

Pregled primjene virtualnih likova

Šogorić, Pavao

Master's thesis / Diplomski rad

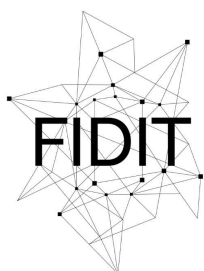
2024

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:195:546093>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-08**



Sveučilište u Rijeci
Fakultet informatike
i digitalnih tehnologija

Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Rijeci – Fakultet informatike i digitalnih tehnologija

Sveučilišni diplomski studij Informatika - modul Poslovna informatika

Pavao Šogorić

Pregled primjene virtualnih likova

Diplomski rad

Mentor: izv. prof. dr. sc. Martina Holenko Dlab

Rijeka, veljača 2024.

Rijeka, 27. travnja 2023.

Zadatak za diplomski rad

Pristupnik: Pavao Šogorić

Naziv diplomskog rada: Pregled primjene virtualnih likova

Naziv diplomskog rada na eng. jeziku: Overview of the application of virtual characters

Sadržaj zadatka:

Zadatak diplomskog rada je opisati koncept virtualnih likova kao i način njihovog modeliranja, a zatim detaljno prikazati različite mogućnosti primjene virtualnih likova navodeći specifične primjere aplikacija, platformi i simulacija koje koriste virtualne likove. U praktičnom dijelu rada potrebno je uz pomoć alata koji se temelje na umjetnoj inteligenciji izraditi nekoliko virtualnih likova.

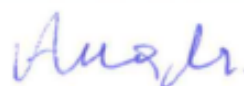
Mentorica:

Izv. prof. dr. sc. Martina Holenko Dlab



Voditeljica za diplomske radove:

Prof. dr. sc. Ana Meštrović



Zadatak preuzet: 27. travnja 2023.

(potpis pristupnika)



Sadržaj

1. Uvod	1
2. Virtualni likovi	2
2.1. Potreba za virtualnim likovima	3
2.2. Povijest	5
2.2.1. Rani modeli	5
2.2.2. Kratki filmovi	6
2.2.3. Daljnji razvoj	9
3. Modeliranje virtualnog lika	10
3.1. Elementi virtualnog lika	10
3.1.1. Lice	10
3.1.2. Animacija lica i govora	11
3.1.3. Kosa	11
3.1.4. Tijelo	11
3.1.5. Animacija tijela	12
3.1.6. Odjeća	12
3.1.7. Fiziološki model	12
3.2. Važne karakteristike modeliranja 3D likova	13
3.2.1. Mreže poligona	13
3.2.2. Parametarske plohe	13
3.2.3. Razdjelne plohe	13
3.3. Postupci stvaranja 3D modela	13
3.3.1. Ručno digitaliziranje	14
3.3.2. Fotogrametrija	14
3.3.3. Lasersko skidanje	15
3.3.4. Ručna izrada	15
3.3.5. Modifikacija postojećih modela	15
4. Primjena virtualnih likova	16
4.1. Videoigre	16
4.2. Filmovi	20
4.2.1. Animirani filmovi	20
4.2.2. Glumci u filmovima	21
4.3. Virtualni prezenteri za televiziju i web	22
4.4. Područje medicine	23
4.5. Kultura i umjetnost	26
4.6. Manekeni za modnu industriju	28
4.7. Treniranje i obuka	30
4.8. Virtualni radnici u industriji	35
4.9. Istraživanja	39
4.10. Marketing	40
4.11. E-učenje	43
4.12. Izrada virtualnih likova uz pomoć umjetne inteligencije	46
5. Zaključak	51
6. Literatura	52
7. Popis slika	57

Sažetak rada

U ovom radu opisan je koncept virtualnih likova kao i način njihovog modeliranja. Cilj rada leži u detaljnijem opisu primjene virtualnih likova od početka pa do danas i navođenju specifičnih primjera aplikacija, platformi ili simulacija koje koriste virtualne likove .

Iako postoji mnogo načina primjere, u ovom radu opisano je 14 primjena virtualnih likova koje su najčešće danas.

Ključne riječi: virtualni likovi, animacija, proširena stvarnost, simulacija, tehnologija, virtualno okruženje, vizualizacija, umjetna inteligencija

1. Uvod

Virtualni likovi su računalno generirani entiteti osmišljeni za simulaciju ljudskih karakteristika, ponašanja i interakcija u digitalnim okruženjima. Za razliku od tradicionalnih računalno generiranih likova, virtualni likovi teže emulirati ne samo izgled, već i inteligenciju i emocionalne aspekte stvarnih ljudi.

Ova umjetna bića stvaraju se pomoću naprednih tehnologija poput umjetne inteligencije (AI), računalne grafike, obrade prirodnog jezika i strojnog učenja. Cilj je razviti virtualne ljude sposobne za angažiranje u realnim razgovorima, izražavanje emocija i prilagodbu različitim scenarijima, čime se na kraju zamagljuju granice između digitalnog i stvarnog svijeta.

