primjenjuje u vizualnim umjetnostima omogućuje objektima ili mjestima da pokrenu umjetnička višedimenzionalna iskustva i interpretacije stvarnosti. Proširena stvarnost može pomoći u napredovanju vizualnih umjetnosti u muzejima, dopuštajući posjetiteljima muzeja da prikazuju umjetnička djela u galerijama na višedimenzionalan način putem zaslona telefona. Muzej moderne umjetnosti u New Yorku²⁰(engl. The Museum of Modern Art) stvorio je izložbu koja prikazuje AR značajke koje gledatelji mogu vidjeti pomoću aplikacije na svom pametnom telefonu te su također u tu svrhu razvili aplikaciju pod nazivom MoMAR Gallery, koju gosti muzeja mogu preuzeti i koristiti u specijaliziranoj galeriji proširene stvarnosti kako bi slike muzeja pogledali na drugačiji način. To omogućuje posjetiteljima da vide skrivene aspekte i informacije o slikama te da imaju interaktivno tehnološko iskustvo s umjetničkim djelima (Katz, 2018). Francuski umjetnici Claire Bardainne i Adrien Moncot osmislili su izložbu pod nazivom Mirages and Miracles, koja koristi AR tehnologiju kako bi, koristeći pametne telefone i uređaje

²⁰MoMA

poput HTC Vive-a, statične slike i prikaze pretvorila u dinamične 3D prikaze, proširujući sama umjetnička djela (Craig, 2018). Izložba Šumska priča u Državnom muzeju Singapura koristeći AR tehnologiju preko mobilne aplikacije oživljava šumske prikaze, te također posuđuje element hvatanja virtualnih objekata od igre Pokemon Go, na način da posjetitelji mogu otkrivati biljke i životinje skrivene u slikama te ih dodavati u svoju kolekciju unutar aplikacije. ReBlink, projekt u suradnji umjetničke galerije u Torontu i digitalnog umjetnika Alexa Mayhewa, putem AR-a likove sa postojećih slika koje se nalaze u galeriji stavlja u moderna vremena i moderni kontekst. Smithsonian institut u Washingtonu razvio je AR aplikaciju Skin and Bone, koja korisniku i posjetitelju muzeja omogućava da uperi pametni mobitel u kostur životinje koji se nalazi u muzeju, a na mobilnom uređaju mu se prikaže životinja kako bi izgledala sa mesom i kožom, te animiran prikaz kretanja životinje. Heroes and Legends izložba Kennedy svemirskog centra omogućava posjetiteljima da kroz upotrebu AR tehnologije dobe dubok i detaljan, 3D prikaz važnih događaju u američkom svemirskom programu (Coates, 2019).



Slika8. Mirages and Miracles

Preuzeto s: <https://www.digitalbodies.net/augmented-reality/the-stunning-ar-art-exhibition-mirages-and-miracles/>

6. Zaključak

Proširena stvarnost je tehnologija koja je još u tranzicijskom razdoblju gdje postaje jeftinija i šire dostupna. Međutim, trend pokazuje da je u zadnjih desetak godina postignut značajan i drastičan napredak te će se on vrlo vjerojatno jednakim tempom i nastaviti. Zakonski okviri, koji se pretežno bave problemom privatnosti, još većinom nisu dovoljno precizno definirani, no i oni se razvijaju u hodu skupa sa tehnologijom i ovisno o kontekstu i zakonodavstvu određenog geografskog područja. Upotreba AR i VR tehnologija u kontekstu informacijskih znanosti još je u povojima, no pogotovo zadnjih godina je primjetno širenje te otkrivanje novih i kreativnih načina za implementaciju. Kako se otkrivaju nove tehnologije i novi hardver, kako stari hardver postaje jeftiniji i pristupačniji i kako se razvija softver, tako će sam koncept i ideje korištenja tehnologija proširene i virtualne stvarnosti doprijeti do više područja i više ljudi u svijetu. Osim što će AR i VR tehnologije doprinijeti razvoju svakog područja u kojem se koriste, jednog dana će vrlo vjerojatno zamijeniti današnje standarde i tehnologiju putem koje vršimo interakciju sa računalom.

