

Virtualna i proširena stvarnost - pregled hardverskih i softverskih rješenja

Šlosel, Toni

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka / Sveučilište u Rijeci**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:195:595131>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-10**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Informatics and Digital Technologies - INFORI Repository](#)



Sveučilište u Rijeci – Odjel za informatiku

Preddiplomski studij Informatike

Toni Šlosel

Virtualna i proširena stvarnost – pregled
hardverskih i softverskih rješenja

Završni rad

Mentor: doc. dr. sc. Vanja Slavuj

Rijeka, rujan, 2020.

Rijeka, 17. siječnja 2020. godine

Zadatak za završni rad

Pristupnik: Toni Šlosel

Naziv završnog rada:

Virtualna i proširena stvarnost – pregled hardverskih i softverskih rješenja

Naziv završnog rada na eng. jeziku:

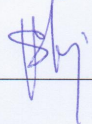
Virtual and augmented reality – an overview of hardware and software solutions

Sadržaj zadatka:

Opisati osnovne pojmove virtualne i proširene zbilje te dati primjere postojećih okruženja u svakodnevnoj uporabi. Napraviti širok pregled i usporedbu sklopovlja i programske potpore potrebnih za razvoj računalnih simulacija virtualne i proširene stvarnosti.


Mentor

Doc. dr. sc. Vanja Slavuj

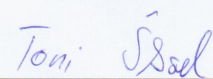


Voditelj za završne radove

Dr. sc. Miran Pobar



Zadatak preuzet: 17. siječnja 2020.



(potpis pristupnika)

Sadržaj

| | |
|---|-----------|
| Sažetak | 0 |
| 1. Uvod | 1 |
| 2. Osnovni pojmovi virtualne i proširene stvarnosti | 2 |
| 2.1 Virtualna stvarnost | 2 |
| 2.1.1 Primjena virtualne stvarnosti..... | 3 |
| 2.2 Proširena stvarnost | 4 |
| 2.2.1 Primjena proširene stvarnosti..... | 5 |
| 3. Pregled hardverskih rješenja | 7 |
| 3.1 Hardverska rješenja u virtualnoj stvarnosti | 7 |
| 3.1.1 PlayStation VR..... | 7 |
| 3.1.2 Oculus Rift..... | 11 |
| 3.1.3 HTC Vive..... | 14 |
| 3.1.4 Valve Index..... | 18 |
| 3.1.5 Samsung Gear VR i Google Daydream View..... | 19 |
| 3.1.6 Usporedba hardverskih rješenja za virtualnu stvarnost..... | 21 |
| 3.2 Hardverska rješenja proširene stvarnosti | 22 |
| 3.2.1 Pametni telefoni..... | 22 |
| 3.2.2 Headsetovi za proširenu stvarnost..... | 23 |
| 3.2.2.1 Microsoft HoloLens 2..... | 23 |
| 3.2.2.2 Meta 2..... | 25 |
| 3.2.2.3 Magic Leap..... | 25 |
| 3.2.3 Naočale za proširenu stvarnost..... | 25 |
| 3.2.4 Usporedba hardverskih rješenja za proširenu stvarnost..... | 27 |
| 4. Pregled softverskih rješenja | 29 |
| 4.1 Pregled softverskih rješenja u virtualnoj stvarnosti | 29 |
| 4.1.1 Primjeri softvera virtualne stvarnosti..... | 30 |
| 4.1.2 Primjeri igara virtualne stvarnosti..... | 33 |
| 4.2 Pregled softverskih rješenja u proširenoj stvarnosti | 34 |
| 4.2.1 Primjeri softvera proširene stvarnosti..... | 35 |
| 5. Zaključak | 38 |
| Literatura | 40 |
| Popis slika | 44 |
| Popis tablica | 46 |

Sažetak

Glavna tema ovog rada je pregled hardverskih i softverskih rješenja virtualne i proširene stvarnosti te opis osnovnih pojmova vezanih uz njih. Detaljno će biti iznesena dostupna hardverska oprema te prikazani svi bitni softveri za izradu i primjenu ovih tehnologija. Virtualna i proširena stvarnost su u rapidnom razvoju zadnjih godina pa na tržište gotovo svakodnevno izlaze nove aplikacije koje se primjenjuju u različitim sferama ljudskog djelovanja. Iako su ove tehnologije pretežno zastupljene u industriji videoigara i zabave, VR i AR tehnologije primjenjuju se u edukaciji, poslovanju, obuci, vojne svrhe, trgovini, itd. Cilj rada je približiti virtualnu i proširenu stvarnost te ukazati na njihove prednosti i nedostatke.

Ključne riječi: virtualna stvarnost, proširena stvarnost, hardverska oprema, softverska oprema, VR, AR

1. Uvod

Virtualna i proširena stvarnost zadnjih desetak godina doživjele su strmovit rast. Njihov početak razvoja seže još u prvu polovicu 20. stoljeća kada je 1929. godine Edwin Albert Link osmislio prvi simulator leta. Jedan od prvih uređaja virtualne stvarnosti (iz 1957. godine) bio je Sensorama, uređaj koji je reproducirao 3D filmove, ispuštao mirise i stvarao vibracije kako bi iskustvo bilo što živopisnije (Hrastovčak, 2016). Gotovo cijelo stoljeće bilo je potrebno da se virtualna i proširena stvarnost probe na tržište ponajprije kroz naočale (engl. *headset*, u daljnjem tekstu koristit će se engleski izraz zbog preciznije definicije) virtualne i proširene stvarnosti.

Razvojem tehnologije došlo je do pojave šire mogućnosti primjene ponajprije virtualne pa onda i proširene stvarnosti. Virtualna stvarnost poznata pod kraticom VR (engl. *virtual reality*) pretežno se koristi u industriji videoigara, ali i u edukativne, znanstvene i poslovne svrhe. Također, proširena stvarnost, AR (engl. *augmented reality*), zastupljena je u više grana industrije kroz razne *headsetove*, pametne naočale i pametne telefone. Razvoj i napredak VR-a i AR-a popraćen je i napretkom informatike. Razvoj informatike omogućio je nova znanja poput praćenja pokreta koja su primijenjena u virtualnoj i proširenoj stvarnosti.

Cilj rada jest približiti sve pojmove vezane za virtualnu i proširenu stvarnost te njihove primjene u svakodnevnom životu. Ovaj rad osvrnut će se na pregled značajnijih hardverskih i softverskih rješenja, odnosno na proizvode i aplikacije dostupne na tržištu. Najprije će biti opisani svi osnovni pojmovi i metode vezane za virtualnu i proširenu stvarnost. Zatim će se u sljedećem poglavlju opisati hardverski proizvodi i navesti sličnosti i razlike među njima. Naposljetku će biti prikazan pregled softvera za izradu aplikacija i programa za virtualnu i proširenu stvarnost te pregled najpoznatijih proizvoda nastalih u navedenim softverima.

Pregledom navedenog hardvera i softvera biti će prikazana sva trenutna postignuća u virtualnoj i proširenoj stvarnosti te će biti iznesene određene mogućnosti koje su još u razvoju ili će biti dostupne u bliskoj budućnosti.

2. Osnovni pojmovi virtualne i proširene stvarnosti

2.1 Virtualna stvarnost

Virtualna stvarnost je umjetna, računalno generirana simulacija ili rekreacija stvarnog životnog okruženja ili situacije. Virtualna stvarnost mijenja način na koji čovjek stupa u interakciju sa svijetom. Ona omogućuje iskušavanje bilo čega, bilo gdje i bilo kada. Može uvjeriti ljudski mozak da se nalazi negdje, gdje zapravo nije. Virtualna stvarnost je umjetno okruženje koje je stvoreno pomoću softvera i predstavljeno korisniku stvarajući mu osjećaj „stvarnog“, odnosno korisnik poprima osjećaj da se nalazi u stvarnom okruženju (Rouse, n.d.). Prema Pandžiću i suradnicima (2011) virtualna stvarnost ili virtualno okruženje je pojam za računalne simulacije kojima je cilj stvoriti osjećaj prisutnosti u virtualnom okruženju, a računalne simulacije virtualne stvarnosti mogu biti simulacije stvarnih lokacija ili potpuno novi imaginarni svjetovi. Također navode kako je virtualna stvarnost skup tehnologija koje korisnika „uranjaju“ u virtualno okruženje.

Sherman i Craig (2019) navode pet pojmova vezanih uz virtualnu stvarnost:

1. Sudionici
2. Kreatori
3. Virtualni svijet
4. Uronjenost
5. Interaktivnost

Sudionici su osobe koje „uranjaju“ u virtualno okruženje. Kreatori su osobe koje kreiraju virtualno okruženje. Virtualni svijet je imaginarni svijet tj. okruženje. Uronjenost je pojam koji predstavlja osjećaj uključenosti u virtualnu stvarnost. Sustavi virtualne stvarnosti nastoje potaknuti fizičku uronjenost putem različitih sintetičkih stimulacija osjetila. Interaktivnost je pojam koji u okvirima virtualne stvarnosti predstavlja mogućnosti interakcije tj. djelovanja u virtualnom okruženju.

Virtualnu stvarnost moguće je podijeliti prema razini uronjenosti čime se virtualne stvarnosti dijeli u tri skupine (Bamodu & Ye, 2013). Prva skupina su neuronjeni sustavi virtualne stvarnosti. Oni korisniku pružaju računalno generirano okruženje bez osjećaja uronjenosti u virtualnu stvarnost. Dakle, korisnik je svakog trenutka svjestan stvarnog okruženja. U ovu kategoriju

ubrajaju se sustavi igračih konzola. Druga skupina, poluuronjeni sustavi virtualne stvarnosti, pružaju veći stupanj uronjenosti, ali su korisnici povezani sa stvarnim svijetom. Primjer su igraće prostorije, u kojima je korisnik okružen velikim ekranima na kojima se reproducira virtualno okruženje. Treća skupina su uronjeni sustavi virtualne stvarnosti. Oni omogućuju najviši stupanj uronjenosti koji korisniku daje osjećaj potpune uronjenosti u virtualno okruženje (Bamodu & Ye, 2013). Korisnik nije svjestan stvarnog okruženja, već je potpuno uronjen u virtualni svijet.

Pristup potonjem sustavu moguć je uz VR *headset*. Njih svrstavamo u dvije kategorije. U prvu kategoriju ubrajamo sve naočale koje ne mogu samostalno reproducirati virtualnu stvarnost. Riječ je o „okviru naočala“ s predviđenim mjestom za umetanje pametnog telefona. Umetanjem pametnog telefona i reproduciranjem VR sadržaja na istom, dobivamo iskustvo VR-a. U drugu kategoriju spadaju sve VR naočale koje mogu samostalno reproducirati VR sadržaj. U sebi imaju ugrađen ekran preko kojeg se vrši interakcija s korisnikom.

2.1.1 Primjena virtualne stvarnosti

Primjena VR tehnologije na globalnoj razini dogodila se tek zadnjih desetak godina upravo pojavom VR naočala dostupnih svima. Danas se VR tehnologija najviše upotrebljava u videoigrama.

Virtualna stvarnost, osim industrije videoigara, koristi se u medicini, za vojne primjene, obrazovanje i obuku, virtualnu baštinu, dizajn i arhitekturu i marketing (Pandžić i sur, 2011). U medicini se virtualna stvarnost koristi za izradu 3D modela na temelju medicinskih snimki, a također služi i za edukaciju i trening te predoperativno planiranje (Szekely & Satava, 1999). Jedan od poznatijih softvera s primjenom u medicini je Virtual Human koji se koristi za izradu i prikaz 3D modela i podataka (Rosen i sur., 1996).

U vojnoj industriji virtualna stvarnost se koristi za simulatore različitih vojnih uređaja (Pandžić i sur, 2011).

Virtualna stvarnost se u edukaciji najviše koristi za prikaz povijesnih mjesta, prirodnih znamenitosti ili kako bi se prikazalo kako nešto funkcionira (npr. ljudsko tijelo). Ilić i sur. (2016) navode sljedeće aplikacije za upotrebu u edukativne svrhe:

- Titans of Space – aplikacija koja koristi virtualnu stvarnost da bi korisnicima kroz putovanje prikazala planete našeg sunčevog sustava

- Anatomy VR – aplikacija omogućava korisnicima interaktivan pregled anatomije ljudskog tijela
- Google Expeditions – aplikacija koja sadrži preko sto interaktivnih putovanja i primjer je interaktivnih putovanja

Aplikacije za virtualnu baštinu koriste se i u edukativne svrhe, a najčešće služe za prikaz građevina drevnih civilizacija i slično. U arhitekturi i dizajnu pak se virtualna stvarnost koristi za izradu prototipova i budućih projekata. Virtualnim prototipovima se štedi novac i vrijeme u procesu izrade (Pandžić i sur., 2011). Primjer takve aplikacije je Storyboard VR. Storyboard VR je besplatan alat za izradu prototipova i vizualizaciju koju mogu koristiti, arhitekti, AEC profesionalci, umjetnici i stvaratelji. Omogućuje korisnicima raspoređivanje, skaliranje i animiranje jednostavnih 2D materijala (Grozđanić, 2017). U marketingu se tehnologija virtualne stvarnosti koristi za promociju na raznim izložbama i sajmovima. Virtualna stvarnost se pojavljuje u obliku 3D projekcija (Pandžić i sur., 2011).

2.2 Proširena stvarnost

Osim virtualne, postoji i proširena stvarnost (AR). Proširenu stvarnost ljudi često zamjenjuju s virtualnom, odnosno ne znaju razliku između njih. Trenutno je jedan od najvećih tehnoloških trendova i za očekivati je njegov daljnji razvoj paralelno s razvojem pametnih telefona i drugih hardverskih rješenja.