Virtualni likovi nalaze raznolike primjene u različitim područjima zbog svoje sposobnosti simuliranja ljudskih karakteristika, ponašanja i interakcija. Neka od tih područja su: korisnička podrška, igrice i zabava, obrazovanje, terapije i slično.

Primjena virtualnih likova je sve češće pojava u današnjem svijetu i iako to ne primjećujemo nalaze se svuda oko nas. Osobno sam ljubitelj računalnih igara i animiranih filmova pa je to ujedno i jedan od razloga zašto sam odabrao ovu temu. Kao student koji je tijekom svog studiranja zbog pandemije dio nastave pohađao *online*, vidim virtualne likove kao jedan od načina educiranja. Učenje putem videa nekad zna biti dosadno i studenti gube volju praćenja takvog vrsta nastave. Na ovaj način, kada bi virtualni likovi predavali lekcije, vjerujem da bi bilo zanimljivije pratiti nastavu. Isto tako poznajem velik broj učenika koji imaju potrebu za instrukcijama, ali nemaju instruktore na raspolaganju. Korištenjem virtualnih instruktora ovaj problem bi mogao biti riješen. Mnogi dijelovi svakodnevnog života trebaju neku vrstu pomoći koja im nije dostupna u stvarnom svijetu. Korištenje virtualnih likova može omogućiti da se ta pomoć pruži svakom.

2. Virtualni likovi

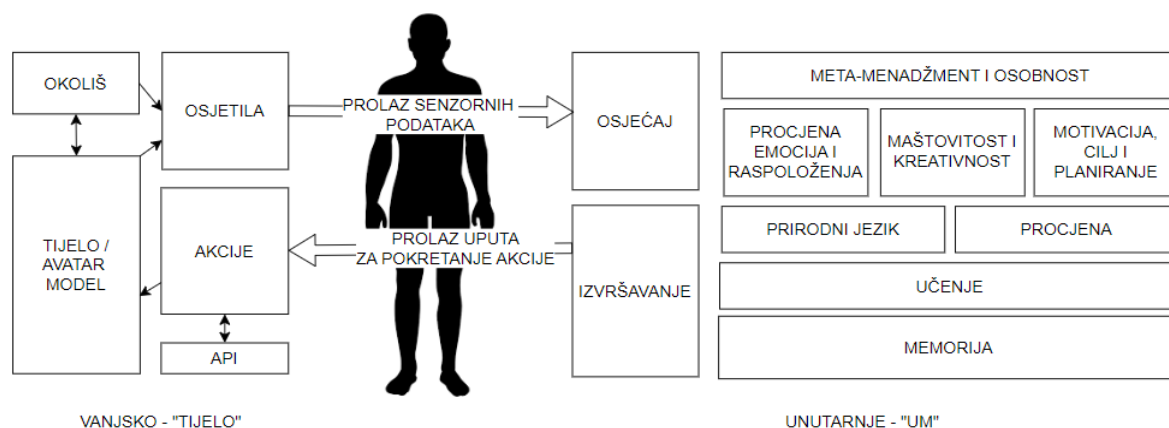
Virtualni likovi su simulacije ljudi na računalu. Radi se o likovima sličnim ljudima koje možemo vidjeti i čuti na pomoću računala odnosno pristupiti im u virtualnom okruženju. Oni pokazuju ponašanja slična ljudskima, uključujući govor, geste i kretanje, dok istovremeno mogu izražavati dodatne ljudske karakteristike poput emocija, empatije, razmišljanja, planiranja, motivacije i razvoja te korištenja memorije. Unatoč njihovim ljudskim osobinama, precizno definiranje što predstavlja virtualnog čovjeka ili 'umjetnu inteligenciju' (engl. *artificial intelligence*, AI) predstavlja značajan izazov [1]. Iako se često teži izradi što realističnijeg virtualnog lika, to ne mora uvijek biti opcija. Virtualne likove je moguće izraditi s različitim razinama realizma što znači da ne moraju uvijek biti slični stvarnim ljudima. Virtualni likovi mogu biti: fotorealistični, čovjekoliki, maskote i simbolični [4]. Razlike u razini realizma virtualnih likova prikazane su na slici 1.



Slika 1: Različite razine realizma virtualnih likova [59]

U osnovi, virtualni likovi su računalni programi dizajniranih da daju iluziju stvarnih ljudi. Ne postoji točna definicija virtualnog lika, već postoji mnogo različitih definicija „virtualnog čovjeka“ u literaturi [1]. Kroz vrijeme je ta definicija napredovala, odnosno širila je područje koje obuhvaćaju virtualni likovi. Početkom su se virtualni likovi definirali kao autonomni agenti koji podržavaju interakciju licem u lice. Kasnije, razvojem virtualnih likova razvila se i njihova definicija te se počinje spominjati mogućnost razgovora, razumijevanja, zaključivanja, izražavanja vlastitih emocija te posjedovanje virtualnog, odnosno trodimenzionalnog tijela.