7. Literatura

1. Ackerman, J. (2000). *UNC Ultrasound/Medical Augmented Reality Research*. [online]. Department of Computer Science, University of North Carolina. Dostupnosta: <http://www.cs.unc.edu/Research/us/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
2. AR Circuits, (2018). ARcircuits. [online]. Dostupnosta: <http://arcircuits.com/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
3. Arthur, C. (2013). *Google Glass security failings may threaten owner's privacy*. [online]. The Guardian. Dostupnosta: <https://www.theguardian.com/technology/2013/may/01/google-glass-security-privacy-risk> [pristupljeno: 08.08.2019.]
4. Arthur, R. (2017). *Augmented Reality Is Set To Transform Fashion And Retail*. [online]. Forbes. Dostupnosta: <https://www.forbes.com/sites/rachelarthur/2017/10/31/augmented-reality-is-set-to-transform-fashion-and-retail/#3ece57e33151> [pristupljeno: 08.08.2019.]
5. Azuma, R. T., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., MacIntyre, B. (2001). *Recent Advances in Augmented Reality*. Computers & Graphics, [online]. Dostupnosta: <https://www.cc.gatech.edu/~blair/papers/ARsurveyCGA.pdf> [pristupljeno: 08.08.2019.]
6. Azuma, R.T. (1997). *A Survey of Augmented Reality*. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6, [online]. Dostupnosta: <http://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf> [pristupljeno: 08.08.2019.]
7. Bajarin, T. (2017.) *This Technology Could Replace the Keyboard and Mouse*. [online]. Time. Dostupnosta: <https://time.com/4654944/this-technology-could-replace-the-keyboard-and-mouse/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
8. Bajura, M. i Neumann, U. (1995). *Dynamic Registration Correction in Augmented-Reality Systems*. Proceedings of the Virtual Reality Annual International Symposium, [online]. Dostupnosta: <https://graphics.usc.edu/cgit/publications/papers/DynamicRegistrationVRAIS95.pdf> [pristupljeno: 08.08.2019.]
9. Baldwin, M. (2017). *Top 5 Augmented Reality SDK's*. [online]. Augmented Reality News. Dostupnosta: <https://augmentedrealitynews.org/ar-sdk/top-5-augmented-reality-sdks/> [pristupljeno: 08.08.2019.]