Prema Schueffelu (2017) proširena stvarnost je poboljšana verzija fizičke stvarnosti, a njeni elementi su računalno generirani i dodaju se u stvarnost pomoću senzora iz stvarnog svijeta. Pandžić i sur. (2011) navode da proširena stvarnost dodaje elemente virtualnog okruženja u stvarni svijet na način da izgledaju kao dio stvarnog svijeta. Na primjer, kamerom našeg pametnog telefona prikazujemo okolinu. Nalazimo se na livadi i uz pomoć AR tehnologije dodajemo psa. Time smo proširili stvarnu okolinu, odnosno u stvarni prostor smo dodali virtualni objekt vidljiv preko našeg pametnog telefona. Također, moguće je izvršiti interakciju s određenim objektima ili promatrati njihova kretanja. Ako objekt u virtualnom prostoru izađe iz vidokruga kamere pametnog telefona ili drugog hardvera, pomicanjem hardvera ćemo opet moći vidjeti taj objekt.

2.2.1 Primjena proširene stvarnosti

Proširena stvarnost je svima dostupna korištenjem pametnog telefona. Koristi se na mnoge načine, a jedan od popularnijih je dodavanje objekata za fotografiranje sebića (engl. *selfie*). Postoje i aplikacije za pronalazak automobila na parkingu uz pomoć AR tehnologije. Također primjenjuje se i za razne oblike kupovanja. Ali svakako najpoznatiji primjer AR tehnologije je mobilna aplikacija Pokemon Go. Riječ je o igri objavljenoj 2016. godine, a zbog planetarne popularnosti Pokemona brzo je postala i sama izrazito popularna. U igri igrači u stvarnom svijetu traže Pokemone koji se pojavljuju posvuda (npr. na drvetu, klupi, autu) i nakon što ih nađu uz pomoć kamere mobitela pokušavaju ih uhvatiti.

Proširena stvarnost se još koristi u medicini, proizvodnji, arhitekturi, navigaciji i slično. U medicini se koristi za njegu bolesnika. Softver AccuVein koristi AR kako bi prikazao vene pacijenta uz pomoć ručnog skenera. Koristeći skener utvrđeno je da je 3,5 puta precizniji pronalazak vena. U kirurgiji AR se koristi za smanjenje rizika i trajanja operacija. Izraelski *startup* Augmedics stvorio je *headset* za operacije kralježnice. Radi na način da stvara 3D model CT snimki i tako kirurgu omogućava neku vrstu „*x-ray*“ pogleda. AR se koristi u još nekim granama medicine poput ultrazvuka i farmacije (Kovach, n.d.).

U proizvodnji se proširena stvarnost koristi u vidu vizualnih instrukcija. Instrukcije se prikazuju izravno na opremi, a osoba koja rukuje opremom ima prikazanu čitavu dokumentaciju vezanu uz opremu. Tvrtka Boeing je jedna od prvih počela koristiti AR tehnologiju u svrhu proizvodnje. Prilikom proizvodnje potrebno je spajati složene komponente i velik broj kablova, stoga je razvijena aplikacija kojom je operateru detaljno objašnjeno koji dio opreme ide na koje mjesto kako bi se spriječile greške (Pandžić i sur., 2011).

U dizajnu i arhitekturi se AR tehnologija koristi za izradu i namještanje zgrada, stanova i slično. Jedna od poznatijih aplikacija je IKEA Place. Riječ je o aplikaciji švedske tvrtke namještaja Ikea pomoću koje korisnik može izabrati bilo koji komad namještaja iz njihove ponude i uz pomoć pametnog telefona postaviti ga u svoj dom kako bi vidio odgovara li mu dimenzijama i dizajnom.

Proširena stvarnost se sve više koristi u navigaciji, a njena primjena je detaljnije opisana u odlomku 3.2.3 Naočale za virtualnu stvarnost.

Glavna razlika između virtualne i proširene stvarnosti je u tome što VR stvara svijet u koji ulazimo najčešće kroz posebne naočale, odnosno *headset*. Korisnik je potpuno uronjen i sve što vidi dio je okruženja umjetno izgrađenog pomoću računalne tehnologije. S druge strane, u

proširenoj stvarnosti (AR) fizički, stvarni svijet služi za dodavanje objekata, slika ili sličnog sadržaja. Za pristup AR sadržaju nam nije potreban *headset*, već je dovoljan pametni telefon (Iberola, n.d.).

Također vrijedi spomenuti da postoji i kombinacija obje stvarnosti koja se naziva mješovita stvarnost (engl. *mixed reality*, MR). MR spaja stvarni svijet i digitalne elemente. U mješovitoj stvarnosti korisnik komunicira s fizičkim i virtualnim predmetima i okruženjima, a manipulira njima koristeći tehnologiju prepoznavanja i obrade slike. Mješovita stvarnost omogućuje korisniku da vidi svijet oko sebe dok komunicira s virtualnim okruženjem vlastitim rukama, bez pomoći kontrolera. To bi značilo da korisnik dijelom može biti u stvarnom, a dijelom u virtualnom svijetu, odnosno mješovita stvarnost spaja stvarno i imaginarno (Intel Corporation, n.d.).

Virtualna i proširena stvarnost još nisu dosegle svoj vrhunac jer je oprema i dalje vrlo skupa i nepristupačna mnogima, a ponuda softvera nije preširoka. Praćenje pokreta nije bez mana pa u budućnosti ima mjesta za napredak u tom segmentu. Ove tehnologije su u postepenom razvoju i u godinama pred nama će se vjerojatno više sredstava, ali i vremena utrošiti na napredak ovih tehnologija.

3. Pregled hardverskih rješenja

3.1 Hardverska rješenja u virtualnoj stvarnosti

Hardver u virtualnoj stvarnosti usko je vezan za *headsetove*, odnosno virtualna stvarnost prikazuje se gotovo stopostotno kroz njih. Trenutno na tržištu ima nekoliko dostupnih *headsetova*. Svi najpoznatiji, osim PlayStation VR-a, vezani su uz osobna računala. Također, dostupni su i *headsetovi* vezani za pametne telefone.

Najpopularniji na tržištu su Playstation VR, Oculus Quest, Oculus Rift S, Valve Index, HTC Vive Cosmos, Samsung Gear VR i Google Daydream View. Oculus i HTC su prethodno proizveli HTC Vive i Oculus Rift kao preteče danas popularnih nasljednika. Samsung Gear i Google Daydream View najpoznatiji su i najpopularniji VR headsetovi za pametne telefone. U ovom ćemo se poglavlju fokusirati na tri najpopularnija VR *headseta* (HTC Vive, Oculus Rift i PlayStation VR), ali i navesti poboljšanja u novijim verzijama.

3.1.1 PlayStation VR

PlayStation VR (PSVR) namijenjen je za igranje VR igara uz PlayStation 4 (PS4) konzolu. Na tržište je izašao 2016. godine i do sada je najprodavaniji VR *headset*. Zbog omjera kvalitete i cijene je izrazito popularan kod korisnika. Niska cijena PS4 konzole uvelike utječe na prodaju PSVR-a. Za razliku od ostalih VR *headsetova* koji su vezani za osobna računala, PSVR je i nekoliko puta jeftiniji gledajući cijenu njega samog, ali i potrebne hardverske pozadine. Dok je Oculus Rift već završio sa svojom proizvodnjom zbog velikih troškova i novih modela, PSVR i dalje ostvaruje dobre brojke u prodaji. Također, uz prethodno posjedovanje PS4 konzole, ova „investicija“ u VR svijet nije skupa kao kod konkurenata. Do kolovoza 2018. godine Sony je prodao više od tri milijuna PSVR sustava, a u istom periodu je prodano gotovo 22 milijuna VR igara i aplikacija (Pino, 2019a).



Slika 1- Prikaz igranja s PSVR headsetom i Aim kontrolerom

PlayStation VR *headset* se u prodaji nalazi u nekoliko pakiranja. Naime, on za registraciju pokreta koristi već prethodno dostupnu PlayStation kameru koja je dostupna od izlaska PS4. Osim kamere, koristi i *Move* kontrolere koji su dostupni još od PlayStation 3 konzole. Zbog već prethodno dostupne hardverske pozadine, PSVR *headset* se može kupiti u raznim oblicima. Dostupna je verzija u kojoj korisnik dobije samo *headset*, verzija s kamerom, a u prodaju su izašla i takozvana *bundle* izdanja koja su sadržavala sve potrebne komponente. Zbog raznih verzija pakiranja, pojedini korisnici su u početku imali problema oko odabira prave verzije za njih. Osim *Move* kontrolera vrijedi spomenuti da se igre mogu igrati i uz pomoć *DualShock 4* kontrolera i *Aim* kontrolera koji je sličan *Move* kontroleru, ali uz dodatak analognih tipki. Na Slici 1 prikazano je korištenje PSVR-a uz upotrebu *Aim* kontrolera.

Korisničke upute su sastavni dio svakog pakiranja i vrlo je jednostavno postaviti sve potrebno za igranje.

Kao i drugi *headsetovi* virtualne stvarnosti na tržištu, PlayStation VR stvara dvije slike istovremeno i uvodi korisnika u virtualni svijet. Nakon nastanka slike, ona se šalje preko kabela u sami *headset*. Za razliku od konkurentskih uređaja koji zahtijevaju skupe grafičke kartice za tu radnju, PSVR koristi isključivo ugrađeni GPU (engl. *graphics processing unit*) PlayStation 4 konzole. Nastanak slike je popraćen registracijom devet svjetlosnih točaka na *headsetu* uz pomoć PlayStation kamere. Također prate se i svjetla na kontrolerima. Ovisno o vrsti kontrolera varira

broj svjetlosnih točaka. PSVR koristi samo jednu kameru za primanje informacija o položaju igrača pa je čak i iznenađujuće koliko je precizan u stvaranju slike. Izgled kamere, svjetlosnih točaka na *headsetu* i ostale opreme vidljivi su na Slici 2.

Zbog praćenja pokreta sa samo jednom kamerom nastaje i glavni problem ovog *headseta*. Prilikom hodanja ili saginjanja dolazi do gubitka slike. Odnosno, često se dogodi da igrač izađe iz vidokruga kamere pa dolazi do nemogućnosti stvaranja slike. Za razliku od PSVR-a, HTC Vive koristi dvije kamere kako bi se spriječio gubitak slike i doživljaj bio potpun. To znači da u slučaju izlaska iz vidokruga jedne kamere, druga kamera stvara sliku. Iz navedenog možemo zaključiti da je PSVR prostorno ograničeniji od ostatka konkurencije. Tvrtka Sony preporučuje igranje u stojećem ili sjedećem stavu bez kretnji (Pino, 2019a).



Slika 2 - Prikaz PSVR headseta, kamere, Move kontrolera i procesorske jedinice

PlayStation VR ima 5,7-inčni OLED (engl. *organic light-emitting diode*) zaslon veličine 920 x RGB x 1080. Nudi vidno polje od 100 stupnjeva i radi na 90Hz ili 120Hz što znači da se slika osvježava 90 ili 120 puta u sekundi ovisno o igri. Takav zaslon omogućava igranje igara u 1080p rezoluciji. Samo kašnjenje slike na ekran *headseta* je izuzetno malo. Brzina odgovora za PlayStation VR iznosi maksimalno 18ms što je ispod primjetnog za korisnika. Također, ni konkurencija nema problema s latencijom. Ako se uz PSVR koristi i PS4 Pro konzolu, moguće je iskusiti još dublji doživljaj virtualne stvarnosti za igre koje ga podržavaju. To se najviše očituje na pojedinim teksturama, ali i na smanjenoj zrnatosti (Pino, 2019a).

Što se izgleda tiče, PSVR izgleda minimalistički i elegantno. Pruža udobnost korisniku što je i presudno. Na stražnjem dijelu nalazi se kotačić za stezanje *headseta* ovisno o širini glave igrača kako bi odgovarao za sve korisnike. Također, moguće je pomicati vizir, odnosno prednji dio *headseta* naprijed-nazad kako bi se prilagodio licu i ostvario čišći prikaz. PSVR je dosta lagan, svega 600 grama, i ima lagane materijale poput gume za sprječavanje ulaska svjetlosti. Zbog svoje male težine omogućuje dulje igranje bez pojave boli u vratu.

PSVR nije bežičan *headset* stoga mora biti u svakom trenutku povezan s konzolom. Postoji kabel koji vodi od *headseta* do procesorske jedinice PlayStation VR-a, pa je procesorska jedinica PSVR-a spojena s PS4 konzolom i HDMI kabelom s televizijom.

Na kablu, tik uz *headset*, postoji priključak za slušalice, te gumbi za reguliranje glasnoće i isključivanje *headseta*. Također, vrijedi spomenuti da je kompatibilan sa svim vrstama slušalica. Procesorska jedinica PSVR-a služi za obradu 3D zvuka i za upravljanje HDMI kabelom te za prezentaciju slike na televizijskom ekranu (Pino, 2019a).

Kao prednost PSVR-a treba istaknuti i samog izdavača. Sony je veliko ime u svijetu videoigara i iza sebe ima cijeli niz stručnjaka i programera za razvoj igara pa tako i za razvoj VR igara. Dok se drugi izdavači „muče“ s pronalaskom programera koji će razviti igre za njihov *headset*, Sony nudi široku ponudu igara za trenutno tržište.

I na kraju, cijena – Bakalar (2016) je prenio vijest da je prilikom izlaska cijena 399 dolara, odnosno 399 eura (ovisno o tržištu). Za te novce mogao se kupiti PSVR sa svom pripadajućom opremom. Danas je ta cijena manja za otprilike 25%, ali moguće je kupiti *headset* i jeftinije tijekom perioda sniženih cijena koje Sony često nudi.

Postoje nagađanja za mogućnost izlaska PlayStation VR 2 *headseta* nakon izlaska Playstation 5 konzole te da će biti riječ o poboljšanoj verziji trenutnog *headseta* uz nove kontrolere. Takvo što zvuči realno jer su konkurentne tvrtke već izdale drugu generaciju *headsetova*.