Slika 2. prikazuje elemente virtualnog lika koje su odredili David Burden i Maggi Savin-Baden u knjizi „*Virtual Humans: Today and Tomorrow*“ [1]. Shema prikazana na ovoj slici daje osnovni prikaz mogućih elemenata virtualnih likova i njihovog okruženja. Naravno nisu svi navedeni elementi prisutni u svakom virtualnom liku kako su neki teški za implementaciju, a i ovisno o potrebi lika ne moraju biti prisutni svi elementi.



Slika 2: Elementi virtualnog lika prema [1]

S obzirom na ovu shemu, glavni elementi virtualnih likova su sljedeći [1]:

- Tijelo koje može biti digitalni avatar ili jednostavnije mikrofoni i zvučnici ili samo sučelje za tekstualni razgovor
- Skup osjetila i sposobnost otkrivanja osjeta
- Sposobnost vrednovanja pokretača osjeta i odgovaranje na njih, uključujući pokazivanje emocija i promjene raspoloženja
- Sposobnost planiranja za postizanje ciljeva, idealno postavljenih od strane internih motivacija
- Sposobnost rasuđivanja i rješavanja problema
- Sposobnost pokazivanja mašte i kreativnosti
- Sposobnost komuniciranja prirodnim ljudskim jezikom
- Sposobnost učenja
- Sposobnost pamćenja i pristupa sjećanjima
- Sposobnost upravljanja dosad navedenim obilježjima, što se može odraziti na osobnost
- Sposobnost provođenja vlastitih odluka kroz poduzimanje radnji sa svojim „tijelom“
- Programsko sučelje aplikacije (engl. *Application Programming Interface*, API) za druge sustave
- Okruženje u kojem može postojati i komunicirati s njim.

Kako bi definirali virtualni lik ili virtualnog čovjeka, potrebno je ispitati njegove osobine koje ga razlikuju od drugih oblika računalnih programa koji posjeduju inteligenciju ili se temelje na nekoj ljudskoj karakteristici.

2.1. Potreba za virtualnim likovima

Današnja tehnologija u virtualnim okruženjima pruža niz alata gdje se, umjesto pokušaja opisa nedostupne zgrade ili strukture riječima, skicama ili slikama, cijela scena može rekonstruirati u tri dimenzije i promatrati iz različitih kutova i gledišta. Tehnike virtualne stvarnosti revolucionirale su interakciju s ovim virtualnim okolišima, sastavljenim od statičkih i dinamičkih virtualnih entiteta, 3D grafičkih objekata, zvukova, slika i videozapisa. Međutim, većina virtualnih okruženja uglavnom prikazuje statičke 3D arhitektonske modele, ograničavajući stvarno vrijeme istraživanja i interakcije [2].

Cilj virtualnih likova je u raznim ulogama poput asistenta ili učitelja u različitim situacijama pomoći ljudima da shvatiti određene situacije i kako u njima postupiti. Najčešće se radi o situacijama koje se želi izbjeći u stvarnom životu.

Virtualni ljudi poboljšavaju prirodnu interakciju, osjećaj zajedničke prisutnosti te doprinose zajedničkom okruženju ljudi i virtualnih likova. Iz tog razloga, pri izradu virtualnih ljudi potrebna je realistična grafika, fleksibilna animacija te visoka razina preciznosti pri simulaciji ponašanja i percepcije. Autonomni virtualni ljudi igraju ključnu ulogu u virtualnim okruženjima, djelujući kao virtualni likovi, zamjene i pružatelji medicinske pomoći. Igraju ulogu virtualnih predavača, vodiča, glumaca kako bi pokazali poželjno ili nepoželjno ljudsko ponašanje u različitim situacijama, odnosno pružili detaljan pogled u određene situacije i samim time put to rješenja [2].

2.2. Povijest

2.2.1. Rani modeli

Rane modele u računalnoj grafici za analizu ljudske figure i pokreta možemo pratiti unazad do primjena u ergonomiji¹. Jedan od pionira bio je William Fetterov "Prvi Čovjek", razvijen 1959. godine za Boeing u svrhu ergonomske analize instrument ploče aviona Boeing 747. Ova figura evoluirala je u "Drugi Čovjek" koji se koristio za generiranje niza sekvenci animiranih filmova na temelju niza proizvedenih fotografija i konačno u "Treći Čovjek i Žena" koji je bio hijerarhijski niz figura koje su se razlikovale po redoslijedu magnitude složenosti. Ove figure su značajno doprinijele općim ergonomskim studijama. "Četvrti Čovjek i Žena" iz 1977. godine uključivali su biostereometrijske trake² [2].