10. Baldwin, R. (2019). *Volvo designers are driving around in mixed-reality headsets*. [online]. Engadget. Dostupnosta: <https://www.engadget.com/2019/05/29/volvo-varjo-xr-1-mixed-reality-headset/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
11. BBC, (2014). *Google Glass driver Abadie has case dropped*. [online]. Dostupnosta: <https://www.bbc.com/news/world-us-canada-25764674> [pristupljeno: 08.08.2019.]
12. Bederson, B.B. (1995). CHI'95 MOSAIC OF CREATIVITY. *Audio Augmented Reality: A Prototype Automated Tour Guide*. [online]. Dostupnosta: http://www.cs.umd.edu/~bederson/images/pubs_pdfs/p210-bederson.pdf [pristupljeno: 08.08.2019.]
13. Benko, H., Ishak, E.W. i Feiner, S. (2004). *Collaborative Mixed Reality Visualization of an Archaeological Excavation*. Proceedings of the International Symposium on Mixed and Augmented Reality, [online]. Dostupnosta: [http://www.hbenko.com/publications/2004/BenkoIshakFeiner%20-%20VITA%20\(ISMAR04\).pdf](http://www.hbenko.com/publications/2004/BenkoIshakFeiner%20-%20VITA%20(ISMAR04).pdf) [pristupljeno: 08.08.2019.]
14. Berlin, L. (2009). *Kicking Reality Up a Notch*. [online]. The New York Times. Dostupnosta: <https://www.nytimes.com/2009/07/12/business/12proto.html> [pristupljeno: 08.08.2019.]
15. Berthaut, F. i Jones, A. (2016). *ControllAR: Appropriation of Visual Feedback on Control Surfaces*. [online]. HAL. Dostupnosta: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01356239/document> [pristupljeno: 08.08.2019.]
16. Berthaut, F., Marshall, M., Subramanian, S. i Hachet, M. (2013). *Rouages: Revealing the Mechanisms of Digital Musical Instruments to the Audience*. [online]. HAL. Dostupnosta: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00807049v3/document> [pristupljeno: 08.08.2019.]
17. Bonsor, K. i Chandler, N. (2001). *How Augmented Reality Works*. [online]. HowStuffWorks. Dostupnosta: <https://computer.howstuffworks.com/augmented-reality.htm> [pristupljeno: 08.08.2019.]
18. Boxall, A. (2013). *This app can mix music while you mix drinks, and proves augmented reality can be fun*. [online]. Digital Trends. Dostupnosta: <https://www.digitaltrends.com/mobile/augmented-reality-mixer-app/> [pristupljeno: 08.08.2019.]

19. Branscombe, M. (2013). *Beyond the mouse: how input is evolving*. [online]. TechRadar. Dostupnosta: <https://www.techradar.com/news/computing/beyond-the-mouse-how-input-is-evolving-626794> [pristupljeno: 08.08.2019.]
20. Braud, T., HassaniBijarbooneh, F., Chatzopoulos, D. i Hui, P. (2017). *Future Networking Challenges: The Case of Mobile Augmented Reality*. Hong Kong: The Hong Kong University of Science and Technology
21. Cameron, C. (2010). *Military-Grade Augmented Reality Could Redefine Modern Warfare*. [online]. readwrite. Dostupnosta: https://readwrite.com/2010/06/11/military_grade_augmented_reality_could_redefine_modern_warfare/ [pristupljeno: 08.08.2019.]
22. Churcher, J. (2013). *Augmented Reality: Future or Fad?*. [online]. Augview. Dostupnosta: <https://www.augview.net/News/Blog/archive-13September2013.html> [pristupljeno: 08.08.2019.]
23. Coates, C. (2019). *How Museums are using Augmented Reality – best practice from museums around the world*. [online]. MuseumNext. Dostupnosta: <https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
24. Craig, E. (2018). *Accessibility in VR for the visually impaired*. [online]. Digital Bodies. Dostupnosta: <https://www.digitalbodies.net/virtual-reality/accessibility-in-vr-for-the-visually-impaired/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
25. Craig, E. (2018). *The Stunning AR Art Exhibition – “Mirages and Miracles”*. [online]. Digital Bodies. Dostupnosta: <https://www.digitalbodies.net/augmented-reality/the-stunning-ar-art-exhibition-mirages-and-miracles/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
26. Dacko, S.G. (2017). *Enabling smart retail settings via mobile augmented reality shopping apps*. Coventry: Elsevier.
27. Delgado, F. i Abernathy, M. (2004). *A Hybrid Synthetic Vision System for the Teleoperation of Unmanned Vehicles*. Houston: NASA.
28. Dvorsky, G. (2012). *What may be the world's first cybernetic hate crime unfolds in French McDonald's*. [online]. Gizmodo. Dostupnosta: <https://io9.gizmodo.com/what-may-be-the-worlds-first-cybernetic-hate-crime-unfo-5926587> [pristupljeno: 08.08.2019.]