3.1.2 Oculus Rift

Oculus Rift je na tržište izašao 2016. godine uz velika obećanja o vrhunskom pružanju VR iskustva. Izašao je kao VR *headset* vezan uz osobno računalo. Iako je izašao 2016. godine, Rift je proizvod razvojno-istraživačkog projekta koji je trajao 4 godine. Prvi prototip objavljen je 2012. godine pod nazivom *Developer Kit*. Projekt je pokrenut i na Kickstarteru gdje je zaradio dva milijuna dolara. Nakon toga u igru se uključio i veliki tehnološki div Facebook i kupio Oculus Rift. Finalni proizvod je, naravno, puno bolji i kompletniji od razvojnih modela. Svi novi modeli razvijeni su i financirani od strane Facebooka koji u Oculus ulaže velike iznose kako bi unaprijedili svoje *headsetove*.

Tijekom godina Rift je doživio određene promjene, između kojih je najvažnije spomenuti Oculus Touch. Oculus Touch su kontroleri koji su poboljšali igrivost i iskustvo VR svijeta. No, kontroleri nisu savršeni, primjerice neke intuitivne pokrete ne prezentiraju kako bi trebalo. Stoga, što se kontrolera tiče, ima mjesta za napredak. Također, Oculus Rift je u međuvremenu prestao podržavati Windows 7 i 8.1. To znači da je podrška za nove igre dostupna samo za Windows 10, ali starije igre je još uvijek moguće igrati na ranijim verzijama Windowsa.

Rift više nije glavni adut svoje tvrtke zbog izlaska novih modela Oculus Go-a, Oculus Questa i pravog nasljednika Rifta, Oculus Rift S modela. Izlaskom Rifta S, Rift je povučen s tržišta i nije više u prodaji (Pino, 2019d).

Unutar pakiranja Oculus Rifta nalazio se *headset*, dva senzora Oculus, dva kontrolera osjetljiva na dodir (ranije spomenuti Oculus Touch), sedam besplatnih VR aplikacija te svi kablovi i uputstva koja su potrebna za spajanje *headseta*.

Glavna prednost Oculus Rifta u odnosu na ostale VR *headsetove* za PC je svakako cijena i najniži zahtjevi za hardverske komponente računala. Primjerice, cijena komponenti za pokretanje je niža od komponenti potrebnih za HTC Vive.

Rift je povezan kabelom s računalom i stvara dvije slike rezolucije 1080 x 1200 za svaki objektiv u *headsetu*. Iako traži najniže hardverske specifikacije, takva računala i dalje nisu jeftina. Prilikom izlaska *headseta*, minimalna specifikacija za Oculus Rift bio je Intel Core i5 4590 ili procesor u istom rangu te 8 GB RAM-a. Preporučena grafička kartica bila je NVIDIA GTX 970 ili AMD Radeon 290. Kupovina tih komponenti pojedinim korisnicima može biti preskupa pa, gledajući financijski, ranije opisani PSVR predstavlja povoljniju opciju. Tijekom vremena su

minimalne specifikacije ipak svedene na nešto slabije komponente - Intel i3-6100 i Nvidia GTX (Pino, 2019d).

Headset se spaja na stražnjoj strani uz pomoć HDMI kabela koji povezuje grafičku karticu i *headset*. Rift ima kameru pomoću koje se prate kretnje glave. Isto kao i kod PSVR-a, moguće je igrati iz sjedećeg ili stajaćeg položaja. U novijim ažuriranjima je omogućeno da Rift može pratiti igrača i u manjoj prostoriji. Prije početka igre je osim HDMI kabela potrebno spojiti dva USB kabela iz *headseta* i senzora na dva USB 3.0 porta. Prilikom prvog spajanja *headseta* potrebno je preuzeti program koji je doista intuitivan i uvelike olakšava početno postavljanje, ali i daljnje korištenje (npr. instalacija igara).

Broj dostupnih igara za Rift je u 2019. godini premašio brojku od 100. Iako ima manje igara od PSVR-a, i dalje je ponuda sasvim dovoljna za potpuno VR iskustvo.

Izgled Rifta je vrlo elegantan i kompaktan iako je nova verzija Rift S puno bolje dizajnirana. Problem koji se moguće javlja jest bol u vratu. Naime, sva težina je usmjerena na prednji dio glave, pa ako se dulje igra može doći do bolova. Na stražnjem dijelu *headseta* nalaze se jastučići od pjene, pa je udobnost zadovoljavajuća. Na remenima se nalaze čičci kako bi si korisnik namjestio *headset* najbolje moguće jer za potpuno iskustvo igranja treba pripaziti da je remenje dobro namješteno. Ako je ono slabo pritegnuto, dolazi do prodora svjetlosti u *headset*, a ako se stegne prejako, može se izgubiti fokus i doći do zamućenja. Prikaz igranja s Oculus Riftom vidljiv je na Slici 3.



Slika 3 - Prikaz igranja s Oculus Riftom i Touch kontrolerima

Headset ima svoje slušalice koje pružaju 3D zvuk i dovoljno su kvalitetne za sve zvukove u igri. Osim vlastitih, *headset* nudi i mogućnost igranja s drugim slušalicama.

Praćenje pokreta izvršava Oculus senzor. Igrač se može kretati više od 180 stupnjeva, a senzor će i dalje prepoznati pokret. On se postavlja desetak centimetara iznad stola i može se pomicati prema gore ili dolje, ovisno o tome u kojem položaju igrač igra.

Jedna od zanimljivih stvari kod ovog *headseta* je što će se vizir sam upaliti prilikom stavljanja na glavu i isto tako ugasi kada ga skinemo (Pino, 2019d).

Oculus kategorizira igre prema tome koliko gibanja ima u igri i kolika je vjerojatnost da dođe do nelagode prilikom igre. Postoje tri postavljene razine: ugodna, umjerena i intenzivna. Ovisno o stupnju gibanja igrač bira kakve igre želi igrati. Izmjena igara je vrlo jednostavna jer je početni ekran intuitivan i pregledan, odnosno dobro dizajniran.

Tijekom godina cijena proizvoda je pala pa je tako s početnih 600 dolara došla na 400 dolara. Pad cijene mogao bi se protumačiti kao pokušaj poboljšanja prodaje ili da je Facebook jednostavno pokušavao svoj proizvod plasirati u što veći broj kućanstava (IT Pro team, 2018).

Facebook Technologies (n.d.) izdao je i druge Oculus VR *headsetove*. Tu se ponajviše ističe Oculus Rift S. On ima zaslon nešto veće rezolucije od originalnog Rifta, od 1280 x 1440 piksela po oku umjesto 1200 x 1080. Dok većina VR *headsetova* ima brzinu osvježavanja od 90Hz, Rift S ima svega 80Hz što se može smatrati nedostatkom, ali veća rezolucija opravdava manju brzinu osvježavanja (Evans, 2019). Robertson (2019) ističe kako je Rift S nešto teži od svog prethodnika, ali je dizajnom i materijalima bolje izveden.

Oculus Quest pruža mogućnost VR igranja bez kablova. Glavne prednosti su mu još i potpuno praćenje kretanja bez dodatnih senzora i upravljanje s dva *Touch* kontrolera te kvalitetan i čist prikaz na ekranima. Rezolucija je velika, čak 1440 x 1600. Zbog bežičnog načina rada ima niže osvježavanje (72Hz) i nije toliko grafički snažan (Greenwald, 2019).

Oculus Go je inovacija u svijetu VR-a jer je jedan od prvih VR *headsetova* koji rade samostalno na visokoj razini. Za VR iskustvo nisu potrebni ni osobno računalo, ni PS4, ni pametni telefon. Ima dobru kvalitetu slike i velik izbor aplikacija, a cijenom od 200 dolara je jedan od povoljnijih na tržištu. Naravno, njegova „samostalnost“ ima i negativnih strana. Svakako jedan od glavnih nedostataka je kratki vijek baterije od svega 2 sata. Također punjenje je izrazito dugo, čak 3 sata. Brzina osvježavanja mu je svega 60Hz što je i razumljivo obzirom na limitiranost mobilnog hardvera (TechSpot, n.d.). Izgled navedenih ostalih modela moguće je vidjeti na Slici 4.

Na kraju treba istaknuti da je Oculus u kratkom periodu predstavio već nekoliko VR *headsetova* i, iako nisu najbolji na tržištu (HTC-ovi modeli nude bolju prezentaciju igara i kvalitetnije je upravljanje i praćenje pokreta), vidi se značajan napredak u kvaliteti njihovih proizvoda. Dizajn je kvalitetniji, rezolucija viša, a radi se i na bežičnim *headsetovima*. VR tržište svakako će i u budućnosti biti zastupljeno s njihovim *headsetovima* zbog kapitala kojeg Facebook ulaže u Oculus.



Slika 4 - Oculus Go, Rift S i Quest

3.1.3 HTC Vive

HTC Vive jedan je od prvih visokobudžetnih VR *headsetova* na tržištu. Iako je na tržištu od 2016. godine, on i dalje parira novijim *headsetovima* i sadrži sve mogućnosti kao i novi modeli. U odnosu na *headsetove* svoje generacije, HTC Vive je svojim performansama i dočaravanju VR svijeta uvjerljivo najbolji. Igranje VR igara na ovom *headsetu* je najfluidnije. Praćenje pokreta igrača radi bolje nego kod konkurencije i izvodi se uz pomoć dvije kamere. Upravljanje s kontrolerima je intuitivno i dobro pretvoreno u virtualni svijet zbog senzora koji se nalaze na njima.

Kao i za Oculus, ima dovoljno igara, ali nakon nekog vremenskog perioda igranja ih polako ponestaje. U zadnje vrijeme objavljuje se sve više kvalitetnijih naslova pa bi se taj problem trebao reducirati. Ako je suditi po trenutnom trendu izlazaka novih VR igara, i u budućnosti će biti sve veći broj igara zbog kojih će VR *headsetovi* biti isplativi.

Kao što je spomenuto, HTC Vive je dosta skup: na predstavljanju je stajao 800 dolara, što je značajno skuplje od konkurencije. Kasnije je cijena pala na 500 dolara što ga je činilo samo 100 dolara skupljim od Oculus Rifta. Danas više nije u prodaji, ali ni njegov nasljednik HTC Vive Pro ni HTC Vive Cosmos cijenom nisu povoljniji. Pojedine vrste paketa s dodacima su i skuplje (Pino, 2019b).

HTC Vive zahtjeva Intel Core i5-4590K procesor i Nvidia GTX 970 ili AMD R9 390 grafičku karticu. Slično kao i kod Oculus Rifta, u komponentama računala se skrivaju dodatni troškovi za korisnike.

Za razliku od PlayStation VR-a i Oculus Rift-a koji koriste jednu kameru za praćenje pokreta, HTC Vive ima dvije bazne stanice koje se postavljaju na zid pričvršćene na zidne nosače. One prate male senzore koji se nalaze na vrhu svakog od dva kontrolera i na *headsetu* (Slika 5). Kako bi točno odredili kretanje, senzori prate čak 72 točke. To je jedan od glavnih razloga zbog čega je Vive bolji od PSVR-a i Oculus Rifta.

Prilikom kupnje, unutar svakog pakiranja dolazi Vive *headset*, dva kontrolera, dvije bazne stanice te korisničke upute i potrebni kablovi. Također, dobiju se i tri početne igre: Job Simulator, Fantastic Contraption i The Lab.

HTC Vive ima vlastiti program za postavljanje koji korisniku olakšava postavljanje *headseta* i početak igre. Preko programa izvrši se mapiranje prostorije prije početka igre. Zbog svog načina praćenja pokreta, Vive omogućuje korisniku neometano kretanje po prostoriji bez gubitka slike. Jedina ograničenja s kojima će se igrač susresti u virtualnom svijetu su svijetloplavi zidovi sačinjeni od linija koje upozoravaju na rubove zone igranja. Plave linije stvara SteamVR, softver koji je razvio Valve, inače HTC-ov partner. "*Chaperone mode*" je službeni naziv za te linije, a one služe kako bi spriječile da se korisnik u stvarnom svijetu ne ozlijedi u okolini igranja (Pino, 2019b).



Slika 5 - HTC Vive s kontrolerima

Vive je teži od Oculus Rift-a i PlayStation VR-a pa je samim time i manje udoban. No, prema iskustvima korisnika, dodatna težina nije nešto što se previše primjećuje prilikom igre. *Headset* ima tri čičak trake koje se omotaju oko vrha i bočnih strana Vivea, a spajaju se na pozadini *headseta*. Ta točka spajanja je ujedno i fiksna točka koja sprječava da Vive padne s glave korisnika. S desne strane *headseta* se nalazi gumb za namještanje žarišne duljine leće kako bi se smanjilo zamućenje. On se može okretati i potrebno ga je namjestiti tako da korisnik dobije čistu sliku.

Vezano za zvuk, Vive podržava sve slušalice, od najjeftinijih pa do najskupljih. Tri kabela povezuju *headset* i *hub* koji je pak povezan s računalom.

Hood (2018) navodi kako je HTC naknadno izdao i bežični adapter koji se postavi na vrh *headseta*. Iskustvo igranja bez kablova nije jeftino. Potrebno je još nadoplatiti 300 dolara na ionako već velik iznos, a igranje s kablovima i nije toliko nespretno. Kablovi su uredno povezani pa ne dolazi do njihovog zapetljavanja. Iz malenog *huba* potrebno je jedan kabel priključiti u USB 2.0 utor na računalu, drugi kabel do HDMI ulaza grafičke kartice i jedan strujni kabel do utičnice.