Drugi rani modeli uključuju „Cyberman“, „Combiman“, „Boeman“, „Sammy“ i „Buford“. "Cyberman" od strane Chrysler Corporation-a za stvoren je za proučavanje ljudske aktivnosti oko automobila, ali iako je stvoren za proučavanje položaj i kretanje vozača automobila, nije bilo utvrđeno jesu li njegovi pokreti bili realni te je sam korisnik je bio odgovoran za određivanje udobnosti i izvedivosti položaj nakon svake operacije. Njegov model temelji se na 15 zglobova te je položaj promatrača bio unaprijed definiran. Kasnije, "Combiman" dizajniran za testiranje dosega čovjeka u pilotskoj kabini i definiran pomoću kostura s 35 unutarnjih-veza pokazivao uspjeh ili neuspjeh sa svakom operacijom dosega s manom da je operater trebao odrediti količinu slobodnog prostora. " Nakon njega 1969. godine Boeing Corporation modelira „Boeman“ temeljen na 50-postotnom trodimenzionalnom ljudskom modelu koji može posegnuti za predmetima poput košara, ali je potrebno pretpostaviti matematički opis predmeta i zadataka.. On je izgrađen kao 23-zglobni lik s promjenjivim duljinama veza, a tijekom njegova rada otkrivaju se sudari raznih zadataka te se identificiraju vizualne smetnje. „Sammie“ (sustav za procjenu interakcije čovjeka i stroja) dizajniran je 1972. na Sveučilištu Nottingham za opći ergonometrijski dizajn i analizu. U to vrijeme, „Sammie“ je bio najbolji ljudski model koji predstavlja mogućnost izbora fizički tipovi virtualnog lika (mršav, debeo...) Imao je razvijen i složen sustav vida, a sastojao se od 21 krute veze sa 17 zglobova te je mogao manipulirati predmetima. Posljednji, „Buford“, razvijen u Rockwell Internationalu u Downeyu. Imao je svrhu pronalaženja dosega slobodnih površina oko modela koje postavlja operator. Sastojao se od 50-postotnog ljudskog modela i bio je pokriven CAD-generiranim poligonima³. Korisnik je mogao interaktivno dizajnirati okruženje i mijenjati položaj tijela i veličine udova, ali tijelo modela se moralo micati pojedinačno. Sastavljen od 15 neovisnih veza koje je bilo potrebno redefinirati pri svakoj izmjeni, imao je nekih poteškoća u kretanju i nije imao sustav vida [2].

1971. godine Parke je stvorio reprezentaciju glave i lica na Sveučilištu u Utahu, a tri godine kasnije postigao je napredak u dovoljno dobrim parametarskim modelima kako bi stvorio mnogo realističnije lice. Slika 3. prikazuje njegovu reprezentaciju glave i lica iz 1974. godine [2].

¹ znanstvena disciplina kojoj je zadatak da istražuje ljudski organizam i ponašanje, te pruža podatke o prilagođenosti predmeta s kojima čovjek dolazi u kontakt

² alati korišteni u antropometriji, znanstvenoj disciplini koja proučava mjere i proporcije ljudskog tijela. Ove trake su specifično dizajnirane za prikupljanje preciznih i detaljnih podataka o trodimenzionalnom obliku i veličini različitih dijelova tijela.

³ odnose se na poligone (zatvorene, ravne oblike s ravnim stranicama) koji su stvoreni pomoću računalno potpomognutog dizajna (CAD) programa. CAD je tehnologija koja se široko koristi u različitim industrijama za projektiranje, crtanje i modeliranje objekata, struktura i sustava. Poligoni u ovom kontekstu su dvodimenzionalni oblici definirani skupom vrhova (kutova) i bridova.



Slika 3: Reprezentacija glave i lica autora Fred Parke 1974. godine [2]

Ranih 1980-ih, Tom Calvert sa Sveučilišta Simon Fraser primijenio je potenciometre na zglobove tijela kako bi pokretao računalno animirane likove za koreografske studije i kliničku procjenu poremećaja pokreta. Primjerice, kako bi pratili savijanje koljena, pričvrstili su vrstu egzoskeleta na svaku nogu, postavljajući potencijometar uz svako koljeno kako bi se savijalo zajedno s koljenom. Analogni izlaz zatim je pretvoren u digitalni oblik i poslan računalnom sustavu animacije [2].

Ovi rani modeli postavili su temelje primjena računalne grafike u ergonomiji, analizi dosega i realističnog prikaza ljudskih figura, postavljajući temelje za daljnji napredak u području virtualnih ljudi.