29. Esquire, (2009). *Behind the Scenes of Augmented Esquire*. [online]. Dostupnona: <https://www.esquire.com/news-politics/news/g371/augmented-reality-technology-110909/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
30. Etherington, D. (2017). *WayRay's AR in-car HUD convinced me HUDs can be better*. [online]. TechCrunch. Dostupnona: <https://techcrunch.com/2018/01/09/wayrays-ar-in-car-hud-convincing-me-huds-can-be-better/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
31. European Theatre Lab, (2017). *The history of augmented reality and how theatre may benefit from it*. [online]. Dostupnona: <https://www.europeantheatrelab.eu/history-augmented-reality-theatre-may-benefit/> [pristupljeno: 07.07.2019.]
32. Europskakomisija, (2019). *Što je AR, a što VR i kakonamtehnologijapomažedoživjetistvarnost*. [online]. Dostupnona: https://ec.europa.eu/croatia/content/what-is-AR-what-VR-and-how-technology-helps-us-to-experience-reality_hr [pristupljeno 29.08.2019.]
33. Eve, S. (2012). *Augmenting Phenomenology: Using Augmented Reality to Aid Archaeological Phenomenology in the Landscape*. *Journal of Archaeological Method and Theory*, [online]. Dostupnona: http://discovery.ucl.ac.uk/1352447/1/Eve_2012_Augmented_Phenomenology.pdf [pristupljeno: 08.08.2019.]
34. Faccio, M. i McConnell, J.J. (2017). *Death by Pokémon GO: The Economic and Human Cost of Using Apps While Driving*. [online]. SSRN. Dostupnona: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3073723 [pristupljeno: 08.08.2019.]
35. Gestigon, (2019). *ADDING ACTION TO THE HERO*. [online]. Dostupnona: <https://www.gestigon.com/mixed-reality/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
36. Google, (2019). *DISCOVER GLASS ENTERPRISE EDITION*. [online]. Dostupnona: <https://www.google.com/glass/start/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
37. Graham, L. (2016). *Virtual reality devices could transform the tourism experience*. [online]. CNBC. Dostupnona: <https://www.cnbc.com/2016/01/08/virtual-reality-devices-could-transform-the-tourism-experience.html> [pristupljeno: 08.08.2019.]
38. Greenemeier, L. (2011). *Computerized Contact Lenses Could Enable In-Eye Augmented Reality*. [online]. Scientific American. Dostupnona:

- <https://blogs.scientificamerican.com/observations/computerized-contact-lenses-could-enable-in-eye-augmented-reality/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
39. Griggs, B. (2013). *Lawmaker: Google Glass and driving don't mix*. [online]. CNN Business. Dostupnosta: <https://edition.cnn.com/2013/03/25/tech/innovation/google-glass-driving/index.html> [pristupljeno: 08.08.2019.]
40. Hardawar, D. (2019). *'Minecraft Earth' makes the world your augmented reality playground*. [online]. Engadget. Dostupnosta: <https://www.engadget.com/2019/05/17/minecraft-earth-ar-iphone-android-hands-on/?guccounter=1> [pristupljeno: 08.08.2019.]
41. Hawkins, M. (2011). *Augmented Reality Used To Enhance Both Pool And Air Hockey*. [online]. Game Set Watch. Dostupnosta: http://www.gamesetwatch.com/2011/10/augmented_reality_used_to_enhance_both_pool_and_air_hockey.php [pristupljeno: 08.08.2019.]
42. Heilig, M.L. (1962). *Sensorama stimulator*. 3,050,870.
43. Henderson, S. i Feiner, S. (2007). *Augmented Reality for Maintenance and Repair (ARMAR)*. [online]. Columbia University Computer Graphics and User Interfaces Lab. Dostupnosta: <http://graphics.cs.columbia.edu/project/armar/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
44. Humphries, M. (2011). *Lego demos augmented reality boxes with gesture recognition*. [online]. Geek.com. Dostupnosta: <https://www.geek.com/gadgets/lego-demos-augmented-reality-boxes-with-gesture-recognition-1422341/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
45. Johnson, S. (2017). *An Augmented Reality Library Comes to Life for Aspiring Teachers at UT San Antonio*. [online]. EdSurge. Dostupnosta: <https://www.edsurge.com/news/2017-07-05-an-augmented-reality-library-comes-to-life-for-aspiring-teachers-at-ut-san-antonio> [pristupljeno: 08.08.2019.]
46. Kangdon, L. (2012). *Augmented Reality in Education and Training*. [online]. Dostupnosta: <https://www2.potsdam.edu/betrusak/566/Augmented%20Reality%20in%20Education.pdf> [pristupljeno: 07.07.2019.]
47. Katz, M. (2018). *Augmented Reality Is Transforming Museums*. [online]. Wired. Dostupnosta: <https://www.wired.com/story/augmented-reality-art-museums/?verso=true> [pristupljeno: 08.08.2019.]