Unutar *headseta* nalazi se OLED zaslon rezolucije 2160 x 1200 koji ima brzinu osvježavanja od 90Hz. Za spomenuti je da PSVR ima brzinu od 120Hz pa je Vive „slabiji“, ali ipak Vive koristi puno moćnije grafičke kartice pa i na 90Hz slika djeluje fluidno i bez prekida. Omogućava vidno polje od 110 stupnjeva te je ovaj *headset* u samom vrhu u toj kategoriji. Bazne stanice, zadužene za praćenje pokreta, imaju noviju verziju u kojoj su bežične i manje. Jedini nedostatak kod njih je kraći kabel za napajanje. Kontroleri su veličinom nešto veći od konkurencije, ali rade odlično. Pružaju dosta mogućnosti za upravljanje. Svaki od kontrolera ima dodirnu podlogu koja sadrži i „klik“ gumb i stražnji okidač (engl. *trigger*) s dva stupnja pritiska koji omogućuje kvalitetniju i precizniju interakciju. Glavni gumbi svakako su gumbi za kretanje koji se nalaze ispod dodirne podloge. Kretanje u igri je moguće pritiskom kombinacije okidača i dodirne podloge čime igrač u virtualnom svijetu skače na drugo mjesto. Ako to igra dopušta, moguće se kretati i fizički hodanjem po zoni igranja. Dok Oculus Rift može pratiti prostor od oko 1,5 x 3 metra, a PlayStation VR može pratiti korisnika na površini od oko 2,5 x 2 metra, HTC Vive ima maksimalno područje praćenja od 4,5 x 4,5 metra. Prostorno kretanje i jest bit VR-a, odnosno da virtualno kretanje bude popraćeno fizičkim kretanjem, a jedino je to Vive izveo na pravi način (Pino, 2019b).

Od novijih HTC proizvoda treba još spomenuti HTC Vive Pro i HTC Vive Cosmos. Vive Pro je plave boje za razliku od crnog prethodnika (Slika 6). Dvostruki AMOLED (engl. *active-matrix organic light-emitting diode*) zasloni imaju rezoluciju 1440 x 1600 piksela svaki. To je gustoća od 615 piksela po inču i 78% više piksela nego Vive, što znači da je oštrina slike najveća dostupna. Vive ima jednu prednju kameru koja služi da vidimo stvarni svijet bez skidanja *headseta*, dok Vive Pro ima dvije kamere. Rečeno je da one služe za praćenje kretanja, ali i za skeniranje stvarnog prostora radi stvaranja boljeg virtualnog svijeta. Te mogućnosti ovise o programerima i razvojnom timu za igru, odnosno u kojoj mjeri će iskoristiti te mogućnosti. Vive Pro sadrži i integrirane slušalice i bolje su povezani kablovi. Negativna strana je pak da igrači trebaju jaču grafičku karticu radi više piksela, ali svako poboljšanje nosi i nešto negativno (Moon, 2018).



Slika 6 - HTC Vive Pro s kontrolerima i baznim stanicama

Za razliku od Vive i Vive Pro modela, HTC Corporation (n.d.) navodi da HTC Vive Cosmosu za igranje nisu potrebne vanjske bazne stanice, što mu je i najveća prednost. Također, kao i Vive Pro, ima oštriju sliku. Kao nedostatak svakako treba istaknuti cijenu od 700 dolara kao i loše dizajnirane kontrolere. Vjerojatno najveći nedostatak je praćenje u tamnijim prostorijama. Naime, Vive Cosmos će u tamnijim prostorijama imati problema s praćenjem pokreta igrača pa je stoga preporučljivo igrati u prostorijama s više svjetla.

3.1.4 Valve Index

Ukratko treba spomenuti i Valve Index koji je na tržište izašao 2019. godine kao prvi *headset* tvrtke Valve (Slika 7). Valve Index ubraja se u drugu generaciju VR *headsetova*. Ima 2 LCD (engl. *liquid crystal display*) zaslona rezolucije 1440 x 1600. Brzine osvježavanja slike kreću se od 80Hz, 90Hz pa do 120Hz, ovisno o igri. U razvoju je i brzina osvježavanja od 144Hz. Vidno polje iznosi 120 stupnjeva. *Headset* je kompatibilan s HTC Vive baznim stanicama, ali ima i vlastite.



Slika 7 - Valve Index s kontrolerima i baznim stanicama

Kontroleri su poznati pod nazivom „*Knuckles Controllers*“. Oni sadrže 87 senzora za praćenje položaja ruke, što je novitet u VR svijetu. Isto tako, značajno je poboljšao prikaz ruke u VR svijetu. Osim svojih kontrolera, Valve Index podržava i kontrolere HTC Vivea i Vivea Pro. Vidi se značajni napredak u razvoju, ponajviše u kontrolerima zbog velikog broja senzora (Pino, 2019c).

Igre su dostupne preko Steama kao i za HTC *headsetove*.

Cjenovno je izrazito skup, čak 1000 dolara, ali po izvedbi je u samom vrhu VR-a zbog dobre implementacije položaja ruku u virtualnom svijetu (Steam, n.d.).

3.1.5 Samsung Gear VR i Google Daydream View

Samsung Gear VR (Slika 8) jedan je od najjeftinijih načina za doživjeti virtualnu stvarnost. Riječ je o *headsetu* koji se koristi uz pametni telefon. Dakle, sve što je potrebno jest Gear VR *headset* i Samsung pametni telefon. Najnoviji Gear VR model iz 2018. godine ima i USB-C priključak preko kojega se izravno spaja u Samsung Galaxy S9 i S10 generacije pametnih telefona.

Uz *headset* dolazi i maleni kontroler koji se bežično spaja s mobitelom i produbljuje VR iskustvo omogućeno Gear VR-om. Potrebne su dvije AAA baterije za njegov rad, a sadrži tipku za glasnoću, „*home*“ gumb i gumb za povratak te dodirnu podlogu. Kontroler je dostupan, osim uz noviju verziju Gear VR-a, u pojedinačnoj prodaji. Dakle, moguće ga je koristiti uz prethodnu verziju *headseta*. Težina *headseta* je oko 250 grama što nije puno, ali treba uračunati još i težinu pametnog telefona. Za usporedbu, Google Daydream View teži 220 grama (Nicol, 2017).

Novi model Gear VR-a je prozračniji u odnosu na prethodni model, pa je magljenje leća spriječeno u većoj mjeri nego kod prethodnika. Također, *headset* je dobro zaštićen od prodora vanjske svjetlosti i poboljšana je udobnost. Samsung uključuje zamjenski mikroUSB konektor koji omogućuje kompatibilnost i sa starijim uređajima poput S7 i S6 generacija. Samsung Gear VR dostupan je na tržištu po cijeni od 130 dolara, a moguće ga je naći i jeftinije. Cijena samog kontrolera je oko 40 dolara (Faulkner, 2018).

Od 2015. do danas stvorila se dovoljna biblioteka igara za VR na pametnom telefonu. Što se tiče izvedbe igara i kvalitete slike, tu će sve varirati ovisno o pametnom telefonu koji se koristi, odnosno o razlučivosti njegovog ekrana i *chipsetu* kojeg sadrži. Za prvo VR iskustvo Gear VR se čini odličnom opcijom, posebice ako se koristi Samsung pametni telefon višeg cjenovnog ranga.)

Google Daydream View (Slika 8) također je VR *headset* za pametne telefone. Pojavio se na tržištu 2017. godine i jedan je od popularnijih modela. Riječ je o kućištu koje samo po sebi nije ništa drugo osim okvira s lećama. Za VR iskustvo potrebno je preuzeti aplikaciju Daydream ili neku njoj sličnu. Kao i kod Samsung Gear VR-a, VR iskustvo ovisi o rezoluciji i snazi mobitela. Razlika u odnosu na svog prethodnika je dizajnerska, odnosno u udobnosti i materijalima koji se koriste prilikom izrade. Sve u svemu, djeluje čvršće i izdržljivije. Dodan je i treći remen koji se proteže preko glave. S trećim remenom poboljšana je stabilnost *headseta* na glavi, a moguće ga je i ukloniti. Udobnost *headseta* je sasvim solidna, jastučići su mekani i ugodno je nositi *headset* na glavi (Fitzsimmons & Ellis, 2018).

Kao i Samsung Gear VR, i Google Daydream View sadrži maleni kontroler. Kontroler ponekad zna izgubiti vezu s *headsetom*, ali se ona relativno brzo ponovno uspostavi. Također, dosta je limitiran svojim mogućnostima (npr. nema prostorno praćenje). Biblioteka igara je znatno manja nego kod Gear VR-a pa je to nedostatak u odnosu na njega (Fitzsimmons & Ellis, 2018).



Slika 8 - Google Daydream View (lijevo) i Samsung Gear VR (desno)

Kompatibilnost sa pametnim telefonima je također ograničena. Daydream View je podržan samo na nekim modelima Google Pixel, Motorola, Huawei, ZTE i Samsung uređaja.

Cijena Daydream Viewa prilikom izlaska iznosila je 100 dolara, dok je sad dostupna za pedesetak (Google, n.d.).

3.1.6 Usporedba hardverskih rješenja za virtualnu stvarnost

Tablica 1 - Usporedba VR headsetova

| | Datum izlaska | Platforma | Rezolucija ekrana | Brzina osvježavanja | Cijena (prilikom izlaska) |
|-----------------------------|----------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| <i>PlayStation VR</i> | 13.11.2016. | PlayStation 4 | OLED 1920x1080 piksela | 120Hz | 399 \$ |
| <i>Oculus Rift</i> | 28.03.2016. | osobno računalo | LCD 2160x1080 piksela | 90Hz | 599\$ |
| <i>HTC Vive</i> | 05.04.2016. | osobno računalo | OLED 2160x1200 piksela | 90Hz | 799\$ |
| <i>Valve Index</i> | 28.06.2019. | osobno računalo | LCD 2880x1600 piksela | 120Hz (144Hz u razvoju) | 999\$ |
| <i>Samsung Gear VR</i> | 27.11.2015. | Pametni telefon | ovisno o ekranu mobitela | ovisno o ekranu mobitela | 99\$ |
| <i>Google Daydream View</i> | 10.11.2016. | Pametni telefon | ovisno o ekranu mobitela | ovisno o ekranu mobitela | 79\$ |

Sagledavši sve karakteristike prethodno analiziranih *headsetova* (Tablica 1) može se zaključiti da je Valve Index trenutno najsnažniji VR *headset*. Nudi visoku rezoluciju ekrana uz najveću brzinu osvježavanja. Kontroleri su mu najkvalitetniji na tržištu zbog velikog broja senzora za praćenje pokreta ruke i prstiju.

U tabličnom pregledu, osim Valve Indexa, istaknuti su glavni predstavnici prve generacija *headsetova*. Prva generacija je postavila kvalitetne temelje za daljnji razvoj VR *headsetova*. Približila je virtualnu stvarnost prosječnom korisniku i omogućila svakome da doživi VR iskustvo. HTC Vive je svojim karakteristikama najkvalitetniji njezin predstavnik. Jedini nudi mogućnost praćenja prostornog kretanja i ima relativno veliku zonu igranja. Ostali modeli se oslanjaju većinom na igranje u mjestu, odnosno omogućuju praćenje pokreta ruku i pokrivaju mali radijus kretanja.

U drugoj generaciji *headsetova*, u koju se ubrajaju sljedbenici HTC Vive i Oculus Rifta te Valve Index, vidljiv je napredak. Kvalitetniji ekrani i bolje praćenje pokreta najznačajniji su

napredak. Cijena novih modela je slična onima u prvoj generaciji, dok izlaskom novih modela kod prve generacije dolazi do pada cijene.

Headsetovi za pametne telefone su najpovoljniji, ali nude samo bazične mogućnosti i ne prate pokrete u prostoru. Teško je očekivati neke veće napretke u toj vrsti *headsetova* jer je riječ samo o kućištima za mobitele. Jedini napredak moguć je na mobilnim uređajima, ali i to je upitno u kojoj će mjeri biti ostvareno jer ostali *headsetovi* postaju sve pristupačniji.

U budućnosti možemo očekivati više samostalnih *headsetova* koji će raditi bez potrebe za dodatnim „pogonom“ što bi učinilo VR igranje mobilnijim.

3.2 Hardverska rješenja proširene stvarnosti

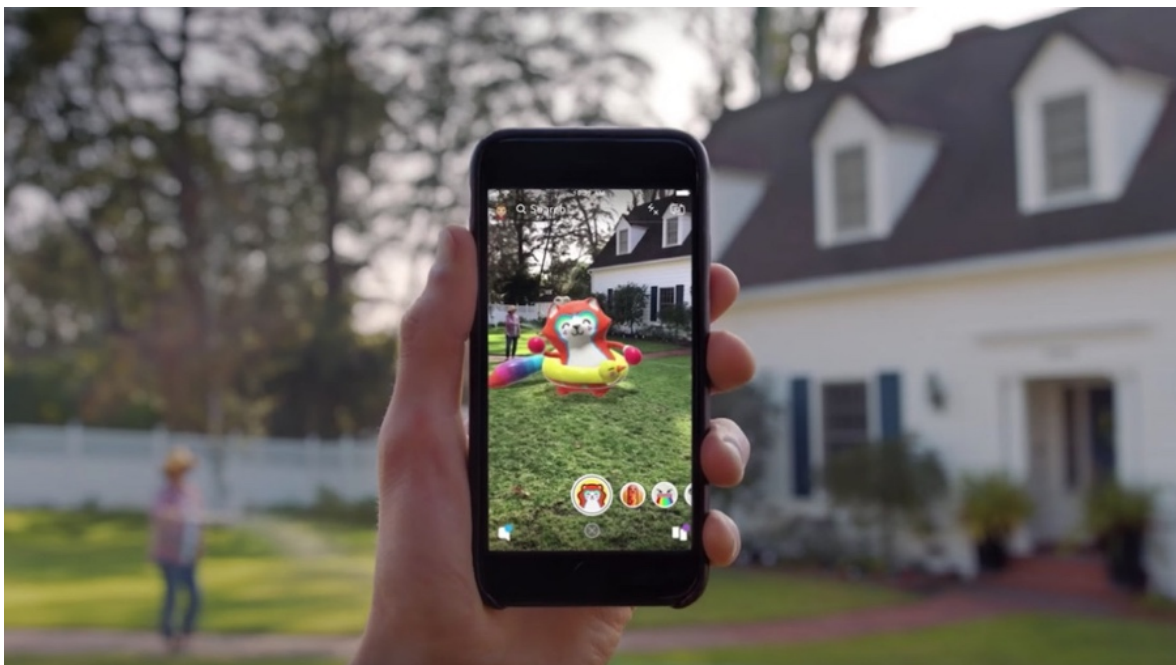
Za razliku od virtualne stvarnosti, gdje se sav popratni hardver pojavljuje u obliku VR *headsetova*, to nije slučaj kod proširene stvarnosti. Zbog široke primjene još uvijek ne postoji jedinstveni uređaj za proširenu stvarnost, a možda nikada ni neće. Naime, proširena stvarnost nam je dostupna na našim pametnim telefonima u vidu raznih aplikacija, naočala (koje su sve popularnije, ali još uvijek izrazito skupe), tableta, projektora, itd.