2.2.2. Kratki filmovi

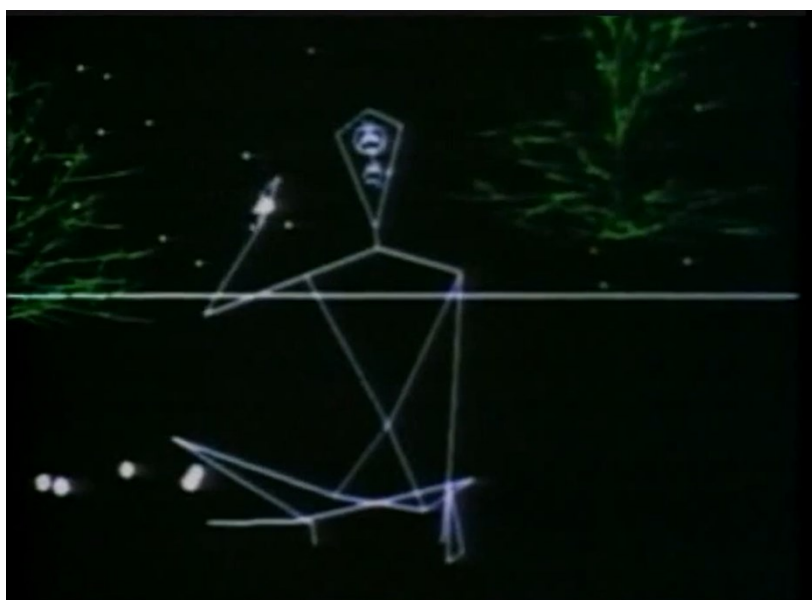
Početkom 1980-ih godina nekoliko tvrtki i istraživačkih skupina počelo je proizvoditi kratke filmove i demonstracije koristeći virtualne likove.

Informacijska međunarodna tvrtka Inc., često nazivana Triple-I ili III, imala je osnovno poslovanje temeljeno na CRT zaslonima visoke razlučivosti koji su se mogli koristiti za digitalno skeniranje filmova i digitalne izlazne mogućnosti, što je bilo vrlo napredno za to vrijeme. Oko 1975. godine, Gary Demos, John Whitney Jr. i Jim Blinn uvjerali su upravu Triple-I da osnuje 'filmsku grupu' te su putem nje stvorene različite demonstracije koje su pokazale potencijal računalne grafike da postigne nevjerojatne stvari, među kojima je i 3D skeniranje glave Petera Fonde te konačnu demonstraciju, „Adam Powers“ ili „Juggler“ (hrv. Žongler). Film počinje žonglerom koji žonglira s nizom oblika (krug, kvadrat, stošci, itd.) i prikazuje oblike i objekte oko scene. Scena filma prikazana je na slici 4. [2].

Godine 1982. u suradnji s Philippeom Bergeronom, Nadia Magnenat-Thalmann i Daniel Thalmann stvorili su film "Dream Flight", koji prikazuje putovanje osobe (predstavljene kao artikulirana figura štapa) iznad Atlantskog oceana od Pariza do New Yorka. Cijeli film programiran je koristeći MIRA grafički jezik, proširenje Pascal jezika temeljeno na grafičkim apstraktnim podacima. Film je osvojio brojne nagrade i prikazan je na SIGGRAPH '83 filmskoj emisiji. Isječak filma prikazan je na slici 5. [2].



Slika 4: Adam Powers, The Juggler [5]



Slika 5: Dream Flight 1982. godine, isječak filma iz [6]

Važan prekretnički trenutak dogodio se 1985. godine kada je film "Tony de Peltrie" prvi put koristio tehnike animacije lica kako bi ispričao priču. Iste godine, Digital Productions razvio je video spot "Hard Woman" za pjesmu Micka Jaggera, prikazujući impresivnu animaciju žene. Dodatno, "Sexy Robot", stvoren 1985. godine od strane Roberta Abela i suradnika za TV reklamu, postavio je nove standarde za pokrete ljudskog tijela uvođenjem tehnologije upravljanja pokretima [2].

U 1987. godini, Inženjersko društvo Kanade obilježilo je svoju 100. godišnjicu velikim događajem koji su podržali Bell Canada i Northern Telecom, a održan je na Place des Arts u Montrealu. Za tu prigodu, Nadia Magnenat-Thalmann i Daniel Thalmann simulirali su susret Marilyn Monroe i Humphreya Bogarta u kafiću u starom dijelu Montreala. Razvoj programa i dizajn 3D likova koji su bili sposobni govoriti, izražavati emocije i rukovati se rezultat su projekta tima od šestoro ljudi u trajanju godinu dana. Konačno, u ožujku 1987., glumica i glumac su dobili novi život kao virtualni ljudi u filmu „Rendez-vous in Montreal“. Isječak filma koji prikazuje virtualnu Marilyn Monroe prikazan je na slici 6. [2].