48. Kharpal, A. (2017). *Lenovo, Disney launch 'Star Wars' Jedi augmented reality game that lets you use a Lightsaber*. [online]. CNBC. Dostupnona: <https://www.cnn.com/2017/08/31/star-wars-jedi-challenges-augmented-reality-game-launches-with-lenovo-mirage-headset.html> [pristupljeno: 08.08.2019.]
49. Kim, J. W. (2016). *Rupture of the Virtual*. Saint Paul: DeWitt Wallace Library
50. Klepper, S. (2007). *Augmented Reality - Display Systems*. Muenchen.
51. Koelle, M., Lindemann, P., Stockinger, T. i Kranz, M. (2014). *Human-Computer Interaction with Augmented Reality*. Advances in Embedded Interactive Systems Technical Report, [online]. Dostupnona: https://web.archive.org/web/20180525000513/http://www.eislab.fim.uni-passau.de/files/publications/2014/TR2014-HCIwithAR_1.pdf [pristupljeno: 08.08.2019.]
52. Lamantia, J. (2009). *Inside Out: Interaction Design for Augmented Reality*. [online]. UXmatters. Dostupnona: <https://www.uxmatters.com/mt/archives/2009/08/inside-out-interaction-design-for-augmented-reality.php> [pristupljeno: 08.08.2019.]
53. Lamb, P. (2014). *ARToolKit Optical marker tracking and overlay for augmented reality*. [online]. SourceForge. Dostupnona: <https://sourceforge.net/projects/artoolkit/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
54. Lee, G. i Bilinghurst, M. (2012). *CityViewAR outdoor AR visualization*. Dunedin: University of Canterbury.
55. Lee, N. (2013). *Volkswagen develops augmented reality service manual for the XLI*. [online]. Engadget. Dostupnona: <https://www.engadget.com/2013/10/01/volkswagen-augmented-reality-ipad-manual-xli/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
56. Levy, N. (2019). *Google Glass takes on Microsoft HoloLens with new augmented reality eyewear for businesses*. [online]. GeekWire. Dostupnona: <https://www.geekwire.com/2019/google-glass-takes-microsoft-hololens-new-augmented-reality-eyewear-businesses/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
57. Maier, P., Klinker, G. i Tonnis, M. (2009). *Augmented Reality for teaching spatial relations*. Conference of the International Journal of Arts and Sciences, [online]. Dostupnona: <http://far.in.tum.de/pub/maierp2009ijas/maierp2009ijas.pdf> [pristupljeno: 08.08.2019.]