3.2.1 Pametni telefoni

Pametni telefoni sigurno nisu uređaji koji će nam prikazati punu mogućnost AR svijeta. Zbog svoje fizičke odvojenosti od našeg oka, teško je uroniti u spoj virtualnog i stvarnog. Iako je tome tako, AR tržište je trenutno najveće upravo za pametne telefone. Razlog tome bismo lako mogli pronaći u nedostatku drugih, cjenovno pristupačnijih uređaja. Snapchat (Slika 9), Instagram, Yelp i Pokémon Go samo su neke od aplikacija koje u pojedinim segmentima nude određenu vrstu AR iskustva. Najčešće je riječ o efektima za slikanje sebića koji su izrazito popularni, međutim mnoštvo ih ljudi koristi bez razmišljanja i spoznaje da je riječ o jednom vidu proširene stvarnosti. Takvi oblici proširene stvarnosti daleko su od njenog punog dometa, a čak bi mogli reći da je riječ o nekim primitivnim oblicima proširene stvarnosti.

Razvojem ARKit i ARCore paketa olakšana je izrada proširene stvarnosti na pametnim telefonima. Ti paketi su razvojni paketi za izgradnju aplikacija temeljenih na AR-u za iOS i Android, a cilj im je olakšati programerima postavljanje digitalnih holograma u korisničko okruženje (Mealy, 2018).

Pametni telefoni su svakako najkorišteniji za prikaz proširene stvarnosti, a osim za zabavu, elemente virtualne stvarnosti ponegdje je moguće prikazivati i kroz aplikacije muzeja, turističkih zajednica i slično. Svatko tko ima pametni telefon može na njemu prikazati neki oblik proširene stvarnosti, stoga nema smisla posebno isticati neke uređaje jer ih većina podržava aplikacije za prikaz proširene stvarnosti.



Slika 9 - Primjer proširene stvarnosti u aplikaciji Snapchat

3.2.2 Headsetovi za proširenu stvarnost

Za razliku od mobitela, *headsetovi* će pružiti znatno veći doživljaj proširene stvarnosti za korisnika. Najpoznatiji takvi *headsetovi* su Microsoft HoloLens 2, Meta 2 i Magic Leap. Ove *headsetove* bismo mogli ubrojiti i među MR uređaje. Nijedan od ova tri uređaja nije u masovnoj proizvodnji, a i cjenovno su dosta nepristupačni.

3.2.2.1 Microsoft HoloLens 2

Microsoft je radio na ovom projektu gotovo 5 godina, a izlaskom HoloLens 2 *headseta* jasno je da je namijenjen samo za poslovno tržište. Svojim predispozicijama može biti koristan za mnoga poduzeća. Korištenjem ovog *headseta* smatra se da bi radnici bili produktivniji nego za običnim računalom. Prikaz upotrebe *headseta* na gradilištu (praktičan za zanimanja koja se odvijaju van ureda) moguće vidjeti na Slici 10.

Headset također služi za treniranje nekih posebnih vještina. Tepper i suradnici (2017) iznose da je jedno od polja primjene ovog *headseta* u medicini, gdje se koristi se prilikom operacija. Kirurg u svakom trenutku ima dostupne informacije o pacijentu: prikazuju mu se složeni 3D podaci, a moguće je da mu se prikažu i digitalni implantati kako bi mu se olakšala ugradnja pravih (Peckham & Osborne, 2019).



Slika 10 - Primjer prikaza proširene stvarnosti u pomoć HoloLens 2 headseta

Glavni nedostatak uređaja je udobnost. Naime, nošenje *headseta* tijekom duljeg vremenskog perioda, kao što je radno vrijeme od 8 sati, postaje naporno i za vrat i za oči.

HoloLens 2 ima 2K transparentne ekrane s MEMS (mikroelektromehaničkim sustavima). Zbog transparentnosti ekrana moguće je vidjeti elemente proširene stvarnosti koji se spajaju sa stvarnim svijetom. U svjetlijim prostorima *headset* ponekad ima problema s prikazom proširene stvarnosti zbog previše svjetla. HoloLens 2 sadrži softver za praćenje micanja oka i pokreta ruku. Oba rade dosta dobro, ali ima mjesta za napredak kako im ne bi promaknuo niti jedan pokret. HoloLens 2 ima vidno polje od 52 stupnja, što je povećanje od 18 stupnjeva u odnos na prethodnika (Peckham & Osborne, 2019).

Ovaj *headset* je trenutno vodeći na tržištu mješovite stvarnosti, ali cijena od 3500 dolara ga čini prilično nedostupnim širokom spektru korisnika.

3.2.2.2 Meta 2

Svoj razvojni paket tvorci Meta 2 *headseta* pokušavaju implementirati u poslovnom svijetu, slično kao i Microsoft. Meta 2 je sličan *headset* kao i HoloLens. Ovaj *headset* ima ekran visoke rezolucije od 2560 x 1440 piksela i vidno polje blizu 90 stupnjeva. Gotovo 40 stupnjeva veće vidno polje od Microsoft HoloLensa mu je glavna prednost.

Koristeći razne senzore i visokofrekventnu kameru, Meta 2 omogućuje praćenje pozicije da bismo vidjeli, primili i pomicali holograme baš kao i fizičke predmete. Drugim riječima, Meta napredna senzorska tehnologija mapira ne samo ruke već i okolinu u kojoj se nalazimo. Također, Meta 2 ima prednju kameru od 720p kojom prati pokrete i mapira okolinu. Jedno od glavnih funkcionalnosti ovog *headseta* je zamjena radne površine računala, odnosno prozirni ekran koji prikazuje virtualnu radnu površinu (Marquis, 2016).

Trenutna cijena *headseta* iznosi 950 dolara.

3.2.2.3 Magic Leap

Magic Leap je još jedan *headset* na AR tržištu. Zbog visoke cijene slabo se prodaje i nije doživio veliku popularnost. Jedno od glavnih prednosti mu je mogućnost prikazivanja proširene stvarnosti na udaljenosti od 35cm pa do stotinjak metara. Vidno polje mu iznosi 50 stupnjeva, a brzina osvježavanja iznosi čak 120Hz. *Headset* ima svoje zvučnike pa stvara zvukove za virtualne predmete u našoj okolini. Težina mu iznosi 316g pa je lakši od HoloLens 2 *headseta* za čak 250g. *Headset* je spojen s malim kućištem koje ga pokreće u trajanju od 3 i pol sata nudeći memoriju od 128GB i 8GB RAM-a. Postoji mali kontroler za upravljanje prikazom koji sadrži dodirnu podlogu, ali *headset* prati i pokrete glave i ruku (Magic Leap, n.d.).

Headset ima zamišljeno široko polje primjene, od uredskog korištenja (kao zamjena za stolno računalo) pa do virtualnog namještanja prostora. Moguće ga je koristiti u edukativne svrhe (npr. virtualni prikaz kemijskih molekula). Cijena je ono što odbija kupovinu ovog *headseta*: ona iznosi od 2300 do 3000 dolara ovisno o sadržaju pakiranja (Magic Leap, n.d.).

3.2.3 Naočale za proširenu stvarnost

Technavio (2015) opisuje naočale za proširenu stvarnost, odnosno pametne naočale, kao nosivi uređaj s proširenom stvarnošću koji snima i obrađuje fizičko okruženje korisnika te dodaje virtualne elemente. Također navodi da instituti za istraživanje tržišta predviđaju strahovite stope

rasta za ovu vrstu tehnologije. Trenutno su na tržištu najpoznatije naočale Solos, Epson Moverio BT-300, Vuzix Blade.

Slično kao i *headsetovi* za proširenu stvarnost, naočale su iznimno skupe. Tržište za njih vrlo je malo, ali ako u budućnosti padne cijena, mogle bi postati puno popularnije zbog svojeg zanimljivog koncepta.



Slika 11 - Korištenje Vuzix Blade pametnih naočala za proširenu stvarnost

Solos pametne naočale zamišljene su za sportske aktivnosti poput biciklizma i trčanja. Na transparentnom ekranu kojeg imaju mogu prikazivati puls, navigaciju ili neki drugi element vezan za aktivnosti. Izgledom su također sportske, a ekran je prilagodljiv. Naočale prepoznaju glasovne naredbe i imaju zvučnike za puštanje glazbe prilikom vožnje. Životni vijek baterije je oko 4 sata, što bi za veće biciklističke dionice bilo premalo. Naočale nemaju vlastit GPS, već koriste lokaciju s mobilnog uređaja na koji su spojene. Cijena naočala je oko 500 dolara (Calvert, 2019).

Epson Moverio BT-300, kao i Solos, su naočale koje se mogu koristiti u sportske svrhe. Osim toga, koriste se i kao ekran za kameru drona, odnosno korisnik drona vidi njegova kretanja pomoću ekrana na naočalama. Naočale se mogu koristiti i u muzejima, galerijama i na raznim manifestacijama. Na primjer, korisnik gleda neki postav u muzeju, a pomoću naočala se pored nekog predmeta prikazuju virtualne informativne ploče ili čak animacije ako su prigodne za

predmet. Sa strane naočala nalazi se dodirna podloga kojom se mijenja prikaz na ekranu. Moguće je i snimanje fotografija s ovim naočalama, a prema Chacksfieldu (2016) životni vijek baterije iznosi šest sati dok je cijena naočala 600 dolara.

Vuzix Blade (Slika 11) su pametne naočale namijenjene za upotrebu u svakodnevnom obavljanju posla. Kanal Charbax (2019) donosi detaljnu demonstraciju pametnih naočala s zaposlenikom Vuzix tvrtke te demonstrira da bi, uz popratne aplikacije, trebale prepoznavati namirnice u trgovini koje korisnik želi kupiti ili prepoznavati restorane i prikazivati njihovu ponudu i recenzije. Kao i ostale navedene naočale, imaju slične AR elemente za sportske aktivnosti. Podržavaju Alexu (glasovnu asistenticu tvrtke Amazon s kojom je moguće razgovarati ili tražiti je da obavi neke zadatke) i imaju mogućnost slikanja i snimanja s 8MP kamerom, a upravljanje je moguće pomoću dodirne podloge s desne strane naočala. Aplikacije su još u razvoju pa će vrijeme pokazati koje mogućnosti će naočale ispuniti. Cijena im je 1000 dolara.

2.2.4 Usporedba hardverskih rješenja za proširenu stvarnost

Tablica 2 - Pregled hardvera za proširenu stvarnost

| | Cjenovni rang | Mogućnosti | Područja primjene |
|--|----------------------|---|--|
| <i>Pametni telefoni</i> | 100\$+ | <ul style="list-style-type: none"> • vrlo ograničene, • okviri za fotografije • elementi u mobilnim igrama | <ul style="list-style-type: none"> • svakodnevni život • slobodno vrijeme • edukativne i informativne svrhe |
| <i>Headsetovi za proširenu stvarnost</i> | 950\$-3500\$ | <ul style="list-style-type: none"> • zamjena desktop računala • pomoć prilikom složenih poslova poput operacija • efektivniji radni učinak | <ul style="list-style-type: none"> • uredski poslovi • edukativne svrhe |
| <i>Naočale za proširenu stvarnost</i> | 500\$-1000\$ | <ul style="list-style-type: none"> • prikaz podataka vezanih uz sportske aktivnosti • olakšavanje svakodnevnih aktivnosti • fotografiranje i prikaz obavijesti | <ul style="list-style-type: none"> • sport • poslovni svijet • svakodnevni život |

Pregledom hardverskih rješenja za proširenu stvarnost vidljivo je da je primjena široka (Tablica 2). Pametni telefoni, kao najzastupljeniji, prezentiraju proširenu stvarnost svakome. Kroz pametne naočale i *headsetove* proširena stvarnost je puno kvalitetnije prikazana zbog nošenja uređaja bliže oku i širem pojasu funkcija. *Headsetovi* su više namijenjeni za poslovni svijet, dok su pametne naočale za svakodnevnu i sportsku namjenu.

U budućnosti je za očekivati napredak ovih uređaja jer će se i sama proširena stvarnost razvijati kroz razne aplikacije. One će nam u trenutku omogućiti pristup svim podacima vezanima za lokaciju na kojoj se nalazimo i slično. Trenutni *headsetovi* i naočale su poprilično nepopularni, odnosno nisu globalno zastupljeni, pa je teško govoriti koji je najbolji. Razlike između njih postoje, ali najznačajnija razlika je trenutno područje primjene. Budućnost je obećavajuća, ali ostaje za vidjeti što ona nosi.