Slika 6: Virtualna Marilyn Monroe u filmu "Rendez-vous in Montreal" 1987. godine [7]

Virtualna Marilyn i Bogart, stvoreni krajem 1980-ih, prikazali su napretke tijekom godina. Do 1997. godine, Virtualna Marilyn pokazala je određeni stupanj neovisne inteligencije, čak djelujući kao sudac u simuliranoj teniskoj utakmici u stvarnom vremenu između 3D klonova igrača smještenih u Los Angelesu i Švicarskoj [2].

Dalje, 1988. godine Tin Toy osvojio je prvi Oscar za najbolji animirani kratki film, kao prvo djelo potpuno stvoreno unutar računala. Iste godine, deGraf/Wahrman razvili su 'Mike the Talking Head' za Silicon Graphics kako bi prikazali mogućnosti u stvarnom vremenu njihovih novih 4-D strojeva. Mike je upravljao posebno izrađenim upravljačkim uređajem koji je omogućio pojedinačnom lutkaru upravljanje različitim parametrima lika, uključujući usta, oči, izraze lica i položaj glave. Hardver tvrtke Silicon Graphics omogućio je besprijeckornu interpolaciju u stvarnom vremenu između izraza lica i geometrije glave prema upravljanju izvođača. Mike je izveden uživo na filmskom i video prikazu SIGGRAPH-a te godine, jasno dokazujući da je tehnologija spremna za integraciju u produkcijska okruženja [2].

U 1989. godini, Kleiser-Walczak je stvorio Dozo, računalnu animaciju žene kako pleše ispred mikrofona i pjeva pjesmu za glazbeni video. Pokret je snimljen pomoću optičkog rješenja tvrtke Motion Analysis, koristeći više kameri kako bi triangulirale slike malih komadića reflektirajuće trake pričvršćenih na tijelo. Rezultat pruža 3-D putanju svakog reflektora u prostoru [2].

1989. godine, film "The Abyss" prikazuje sekvencu u kojoj vodeni pseudopod dobiva ljudsko lice (scena iz filma prikaza na slici 7.), predstavljajući važan korak za buduće sintetičke likove. Iste godine, Lotta Desire, zvijezda "The Little Death" i "Virtually Yours," postiže značajne uspjehe. Film "Terminator II" iz 1991. obilježava prekretnicu u animaciji sintetičkih likova u kombinaciji s živom radnjom. Tijekom 1990-ih, stvoreni su brojni kratki filmovi, a Pixar-ov "Geri's Game" posebno se ističe, osvojivši Oscara za najbolji animirani kratki film [2].



Slika 7: Scena iz filma "The Abyss" [8]

2.2.3. Daljnji razvoj

U kasnim 1980-ima, programski paket Jack razvijen je u Centru za modeliranje i simulaciju ljudi na Sveučilištu u Pennsylvaniji, a postao je dostupan putem tvrtke Transom Technologies Inc. Jack je omogućavao 3D interaktivnu kontrolu nad artikuliranim figurama, sadržavajući detaljan model ljudskog tijela i različite praktične alate za aplikacije poput antropometrijskog skaliranja, detekcije sudara i drugih. Ulaskom u 1990-e, fokus se prebacio na animaciju u stvarnom vremenu i interakciju unutar virtualnih svjetova. Napore su usmjerili prema automatskom prikazu ljudskih lica za animaciju u stvarnom vremenu s audio i video ulazom. Cilj je bio stvaranje avatara koji autentično sliče stvarnim osobama i ponašaju se poput njih, potičući interakciju s virtualnim stanovnicima [2].

Unatoč ograničenoj pažnji akademske zajednice tijekom 1980-ih, istraživanje o virtualnim ljudima danas je steklo široko priznanje. Brojni istraživači istražuju različite primjene, a područje se značajno proširilo, prihvaćajući virtualne likove i simulacije. S napretkom tehnologija virtualne stvarnosti (VR) i proširene stvarnosti (AR), mogućnosti za simuliranje novih scenarija i doživljavanje prošlosti postaju sve obećavajuće [2].