58. Mann, S. (1999). *Contact lens for the display of information such as text, graphics, or pictures*. CA2280022A1.
59. Mann, S. (2012). *Eye Am a Camera: Surveillance and Sousveillance in the Glassage*. [online]. Dostupnosta: <http://techland.time.com/2012/11/02/eye-am-a-camera-surveillance-and-sousveillance-in-the-glassage/> [pristupljeno: 07.07.2019.]
60. Mann, S. (2012). *McVeillance: How McDonaldized surveillance creates a monopoly on sight that chills AR and smartphone development*. [online]. WearCam. Dostupnosta: <http://wearcam.org/McVeillance.htm> [pristupljeno: 08.08.2019.]
61. Mann, S. (2014). *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed.* [online]. Interaction Design Foundation. Dostupnosta: <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/wearable-computing> [pristupljeno: 08.08.2019.]
62. Martindale, J. (2019). *What is augmented reality?.* [online]. Digital Trends. Dostupnosta: <https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/what-is-augmented-reality/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
63. Matney, L. (2016). *uSens shows off new tracking sensors that aim to deliver richer experiences for mobile VR*. [online]. TechCrunch. Dostupnosta: <https://techcrunch.com/2016/08/29/usens-unveils-vr-sensor-modules-with-hand-tracking-and-mobile-positional-tracking-tech-baked-in/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
64. Matney, L. (2018). *Shopify is bringing Apple's latest AR tech to their platform*. [online]. TechCrunch. Dostupnosta: <https://techcrunch.com/2018/09/17/shopify-is-bringing-apples-latest-ar-tech-to-their-platform/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
65. Media Interaction Lab, (2008). *OFFICE OF TOMORROW*. [online]. Dostupnosta: <http://mi-lab.org/projects/office-of-tomorrow/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
66. Meisner, J., Donnelly, P.W., Roosen, R. (1999). *Augmented reality technology*. US6625299B1.
67. Metz, R. (2012). *Augmented Reality Is Finally Getting Real*. [online]. MIT Technology Review. Dostupnosta: <https://www.technologyreview.com/s/428654/augmented-reality-is-finally-getting-real/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
68. Microsoft, (2019). *HoloLens 2*. [online]. Dostupnosta: <https://www.microsoft.com/en-us/hololens> [pristupljeno: 08.08.2019.]

69. Millward, D. (2013). *Drivers to be banned from wearing Google Glass*. [online]. The Telegraph. Dostupnona: <https://www.telegraph.co.uk/technology/news/10214822/Drivers-to-be-banned-from-wearing-Google-Glass.html> [pristupljeno: 08.08.2019.]
70. Noell, S. (2002). *Stereo augmentation of simulation results on a projection wall by combining two basic ARVIKA systems*. Darmstadt: IEEE.
71. Pang, Y., Nee, A.Y.C., Youcef-Toumi, K., Ong, S.K. i Yuan, M.L. (2004). *Assembly Design and Evaluation in an Augmented Reality Environment*. [online]. ResearchGate. Dostupnona: https://www.researchgate.net/publication/37598081_Assembly_Design_and_Evaluation_in_an_Augmented_Reality_Environment [pristupljeno: 08.08.2019.]
72. Pardes, A. (2017). *Ikea's New App Flaunts What You'll Love Most About AR*. [online]. Wired. Dostupnona: <https://www.wired.com/story/ikea-place-ar-kit-augmented-reality/?verso=true> [pristupljeno: 08.08.2019.]
73. Peddie, J. (2017). *Augmented reality : where we will all live*. Cham: Springer
74. Pescovitz, D. (2012). "The Master Key": L. Frank Baum envisions augmented reality glasses in 1901.[online]. Dostupnona: <https://web.archive.org/web/20130522153011/http://moteandbeam.net/the-master-key-l-frank-baum-envisions-ar-glasses-in-1901> [pristupljeno: 07.07.2019.].
75. Pieter. (2014). *Augmented Reality – Revolutionizing Medicine and Healthcare*. [online]. HealthTech Event. Dostupnona: <https://www.healthtechevent.com/technology/augmented-reality-revolutionizing-medicine-healthcare/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
76. Plunkett, K., (2018). *A Simple and Practical Method for Incorporating Augmented Reality into the Classroom and Laboratory*. [online]. ChemRxiv. Dostupnona: https://chemrxiv.org/articles/A_Simple_and_Practical_Method_for_Incorporating_Augmented_Reality_into_the_Classroom_and_Laboratory/7137827/1 [pristupljeno: 08.08.2019.]
77. Rapid Imaging, (2019). *AUGMENTED REALITY*. [online]. Dostupnona: <http://www.rapidimagingtech.com/augmented-reality/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
78. Rheingold, H. (1992). *Virtual Reality*. New York: Simon & Schuster