4. Pregled softverskih rješenja

Hardver je detaljno bio opisan u trećem poglavlju ovoga rada, a u ovom će poglavlju biti navedeni i opisani glavni softverski alati za izradu virtualnog okruženja.

4.1 Pregled softverskih rješenja u virtualnoj stvarnosti

Virtualno okruženje je spoj softverskog i hardverskog dijela. Virtualnu stvarnost kreiraju programeri softvera, a zatim se prikazuje na način da korisnici mogu komunicirati s objektima koje su stvorili programeri. Kao što je već navedeno, tehnologija virtualne stvarnosti koristi se u mnogim područjima ljudske djelatnosti, od industrije videoigara i edukacije, pa sve do arhitekture i proizvodnje.

Programeri koriste VR alate za stvaranje virtualnog svijeta i interakcije korisnika s njim. Korisnici mogu u potpunosti komunicirati sa stvorenim likovima kao da su dio virtualnog okruženja. Osim programera, VR softvere koriste arhitekti i inženjeri jer 3D dizajn postaje sve češći u poljima njihovih djelatnosti. Takva vrsta dizajna omogućuje korisnicima manipulaciju objektima koje dizajniraju iz svakog kuta. Dizajniranjem u VR-u korisnici mogu biti potpuno uronjeni u svijet koji stvaraju. Ovi su alati proširili 3D mogućnosti koje nudi CAD softver, omogućavajući korisnicima dizajn, manipulaciju i suradnju na projektima u virtualnom okruženju (G2, n.d.).

G2 (n.d.) navodi šest potkategorija softvera za virtualnu stvarnost:

- VR vizualizacija - Ova vrsta softvera omogućuje korisnicima prikaz agregiranih podataka u virtualnom okruženju, odnosno omogućuje korisnicima da vide analitiku na način da u potpunosti razumiju što podaci prenose.
- Sustavi za upravljanje VR sadržajem - Tvrtke mogu koristiti ovaj tip alata za prikupljanje, pohranu i analizu cjelokupnog VR sadržaja na jednom mjestu.
- VR SDK (engl. *software development kits*, SDK)- Paketi za razvoj softvera za virtualnu stvarnost koji pružaju potrebnu osnovu za dizajniranje, izgradnju i testiranje VR doživljaja.

- VR programi za izradu igre (engl. *game engine*) - Ovaj softver pruža programerima ono što je neophodno za stvaranje doživljaja VR videoigara, odnosno u njemu se izrađuju igre.
- VR društvene platforme - Korisnici pomoću ovih alata mogu međusobno komunicirati u VR-u s udaljenih lokacija.
- VR simulator treninga - Ovi se alati mogu koristiti u gotovo bilo kojoj industriji za obuku zaposlenika u virtualnom okruženju.

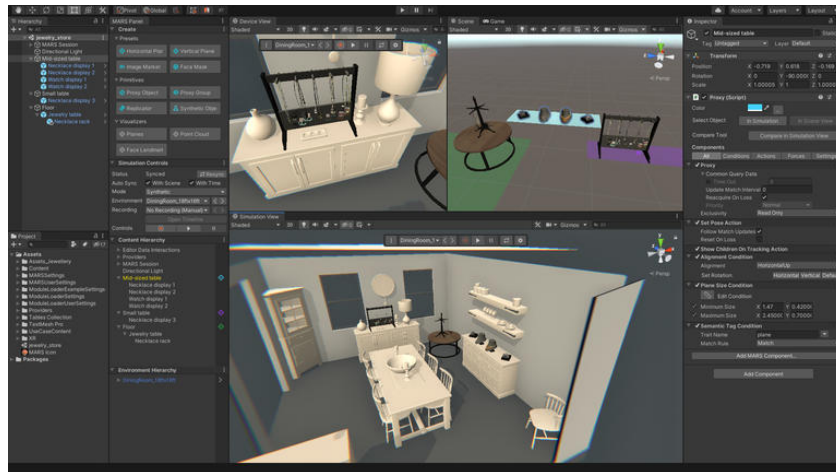
4.1.1 Primjeri softvera virtualne stvarnosti

Autodesk 3ds Max je softver koji se koristi za VR vizualizaciju. Nudi mogućnost virtualnog prikaza podataka, a još se koristi za modeliranje i stvaranje tekstura, izradu svih vrsta animacija i efekata za virtualno okruženje. Sadrži mogućnost izrade izvora umjetne rasvjete. Svojim alatima ovaj softver stvara fotorealistične vizure virtualnog okruženja. Općenito nudi široku primjenu za izradu VR aplikacija (Autodesk, n.d.). Osim Autodesk 3ds Maxa postoji još i 3Data. Namjena tog softvera je isključivo virtualni 3D prikaz podataka koje nije moguće prikazati u 2D obliku.

Jedan od najkvalitetnijih sustava za upravljanje VR sadržajem je Contentful. To je platforma za izgradnju digitalnog sadržaja u velikoj količini. Omogućuje timovima da objedine sadržaj u jednom virtualnom mjestu, strukturiraju ga za upotrebu u bilo kojem digitalnom području i integriraju sa stotinama drugih alata kroz otvorena aplikacijska programska sučelja (engl. *application programming interface*, API) i mogućnosti integracije (Contentful, n.d.). Još neki od korištenijih softvera za organizaciju sadržaja su Kentico Kontent i Firefox Reality.

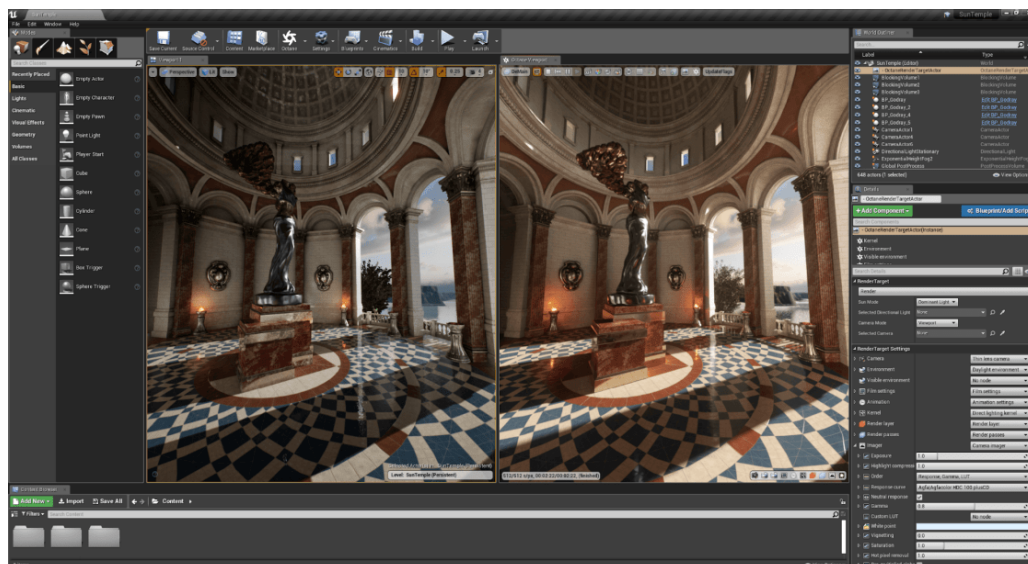
Google VR nudi SDK-ove za mnoga popularna razvojna okruženja. SDK-ovi pružaju izvorne API-je za VR značajke poput korisničkog unosa, podrške kontrolera i prikazivanja, koje se koriste za izgradnju novih VR doživljaja. Google VR SDK-ovi su kompatibilni s Unityom, Unreal engineom, Javom, iOS-om te Androidom (Google Developers, 2018). U sklopu Google VR-a postoji i 360° Media koja služi za virtualni prikaz fotografija i videa u 360 stupnjeva. Osim Google VR-a, od poznatijih programa ističe se Autodesk Forge.

Programi za izradu igara (engl. *game engine*) su najvažniji i najpoznatiji softverski dio za izradu VR igara. Zbog njihove kvalitete i mnogobrojnih opcija koje nude, u softverima Unity i Unreal Engine radi se većina VR videoigara. Osim njih koriste se AppGameKit VR, Godot i drugi.



Slika 13 - Prikaz sučelja softvera Unity

Unity je provjereni *game engine*, koriste ga mnoge tvrtke za izradu videoigara poput Square Enixa i Sege. Unity nudi mogućnost izrade igara za dvadesetak platformi između kojih su PlayStation, Xbox X i slične konzole. Također se koristi za izradu VR igara, a jedna od glavnih prednosti je da podržava službeni Oculus Rift SDK. Softver je dosta pregledno osmišljen, jednostavan za rad i ima dobar sustav za animacije (prikaz sučelja na Slici 12). Unity ima svoju trgovinu imovinom (engl. *asset store*) na kojoj je moguće preuzeti razne setove modela i objekata za kreiranje videoigre. Neki setovi su besplatni, dok se neki naplaćuju. Vrijedi još spomenuti da je Unity potpuno besplatan za tvrtke koje godišnje ostvaruju prihode do sto tisuća dolara.



Slika 12 - Prikaz sučelja softvera Unreal Engine 4

Unreal Engine je *game engine* razvijen od strane tvrtke Epic Games, čiji je izgled sučelja moguće vidjeti na Slici 13. Trenutno se koristi njegova četvrta verzija odnosno Unreal Engine 4.

Slično kao i Unity podržava oko 20 platformi za izradu igara među kojima su svi poznatiji VR *headsetovi*. Program je u potpunosti besplatan, a za programere koji izradom igara zarade preko 3000 dolara po kvartalu naknada iznosi 5%. Unreal Engine ima mnoge dostupne tečajeve i dokumentacije kako bi početnici što lakše naučili raditi u njemu, a i sam je dosta intuitivan. Također ima svoj *asset store*. Unreal Engine koriste izdavači videoigara poput 2K sportsa, Bandai Namco Entertainment, Activisiona i drugih.

VR društvene platforme osmišljene su kao mjesto gdje će se ljudi virtualno družiti na razne načine, poput igranja društvenih igara u virtualnom okruženju ili odlaska na virtualno piće. Jedan od takvih softvera je XRSPACE Manova. On nudi mogućnosti povezivanja ljudi u virtualnom okruženju kroz razne oblike druženja i zabave. Svaki korisnik ima svog avatara i dolazi u interakciju s drugim korisnicima. Pomoću ovog softvera moguće je „prebaciti“ stvarni svijet u virtualni. VRChat je još jedna VR društvena platforma s užim spektrom mogućnosti. Namijenjena je za virtualno čavrljanje, druženje, igranje VR igara za više igrača i zajedničko gledanje videa. Postoje još Big Screen, Rec Room, Sports Bar VR i druge VR društvene platforme (Rewind, 2020).

Rewo je jedan od softvera za VR obuku i simulaciju treninga. Koristi se u industrijskoj proizvodnji, a omogućuje korisniku pregled radne okoline i prikazuje mu način na koji može riješiti određen posao ili problem koji odabere. Ovakvi oblici treninga ubrzavaju rad djelatnika jer ga prethodnom obukom unaprijed pripremaju na određene situacije. Tradicionalni način treninga i obuke su do 12 puta sporiji u odnosu na primjenu ovog softvera. Slični VR trening simulator je i Immerse kojeg koriste neke od vodećih svjetskih tvrtki poput DHL-a i GSK-a za obuku svojih zaposlenika.

Pregledom softvera raznih kategorija vidljiva je široka rasprostranjenost VR tehnologije u raznim djelatnostima. Zbog ubrzanja poslovanja i kvalitetnijeg obavljanja poslova za očekivati je da će sve više tvrtki izvršiti unaprjeđenje poslovanja uz VR tehnologiju. Također, društvene sfere života i korištenje društvenih mreža bi se mogle promijeniti. Tradicionalne društvene mreže doživjele su svoj vrhunac razvoja, a ostalo je malo prostora za njihovim unaprjeđenjem. Zbog želje za novim, a i nemogućnosti fizičkog kontakta s nekim osobama, virtualne društvene mreže mogle bi doživjeti značajan napredak u godinama pred nama.

4.1.2 Primjeri igara virtualne stvarnosti

Zbog popularnosti industrije videoigara i igara virtualne stvarnosti, u nastavku su navedene neke od najboljih VR igara prema odabiru Moorea (2020).