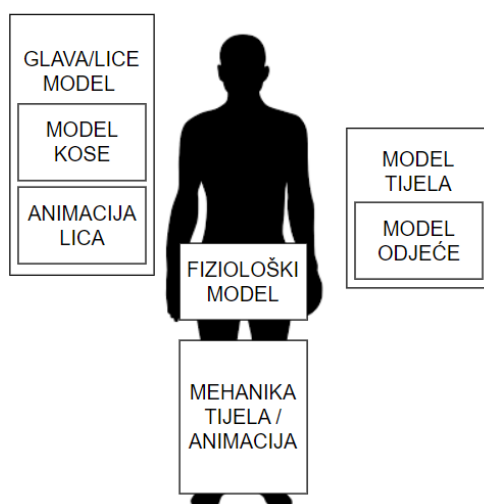
3. Modeliranje virtualnog lika

Kreiranje avatara, odnosno virtualnog lika može imati više formi [1]:

- Statična 2D slika od glave do ramena
- Animirana 2D slika od glave do ramena ili animiran 2D prikaz cijelog tijela
- Potpuno animiran 3D virtualni lik unutar igrice ili virtualnog svijeta

3.1.Elementi virtualnog lika

Pri samoj izradi virtualnog lika bitni su sljedeći elementi [1] : renderiranje lica, animacija lica i govora, modeliranje kose, renderiranje i modeliranje tijela, mehanika i animacija tijela, modeliranje odjeće i fiziološki model tijela kao što je prikazano na slici 8.



Slika 8: Elementi virtualnog lika kod modeliranja prema [1]

3.1.1. Lice

Lice je ključni element u prikazu virtualnih ljudi, pri čemu se komunikacija licem u lice smatra bogatijom od drugih oblika. Precizno prikazivanje lica suočava se s izazovima, posebno u vezi s konceptom "neugodne doline". Oči, koža, osvjetljenje, izraz i boja identificirani su kao ključni čimbenici u razlikovanju ljudskih lica od onih generiranih računalom. Ključni elementi visokokvalitetnog prikaza lica uključuju detaljnu 3D mrežu za realistično kretanje, normalne mape za sitne detalje kože, teksturu slike za ton kože i spekularne mape za realan odgovor na svjetlo. Unaprijeđena animacija govora pridonosi boljoj interakciji s virtualnim likovima, posebno u scenarijima koji zahtijevaju interpersonalne vještine. Ograničenja računalne snage utječu na realistične slike, pogotovo na mobilnim uređajima. Sveukupno, facijalna animacija ostaje izazovan, ali evoluirajući aspekt prikaza virtualnih ljudi [1].

3.1.2. Animacija lica i govora

Animacija lica i govora predstavlja poseban izazov jer se izgled dijelova lica (oči, obrve, nos, usta) moraju poklapati s riječima koje virtualni lik izgovara. Ovaj dio modeliranja uključuje proces sinkronizacije i proces animacije govora. Procesi sinkronizacije govora uključuju izdvajanja fonema iz govornog audio zapisa, proces mapiranja fonema na vizeme koji prikazuju oblik usana za svaki fonem i konačno i proces miješanja između uzastopnim vizemima, odnosno sinkronizacija usana i govora. Nakon toga slijede procesi animacije govora koji uključuju rad s ključnim kadrovima gdje se primjenjuju metode vizema na video izlaz, zatim se fizički modeliraju mišići lica i deformacija kože prilikom govora i završno koriste se metode strojnog učenja za sintezu novih pokreta proširujući animacije lica [1].

3.1.3. Kosa

Mnogo primjeri virtualnih likova često prikazuju ćelave avatare ili one koji nose šešire, ističući jedinstvene izazove povezane s realističnim modeliranjem kose. Kompleksnost modeliranja kose proizlazi ne samo iz statičkog modeliranja kose, već i iz simuliranja dinamičkog kretanja kose kao odgovora na pokrete glave ili tijela, vjetar i druge čimbenike. Zadaci uključeni u simulaciju kose obuhvaćaju oblikovanje modela kose, dinamiku kose i renderiranje kose. Oblikovanje modela kose se fokusira se na geometriju kose, uključujući gustoću, raspodjelu i orijentaciju pojedinačnih pramenova. Tu postoje tri glavna koraka: pričvršćivanje kose na tjeme, definiranje općeg oblika i upravljanje finijim svojstvima. Različite metode za definiranje općeg oblika, poput parametrizirane geometrije, modela temeljenih na fizici i stvarne slikovne građe frizura. Nakon toga dinamika kose opisuje kako kosa reagira na pokrete tijela ili vanjske čimbenike poput vjetra. Raniji modeli koristili su pristup masom-opružanje, dok su suvremeniji pristupi uključivali dvodimenzionalnu projekcijsku dinamiku, lance krutih tijela i Kirchhoff modele. I završno renderiranje kose, odnosno dodavanje boje kosi uzimajući u obzir kompleksne efekte svjetlosti i sjene uzrokovane slojevima kose i polu-prozirnost pojedinih pramenova. Različiti pristupi poput praćenja zraka, stapanja piksela i karti polu-prozirnosti sjene koriste se za rješavanje izazova samo-sjenčanja i prozirnosti. Dodatno, izazovi se proširuju na modeliranje različitih etničkih tipova kose, naglašavajući važnost simuliranja raznolikosti tipova kose kako bi se stvorili uvjerljivi virtualni ljudi. Bez realistične simulacije kose, ukupna kvaliteta renderiranja i animacije u avataru može biti ugrožena, utječući na dojam stvarne uvjerljivosti virtualnog prikaza ljudskog bića [1].