79. Rosenberg, Louis B. (1993). *The use of Virtual Fixtures to enhance operator performance in time delayed teleoperation*. Armstrong Laboratory
80. Saenz, A. (2009). *Augmented Reality Does Time Travel Tourism*. [online]. SingularityHub. Dostupnosta: <https://singularityhub.com/2009/11/19/augmented-reality-does-time-travel-tourism/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
81. Santos, M. (2016). *Samsung Patents Smart Contact Lenses With a Built-in Camera*. [online]. Futurism. Dostupnosta: <https://futurism.com/samsung-patents-smart-contact-lenses-built-camera> [pristupljeno: 08.08.2019.]
82. Schueffel, P. (2017). *The Concise FINTECH COMPENDIUM*. Freiburg.
83. Sharma, M. (2015). *Augmented reality could be advertising world's best bet*. [online]. The Financial Express. Dostupnosta: <https://web.archive.org/web/20150521061314/http://www.financialexpress.com/article/industry/companies/augmented-reality-could-be-advertising-worlds-best-bet/64855/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
84. SketchAR, (2019). SketchAR. [online]. Dostupnosta: <https://sketchar.tech/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
85. Stewart-Smith, H. (2012). *Education with Augmented Reality: AR textbooks released in Japan*. [online]. ZDNet. Dostupnosta: <https://www.zdnet.com/article/education-with-augmented-reality-ar-textbooks-released-in-japan-video/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
86. Sung, D. (2011). *Augmented reality: a long way off?*. [online]. Pocket-lint. Dostupnosta: <https://www.pocket-lint.com/ar-vr/news/108949-augmented-reality-interview-steve-feiner> [pristupljeno: 08.08.2019.]
87. Sutherland, Ivan E. (1968). *A head-mounted three dimensional display*. [online]. Dostupnosta: <http://cacs.usc.edu/education/cs653/Sutherland-HeadmountedDisplay-AFIPS68.pdf> [pristupljeno: 07.07.2019.] Fall Joint Computer Conference.
88. Synthhead, (2013). *Controlling Music With Leap Motion Geco&Ableton*. [online]. Synthtopia. Dostupnosta: <http://www.synthtopia.com/content/2013/11/04/controlling-music-with-leap-motion-geco-ableton/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
89. Terminal Eleven, (2011). *SkyView*. [online]. Dostupnosta: <http://www.terminaleleven.com/skyview/iphone/> [pristupljeno: 08.08.2019.]