Lone Echo (Slika 14) je VR igra iz 2017. godine za Oculus Quest, Oculus Rift i Rift S. Lone Echo je igra smještena na svemirskom brodu koji kruži oko Saturna. Igra nudi prekrasne



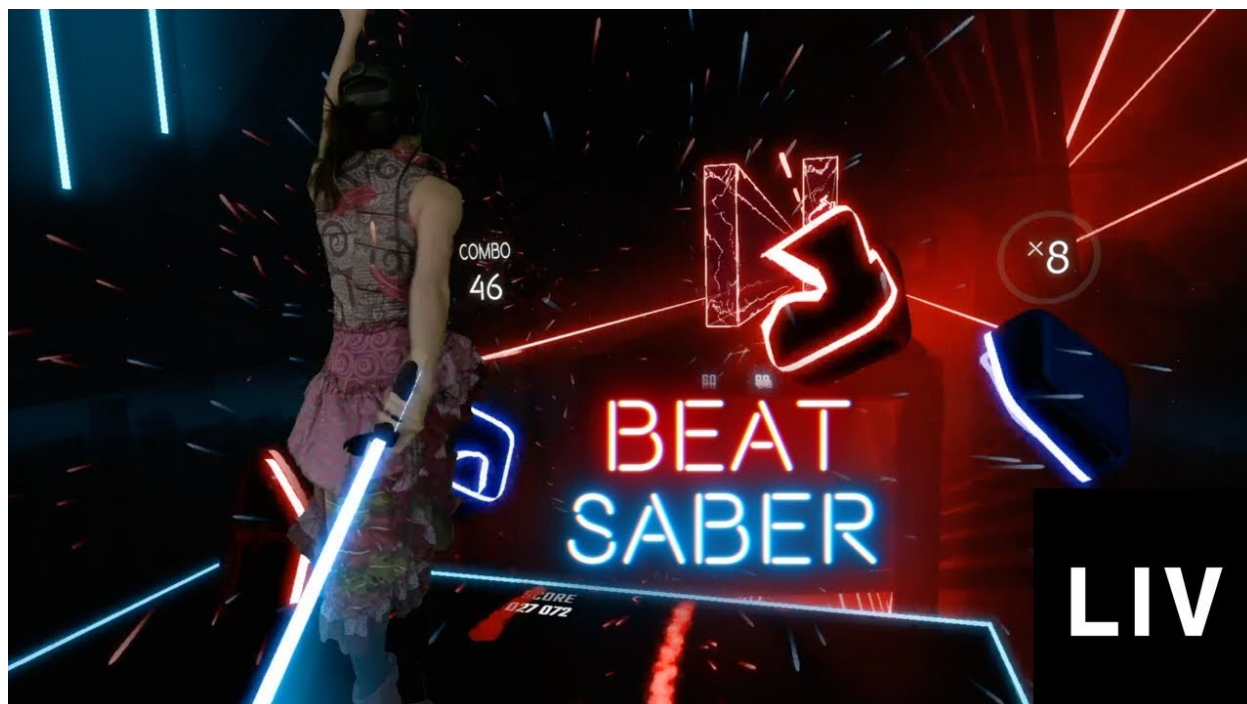
Slika 14 - Isječak iz VR igre Lone Echo

prizore svemira, a njen cilj je pomoći kapetanu broda riješiti misteriju. Igra sadrži i interaktivne dijaloge kojima se produbljuje VR iskustvo.

Astro Bot Rescue Mission je jedna od najboljih VR igara za PSVR. Ova akcijska platforma objavljena je 2019. godine, a cilj igre je spasiti članove svojega društva raštkanih po svemiru. Igra ima 20 različitih razina i 26 izazova, a napravljena je tako da sadrži svjetove od 360 stupnjeva i nudi nekoliko vrsta oružja, poput vodenog pištolja i udarca udicom.

Beat Saber je VR igra iz 2018. godine izašla za HTC Vive, Oculus Quest, Oculus Rift, Rift S; PlayStation VR i Valve Index. Riječ je o igri glazbene tematike sličnoj Guitar Hero. Svaka pjesma ima više razina težine, a cilj je da korisnik s virtualnim mačevima razbije blokove koji mu

se približavaju kako bi se glazba nastavila, a korisnik ostvario što bolji rezultat. Prikaz igre vidljiv je na Slici 15. Igrači mogu izrađivati svoje razine i dijeliti ih s drugim igračima.



Slika 15 - Isječak iz VR igre Beat Saber

Project Cars 2 je automobilistička igra iz 2017. godine. Nije u potpunosti namijenjena virtualnoj stvarnosti, ali nudi opcije vožnje s VR *headsetom*. Podržava HTC Vive, Oculus Quest, Oculus Rift i Rift S te Valve Index. Igra nudi mogućnost vožnje preko 180 modela automobila na stazama diljem svijeta iz virtualnog kokpita. Za potpuni doživljaj VR okruženja preporučljivo je igranje s volanom.

4.2 Pregled softverskih rješenja u proširenoj stvarnosti

AR softver radi u simbiozi s uređajima poput pametnih telefona, tableta i *headseta*, odnosno općenito s uređajima koji sadrže senzore i digitalne projektore. To nam omogućuje reprodukciju računalno generiranih objekata u stvarni svijet u kojem zatim korisnici mogu s njima vršiti interakciju i manipulirati. Osim reproduciranja virtualnih objekata u stvarnome svijetu, AR tehnologija se koristi i za prikaz proizvoda, odnosno omogućava korisnicima da pregledaju željeni proizvod ili uslugu kako bi dobili detaljnije informacije o njima. Uz to, koristi se i za obuku zaposlenika na način da im se u proširenoj stvarnosti odvijaju sastanci ili prikazuje dokumentacija, čime se postiže bolji radni učinak. Na taj način djelatnici u proizvodnji mogu lakše ovladati

vještinama rada, a uz pomoć AR naočala mogu izvršavati razne popravke i održavanja gdje ih softver upućuje kako ih izvršiti. AR tehnologija se još koristi u reklamne svrhe što je potrošačima mnogo zanimljivije od ustaljenih načina reklamiranja poput televizijskih i novinskih reklama. Svakako treba spomenuti i edukativnu i medicinsku primjenu koja je ranije objašnjena.

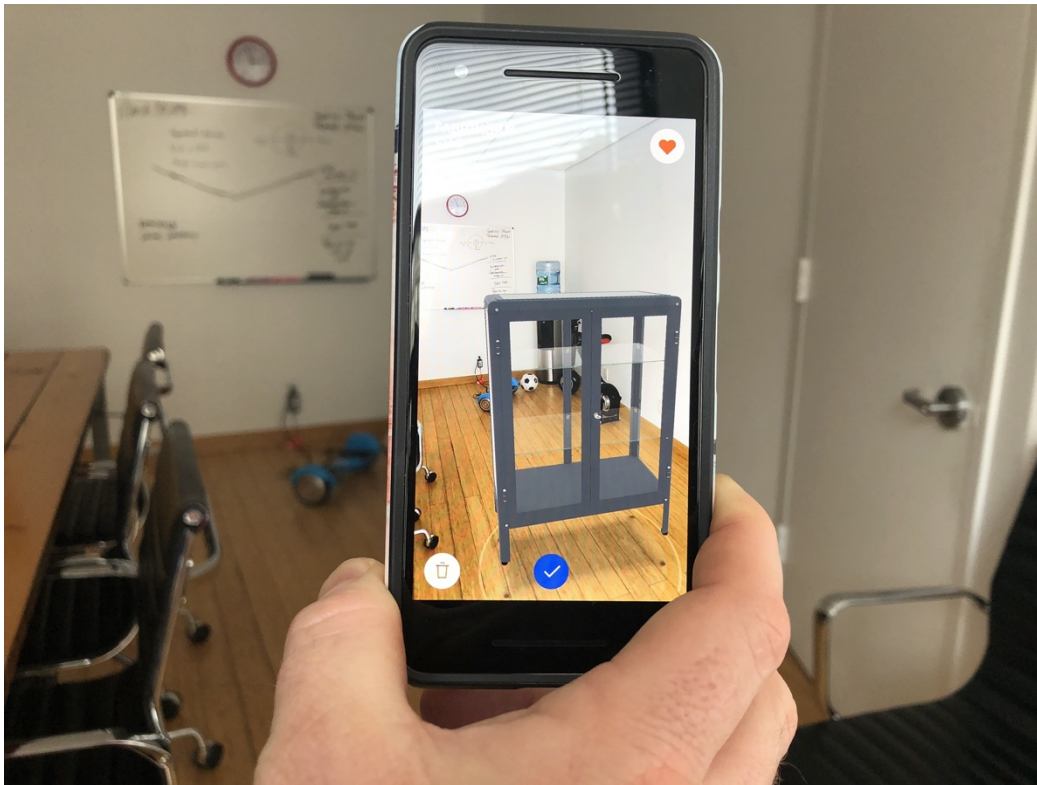
G2 (n.d.) navodi slijedeću podjelu po vrsti AR softvera:

- AR softver za vizualizaciju – Softver omogućuje tvrtkama stvaranje iskustava uronjenosti za interakciju s korisnicima. Korisnici ovog softvera mogu prenijeti 3D sadržaj i prilagoditi sliku i boju te uključiti dodatne detalje kako bi korisničko iskustvo bilo što bolje.
- AR sustav za upravljanje sadržajem (engl. *AR content management system*, CMS) – Omogućava korisnicima zajednički prijenos svih 3D sadržaja koji će se naknadno dodati u proširenu stvarnost, s cjelokupnim sadržajem može se upravljati i uređivati ga unutar jedne platforme.
- AR SDK – Alati koji omogućuju izradu digitalnih objekata koji će naknadno postati dio AR svijeta.
- AR softver za izradu igara – Softver koji služi za stvaranje AR igara te stvaranje i uređivanje objekata koji će komunicirati sa stvarnim svijetom.
- AR simulator treninga – Softver koji koristi AR tehnologiju za obuku zaposlenika u različitim granama poslovanja.
- Industrijske AR platforme – Softver koji se koristi u industrijskom polju: koristi AR tehnologiju za poboljšanje produktivnosti, učinkovitosti i sigurnosti zaposlenika.

4.2.1 Primjeri softvera proširene stvarnosti

Epigraph je primjer softvera za AR vizualizaciju. Njegova WebAR tehnologija stvara fotorealistična digitalna iskustva u stvarnim prostorima, osnažujući interakciju s korisnicima. Za vizualizaciju se koristi još niz manjih softvera poput AR Business Card, AR Furniture Retail Platform, Microsoft Dynamics 365 Product Visualize i ostalih.

Za proširenu stvarnost koriste se isti sustavi za upravljanje sadržajem. Navedeni sustavi nisu usko vezani za proširenu i virtualnu stvarnost već za organizaciju njihovog sadržaja objedinjenog na jednom mjestu. Stoga ranije navedeni softveri Contentful, Kentico Kontent i Firefox Reality primjenjuju se i za proširenu stvarnost.



Slika 16 - Prikaz objekta virtualne stvarnosti kreiranog uz ARCore

Googleov ARCore (Slika 16) primjer je AR SDK softvera za izradu proširene stvarnosti koji koristi tri načina za integraciju virtualnog sadržaja sa stvarnim svijetom pomoću pametnog telefona. Prvi način je praćenje pokreta kako bi pametni telefon razumio i pratio svoj položaj u stvarnom svijetu. Zatim se koristi prepoznavanjem okoline, što omogućuje pametnom telefonu da otkrije veličinu i položaje drugih površina u stvarnome svijetu. Posljednji način koji koristi je procjena svjetlosti kako bi omogućila pametnom telefonu da procijeni osvjetljenje okoline. Navedeni softver podržava većinu pametnih telefona s operativnim sustavom Android 7.0 i novijim. To je primjer bazičnog softvera za koji nisu potrebna široka znanja programiranja već prosječni korisnik može samostalno stvoriti objekt u proširenoj stvarnosti (Google Developers, 2019). Sličan softver razvio je i Apple za iOS i iPadOS pod nazivom ARKit. Najnovija verzija tog

softvera je ARKit4 koji je trenutno još u Beta verziji. Postoje još softveri Vuforia Engine i HP Reveal te mnogi drugi.

Za potpunu izradu AR igre koriste se Unity i Unreal Engine kao i kod VR-a. Unity i Unreal Engine su detaljnije opisani u poglavlju 4.1.1. Primjeri softvera virtualne stvarnosti. Osim njih, koristi se još ARKit za igre na iPhone-u i iPad-u te drugi manje zastupljeni softveri.

Vrijedi još istaknuti Augment, AR softver kojeg koriste prodajni i marketinški stručnjaci, npr. za stvaranje plana i izgleda prodavaonice ili za prikaz proizvoda u proširenoj stvarnosti s reklamnog letka, kao i arhitekti za prikaz svojih projekata klijentima (Augment, n.d.). Za obuku i trening djelatnika koriste se najčešće aplikacije naručene po narudžbi zbog specifičnosti svakog od poslova.

5. Zaključak

Virtualna stvarnost je tehnologija koja se postupno implementira u raznim djelatnostima. Trenutno je njezina primjena usmjerena na svijet videoigara, ali prema trendovima, već u bliskoj budućnosti će se koristiti mnogo više u drugim djelatnosti. Pregledom hardverskih rješenja moguće je zaključiti da je riječ o visokokvalitetnim proizvodima koji koriste tehnologije poput praćenja pokreta. Glavni nedostaci hardvera virtualne stvarnosti su cijena te izvedba pojedinih dijelova opreme. Postoji mjesto za napredak kod kontrolera, npr. u budućnosti je moguće da će se u VR svijetu upravljati samo vlastitim rukama, što bi značilo da će se i tehnologija praćenja pokreta razviti na višu razinu. Napredak tehnologije mogao bi donijeti i rast cijene, ali ipak je za očekivati ovaj cjenovni rang za hardver još nekoliko godina. Prema iskazanom je vidljivo da proizvođači poput Oculus, HTC-a i Valvea rade na razvitku novih uređaja koji postaju sve kvalitetniji sve s ciljem razvoja tehnologije.

Razvojem hardvera popraćen je i razvoj softvera, a u radu su izneseni neki od najkorištenijih VR softvera dostupnih na tržištu. Razvijaju se aplikacije kako bi se unaprijedila industrija, medicina, školstvo i druga područja ljudske djelatnosti na način da se upotrebom tih aplikacija ubrzava obuka zaposlenika, a djeca lakše savladavaju gradivo na ovaj interaktivan način. Nedostatak je još relativno malen broj aplikacija, pa je i količina njihove primjene limitirana. U budućnosti je za očekivati da će se razvojem više softvera povećati krug ustanova i tvrtki koje koriste VR tehnologiju za unaprjeđenje poslovanja.

Proširena stvarnost, baš kao i virtualna, u trendu je rasta upotrebe. Prema iznesenim činjenicama vidljivo je da je sva trenutno dostupna hardverska oprema, osim pametnih telefona, izrazito visokog cjenovnog ranga, što predstavlja glavni problem. AR *headsetovi* cijenom premašuju i 3000 dolara pa ih trenutno koriste samo pojedine tvrtke iako su njihove mogućnosti velike. Za budućnost AR hardvera je važno da postane dostupniji širem tržištu kako bi se ubrzao njegov razvoj te poboljšala kvaliteta proizvoda.