90. The Augmented Archives project, (2018). *Investigative Curation through Augmented Reality*. [online]. Dostupnosta: <https://askwvarchives.wixsite.com/augmentedarchives> [pristupljeno: 08.08.2019.]
91. The Open Geospatial Consortium, (2019). *ARML 2.0 SWG*. [online]. Dostupnosta: <http://www.opengeospatial.org/projects/groups/arml2.0swg> [pristupljeno: 08.08.2019.]
92. The University of Western Australia, (2012). *Architectural dreams in augmented reality*. [online]. Dostupnosta: <http://www.news.uwa.edu.au/201203054410/events/architectural-dreams-agumented-reality> [pristupljeno: 08.08.2019.]
93. Tsotsis, A. (2010). *Word Lens Translates Words Inside of Images. Yes Really..* [online]. TechCrunch. Dostupnosta: <https://techcrunch.com/2010/12/16/world-lens-translates-words-inside-of-images-yes-really/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
94. U.S. Naval Research Laboratory, (2019). *Augmented Reality*. [online]. Dostupnosta: <https://www.nrl.navy.mil/itd/imda/research/5581/augmented-reality> [pristupljeno: 08.08.2019.]
95. USC Institute for Creative Technologies, (2019). *Bravemind*. [online]. Dostupnosta: <http://medvr.ict.usc.edu/projects/bravemind/> [pristupljeno: 08.08.2019.]
96. Viirre, E., Pryor, H., Nagata, S. i Furness, T. A. (1998). *The virtual retinal display: a new technology for virtual reality and augmented vision in medicine*. Seattle: Human Interface Technology Laboratory
97. Waite, S. (2018). *How Maryland Libraries Are Using Virtual and Augmented Reality (and How Your Library Can Too)*. [online]. WebJunction. Dostupnosta: <https://www.webjunction.org/news/webjunction/virtual-and-augmented-reality.html> [pristupljeno: 08.08.2019.]
98. Wakefield, J. (2016). *TED 2016: Meta augmented reality headset demoed at TED*. [online]. BBC. Dostupnosta: <https://www.bbc.com/news/technology-35583356> [pristupljeno: 08.08.2019.]
99. Wikipedia, (2019). *Pokémon Go*. [online]. Dostupnosta: https://en.wikipedia.org/wiki/Pok%C3%A9mon_Go [pristupljeno: 08.08.2019.]
100. Wilson, T. (2017). *The principles of good UX for Augmented Reality*. [online]. UX Collective. Dostupnosta: <https://uxdesign.cc/the-principles-of-good-user-experience-design-for-augmented-reality-d8e22777aab4> [pristupljeno: 08.08.2019.]

8. Popis slika

Slika 1. Sensorama.....	3
Slika 2. Robert Downey Jr. - Esquire naslovnica.....	7
Slika 3. HoloLens 2.....	9
Slika 4. Steve Mann i EyeTap.....	12
Slika 5. Ikea Place.....	20
Slika 6. Word Lens	24
Slika 7. AR knjige za djecu.....	27
Slika 8. Mirages and Miracles	28

7. Sažetak

Proširena stvarnost je tehnologija koja se počela koristiti početkom 90-ih godina prošlog stoljeća, tada u vojnoj instituciji Zračnih snaga SAD-a. Sam termin „proširena stvarnost“ skovan je 1990. godine. Samim time, radi se o relativno novoj tehnologiji. U radu je prikazan njezin razvoj, razvoj hardvera i softvera koji je ključan za rad, širu dostupnost i mogućnosti proširene stvarnosti, kako je tehnologija postala šire dostupna, gdje se sve koristi, na koji način može olakšati svakodnevni život te koje su njene potencijalne opasnosti. Fokus je na aplikacijama i uslugama koje koriste proširenu stvarnost u širem, odnosno javno dostupnom prostoru. Samo neka od područja gdje se danas koristi proširena stvarnost su turizam, navigacija, računalne i mobilne igre, medicina, arheologija te obrazovanje. Također, prikazani su moderni projekti i upotreba proširene stvarnosti u baštinskim institucijama.

Ključne riječi: proširena stvarnost, virtualna stvarnost, hardver, softver, baštinske institucije

8. Summary

Augmented reality is a technology that was first used in the early 1990s at a U.S. Air Force military institution. The term "augmented reality" was coined in 1990. Therefore, it is a relatively new technology. The paper describes its development, the development of hardware and software that are essential for functioning and for wider accessibility and capability of augmented reality, how technology has become more widely available, in which areas is it used, how it can make everyday life easier and what its potential dangers are. The focus is on applications and services that use augmented reality in a wider, publicly accessible space. Only some of the areas where augmented reality is used today are tourism, navigation, computer and mobile games, medicine, archeology and education. Modern projects and the use of augmented reality in heritage institutions are also presented.

Key words: augmented reality, virtual reality, hardware, software, heritage institutions