Softver proširene stvarnosti je pretežito vezan za pametne telefone i koristi se za zabavu i igre, a slično kao i kod virtualne stvarnosti, sve više aplikacija se razvija za upotrebu u poslovne svrhe poput prikaza arhitektonskih rješenja i prezentacije proizvoda. Međutim, postoji i softver koji je uz odgovarajuću opremu vrlo koristan u kirurgiji, edukaciji i proizvodnji.

Ovim radom iznesen je detaljan opis svih važnih čimbenika virtualne i proširene stvarnosti te približen uvid u trenutno stanje na tržištu. Prema iznesenim činjenicama, u budućnosti je za očekivati daljnji razvoj navedenih tehnologija i njihovu veću implementaciju u društvenom i poslovnom svijetu.

Literatura

1. Augment. (n.d.). The platform for 3D and augmented reality product visualization. preuzeto 16.9.2020. s <https://www.augment.com/>
2. Autodesk. (n.d.). *Features*. Autodesk. preuzeto 15.9.2020. s <https://www.autodesk.com/products/3ds-max/features?support=ADVANCED&plc=3DSMAX&term=1-YEAR&quantity=1#internal-link-design-visualization>
3. Bakalar, J. (2016, 5. listopada). *Sony PlayStation VR review*. Cnet. <https://www.cnet.com/reviews/sony-playstation-vr-review/>
4. Bamodu, O. & Ye, X. (2013): *Virtual Reality and Virtual Reality System Components*. Atlantis Press.
5. Calvert, H. (2019, 8. travanj). *Solos cycling smartglasses review*. Wareable. <https://www.wareable.com/cycling/solos-smart-cycling-glasses-review>
6. Chacksfield, M. (2016, 23. veljača). *Hands on: Epson Moverio BT-300 review*. Techradar. <https://www.techradar.com/reviews/wearables/epson-moverio-bt-300-1315609/review>
7. Charbax. (2019, 5. rujan). *100\$ Vuzix Blade Smart Glass demo [Video]*. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=RJBWERXeZIM&t=1s&ab_channel=Charbax
8. Contentful. (n.d.). *Why Contentful*. Contentful. preuzeto 15.9.2020 s <https://www.contentful.com/why-contentful/>
9. Evans, D. (2019, 26. lipanj). *Oculus Rift vs Rift S: Should You Update?*. IrisVR. <https://blog.irisvr.com/oculus-rift-vs-rift-s-should-you-upgrade>
10. Facebook Technologies. (n.d.). *Find the headset that's right for you*. preuzeto 11.8.2020. s <https://www.oculus.com/>
11. Faulkner, C. (2018, 8. studeni). *Samsung Gear VR review*. Techradar. <https://www.techradar.com/reviews/samsung-gear-vr-2017>
12. Fitzsimmons, M & Ellis, C. (2018, 25. srpnja). *Google Daydream View (2017) Review*. Techradar. <https://www.techradar.com/reviews/daydream-view-2017/3>

13. G2. (n.d.). *Best Augmented Reality Software*. G2. preuzeto 15.9.2020 s <https://www.g2.com/categories/augmented-reality>
14. G2. (n.d.). *Best Virtual Reality Software*. G2. preuzeto 15.9.2020 s <https://www.g2.com/categories/virtual-reality>
15. Google Developers. (2018, 2. veljača). *Develop*. Google VR. <https://developers.google.com/vr/develop>
16. Google Developers. (2019, 28. veljača). *Pregled ARcorea*. ARCore. <https://developers.google.com/ar/>
17. Google. (n.d.). *Daydream-ready Phones*. preuzeto 15.8.2020. s <https://arvr.google.com/daydream/smartphonevr/phones/>
18. Greewald, W. (2019, 30. travanj). *Oculus Quest vs. Oculus Rift S: Which VR Headset Should You Buy?*. PC Magazine. <https://www.pcmag.com/comparisons/oculus-quest-vs-oculus-rift-s-which-vr-headset-should-you-buy>
19. Grozdanić, L. (2017, 27. kolovoz). *The Top 5 Virtual Reality and Augmented Reality Apps for Architects*. Archdaily. <https://www.archdaily.com/878408/the-top-5-virtual-reality-and-augmented-reality-apps-for-architects>
20. Hood, V. (2018, 21. kolovoz). *HTC Vive's new adapter cuts the cables on VR*. Techradar. <https://www.techradar.com/news/htc-vive-goes-wireless-from-september>
21. Hrastovčak, T. (2016, 23. veljača). *Vodič kroz povijest virtualne stvarnosti*. PlanB. <http://planb.hr/mali-vodic-kroz-povijest-virtualne-stvarnosti/>
22. HTC Corporation. (n.d.). *Cosmos series*. Vive. preuzeto 13.8.2020. s <https://www.vive.com/us/product/#cosmos%20series>
23. Iberola. (n.d.) *Virtual Reality: another world within sight*. Iberola. preuzeto 12.8.2020 s <https://www.iberdrola.com/innovation/virtual-reality>
24. Ilić, D., Jurešić, M., Vulinović, K. (2016). *Virtualna stvarnost u obrazovanju*.
25. Intel Corporation. (n.d.). *Demystifying the Virtual Reality Landscape*. Intel. preuzeto 15.9.2020 s <https://www.intel.com/content/www/us/en/tech-tips-and-tricks/virtual-reality-vs-augmented-reality.html>
26. IT Pro team. (2018, 7. ožujak). *Oculus Rift release date, price and system requirements: Oculus overtakse GTC in key market*. IT pro. <https://www.itpro.co.uk/desktop->

[hardware/24781/oculus-rift-release-date-price-and-system-requirements-oculus-launcher-now/page/0/2](https://www.ign.com/articles/2016/09/28/oculus-rift-release-date-price-and-system-requirements-oculus-launcher-now/page/0/2)

27. Kovach, N. (n.d.). *Augmented Reality in Medicine and Healthcare*. ThinkMobiles. preuzeto 15.9.2020. s <https://thinkmobiles.com/blog/augmented-reality-medicine/>
28. Magic Leap. (n.d.). *Magic Leap 1*. preuzeto 16.8.2020. s <https://www.magicleap.com/en-us/magic-leap-1>
29. Marquis, M. J. (2016, 21. studeni). Meta 2. iReviews. <https://www.ireviews.com/review/meta-2>
30. Mealy, P. (2018, 11. listopad) *Augmented Reality Devices: Features*. Dummies. <https://www.dummies.com/software/augmented-reality-devices-features/>
31. Moon, B. (2018, 13. rujan) *HTC VIVE and VIVE PRO comparison*. Best Buy blog. <https://blog.bestbuy.ca/wearable-technology/virtual-reality/htc-vive-and-vive-pro-comparison>
32. Moore, B. (2020, 5. kolovoz). *The Best VR Games for 2020*. PC magazine. <https://www.pcmag.com/picks/the-best-vr-games-for-2019>
33. Nicol, W. (2017, 13. svibanj) *The battle of the entry level headsets: Google's Daydream View vs. Samsung's Gear VR*. Digitaltrends. <https://www.digitaltrends.com/virtual-reality/google-daydream-view-vs-samsung-gear-vr/>
34. Pandžić, I. S., Pejša, T., Matković, K., Benko, H., Čereković, A. & Matijašević, M. (2011). *Virtualna okruženja: Interaktivna 3D grafika i njene primjene*. Element
35. Peckham, J. & Osborne, J. (2019, 26. lipanj). *Hands on: Microsoft HoloLens 2 mixed reality headset review*. Techradar. <https://www.techradar.com/reviews/microsoft-hololens-2>
36. Pino, N. (2019a, 15. siječanj). *PlayStation VR review*. Techradar. <https://www.techradar.com/reviews/gaming/playstation-vr-1235379/review>
37. Pino, N. (2019b, 17. siječanj). *HTC Vive review*. Techradar. <https://www.techradar.com/reviews/wearables/htc-vive-1286775/review>
38. Pino, N. (2019c, 28. lipanj) *Valve Index review*. Techradar. <https://www.techradar.com/reviews/valve-index>

39. Pino, N. (2019d, 3. srpanj). *Oculus Rift Review*. Techradar.
<https://www.techradar.com/reviews/gaming/gaming-accessories/oculus-rift-1123963/review>
40. Rewind. (2020). *Meaningful Meetups: Virtual Reality Is the Next Social Media*. Little Black Book. <https://www.lbbonline.com/news/meaningful-meetups-virtual-reality-is-the-next-social-media>
41. Robertson, A. (2019, 30. travanj). *Oculus Rift S review: A swan song for first-generation VR*. The Verge. <https://www.theverge.com/2019/4/30/18523941/oculus-rift-s-review-vr-headset-price-specs-features>
42. Rosen, J. M., Soltanian, H., Redett, R. J. & Laub, D. R. (1996). *Evolution of virtual reality [Medicine]*. IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine.
doi:10.1109/51.486713
43. Rouse, M. (n.d.). *virtual reality*. WhatIs. preuzeto 14.9.2020. s
<https://whatis.techtarget.com/definition/virtual-reality>
44. Schueffel, P. (2017) *The Concise Fintech Compendium*. Fribourg, Switzerland
45. Sherman, W. & Craig, A. (2019): *Understanding virtual reality*. Cambridge: Morgan Kaufmann Publishers
46. Steam (n.d.) *Steam store*. preuzeto 14.8.2020.s
<https://store.steampowered.com/valveindex>
47. Szekely, G. & Satava, R. M. (1999). *Virtual reality in medicine*. British Medical Journal.
doi:10.1136/bmj.319.7220.1305
48. Technavio. (2015). *Global Smart Glasses Market for Augmented Reality 2015-2019*, Elmhurst, IL.
49. TechSpot. (n.d.) *Oculus Go*. preuzeto 12.8.2020. s
<https://www.techspot.com/products/audio-video/oculus-go.182587/>
50. Tepper, O. M., Rudy, H. L., Lefkowitz, A., Weimer, K. A., Marks, S. M., Stern, C. S. & Garfein, E. S. (2017). *Mixed Reality with HoloLens: Where Virtual Reality Meets Augmented Reality in the Operating Room*. doi:10.1097/PRS.0000000000003802

Popis slika

Slika 1 – Prikaz igranja s PSVR *headsetom* i Aim kontrolerom; preuzeto

s:https://www.highdefdigest.com/uploads/jb/PlayStation_AIM_Farpoint_E3_High_Def_Digest.jpg

Slika 2 – Prikaz PSVR *headseta*, kamere, Move kontrolera i procesorske jedinice; preuzeto s:

<https://www.njuskalo.hr/image-w920x690/ps4-konzole/sony-playstation-vr-psvr-headset-kamera-2-move-kontrolera-slika-127901288.jpg>

Slika 3 - Prikaz igranja s Oculus Riftom i Touch kontrolerima; preuzeto s:

https://www.highdefdigest.com/uploads/jb/PlayStation_AIM_Farpoint_E3_High_Def_Digest.jpg

Slika 4 - Oculus Go, Rift S i Quest; preuzeto

s:<https://mk0uploadvrcom4bcwhj.kinstacdn.com/wp-content/uploads/2019/04/GoRiftSQuest-RU.png>

Slika 5 – HTC Vive s kontrolerima; preuzeto s: <https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71ARMCztUBL.jpg>

Slika 6 - HTC Vive Pro s kontrolerima i baznim stanicama; preuzeto s:https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/716Y9WriHqL._SX466_.jpg

Slika 7 - Valve Index s kontrolerima i baznim stanicama; preuzeto s: https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71ZgOpN805L._SL1500_.jpg

Slika 8 - Google Daydream View (lijevo) i Samsung Gear VR (desno); preuzeto s:

<https://i.pinimg.com/originals/87/56/00/875600b482536276dd3adb3a79617ec1.png>

Slika 9 - Primjer proširene stvarnosti u aplikaciji Snapchat; preuzeto s:

https://www.wareable.com/media/imager/201807/30462-posts.main_image.jpg

Slika 10 - Primjer prikaza proširene stvarnosti u pomoć HoloLens 2 headseta; preuzeto s:

https://www.bug.hr/img/microsoft-predstavio-hololens-2_JeJPoi.jpg

Slika 11 - Korištenje Vuzix Blade pametnih naočala za proširenu stvarnost; preuzeto s:

[https://cdn.vox-cdn.com/thumbor/X5w7VU_TS-TwzRn_XBRsk4niAU=/1400x1400/filters:format\(jpeg\)/cdn.vox-cdn.com/uploads/chorus_asset/file/10003615/nstatt_180108_2236_0022.jpg](https://cdn.vox-cdn.com/thumbor/X5w7VU_TS-TwzRn_XBRsk4niAU=/1400x1400/filters:format(jpeg)/cdn.vox-cdn.com/uploads/chorus_asset/file/10003615/nstatt_180108_2236_0022.jpg)

Slika 12 - Prikaz sučelja softvera Unity; preuzeto s:

https://unity.com/sites/default/files/styles/16_9_s_scale_width/public/2020-05/mars-editor.jpg?itok=l4saGP-4

Slika 13 - Prikaz sučelja softvera Unreal Engine 4; preuzeto s:

https://i2.wp.com/onsetfacilities.com/wp-content/uploads/2019/07/Octane_ue.png?fit=1120%2C613&ssl=1

Slika 14 - Isječak iz VR igre Lone Echo; preuzeto s:

https://gamecrate.com/sites/default/files/background_image/Lone-Echo-Screenshot-12.jpg

Slika 15 - Isječak iz VR igre Beat Saber; preuzeto s:

<https://i.ytimg.com/vi/gV1sw4lfwFw/maxresdefault.jpg>

Slika 16 - Prikaz objekta virtualne stvarnosti kreiranog uz ARCore; preuzeto s:

<https://icdn6.digitaltrends.com/image/digitaltrends/arcore-apps-feature-4032x3024.jpg>

Popis tablica

Tablica 1 – Pregled VR *headsetova*

Tablica 2 – Pregled hardvera za proširenu stvarnost