3.1.4. Tijelo

Izrada avatara cijelog tijela ključna je za implementaciju virtualnih ljudi u virtualne svjetove ili igre. Realistično prikazivanje ljudskog tijela, iako izazovno, često je manje zahtjevno od prikaza lica, pogotovo kada je tijelo prekriveno odjećom. Razumijevanje dimenzija ljudskog tijela ključan je zahtjev, a napredak u antropometriji, poput 3D kamera, olakšao je mjerenje. Standard H-Anim definira ključne točke mjerenja, dok standard MPEG4 BPA definira 196 parametara animacije tijela za modeliranje avatara. Prikazivanje kože uključuje rješavanje boje, mikrogeometrije, osvjetljenja, interakcije s okolinom i temporalnih značajki poput boranja. Različiti virtualni svjetovi, simulacije i igre uključuju sustave prikaza tijela različite razine složenosti, a u filmu CGI⁴ prikazi su izuzetno detaljni i stvarni likovi. Osim primjena u obuci, postoji komercijalni interes za korištenje avatara cijelog tijela u modnoj

⁴ U kontekstu računalne grafike i filmske produkcije, CGI označava Computer-Generated Imagery. To se odnosi na korištenje računalnog programa za stvaranje vizualnih elemenata, efekata ili čak cijelih scena u filmovima, televizijskim emisijama, video igrama i drugim oblicima digitalnih medija..

industriji. Stvaranje avatara za isprobavanje odjeće nudi jedinstvenu primjenu fokusiranu na konkretne stvarne osobe umjesto na fiktionalne likove [1].

3.1.5. Animacija tijela

Animiranje tijela predstavlja posebne izazove, a čak i estetski ugodni modeli cijelog tijela mogu izgledati nerealistično ako nisu pravilno animirani. I dok određene uloge možda zahtijevaju ograničen skup animacija, krajnji cilj je omogućiti virtualnim ljudima izvođenje bilo koje ljudske animacije, pružajući sveobuhvatno i ljudski slično iskustvo. Animacija tijela obično uključuje pričvršćivanje 3D modela tijela na skriveni "skeleton", sastavljen od programske "kosti" i "zglobova", koji se zatim animiraju putem koda ili korisničkih radnji, rezultirajući stvarnim pokretima i deformacijama pričvršćene mreže. Dva glavna pristupa kontroli pokreta tijela su kinematički, usmjeren na geometriju pokreta, i dinamički, temeljen na Newtonovim zakonima pokreta. Inverzna kinematika (IK) često se koristi s ciljem postizanja vizualno realističnih animacija. Rješavanje deformacija tijela na zglobovima s velikim pomakom izazov je, a različiti modeli poput *Dyna* i *Skinny Multi-Person Linear* (SMPL) nude rješenja. [1]

3.1.6. Odjeća

Modeliranje odjeće za virtualne ljude zahtijeva slične aktivnosti kao i modeliranje kose. Geometrija odjeće mora biti definirana, kao i način na koji se odjeća pomiče u odgovoru na kretanje tijela. Za razliku od modeliranja kose, gdje se bavi tisućama elemenata čije su pojedinačne teksture relativno nevažne, kod odjeće je važan učinak cijele strukture, iako se modelira samo nekoliko elemenata, precizno modeliranje njihove teksture od ključne je važnosti. Ključne značajke renderiranja odjeće na vrlo finom nivou uključuju osvjetljenje niti, pletenje/mikrogeometriju valova, osvjetljenje te makrogeometrijsko kretanje (kako se presavija, teče i gužva). Postoje različite metode korištene za modeliranje strukture i dinamike odjeće, a pristupi se razlikuju između preciznih, ali sporih (mehaničkih metoda) i brzih, ali manje preciznih (geometrijskih metoda). Kako bi zadovoljili zahtjeve igara i filmova CGI, istraživanja modeliranja odjeće također su usmjerena na modnu industriju, posebno za dizajniranje odjeće pomoću računala i omogućavanje virtualnog isprobavanja odjeće prije kupnje, poznato kao "*Virtual Try On*" (VTO). Poseban izazov predstavlja manipulacija virtualnom odjećom, gdje je potrebno uzeti u obzir kompleksnost animiranja oblačenja i svih kolizija i deformacija odjeće. Razumijevanje takvih akcija omogućuje poboljšanje sposobnosti avatara kroz promjene u modelima odjeće i animacije likova [1].

3.1.7. Fiziološki model

Fiziološki modeli, koji simuliraju unutarnje organe i sustave virtualnog čovjeka, možda se čine nepotrebnima za određene primjene. Međutim, ovi modeli, pružaju prednosti u scenarijima gdje virtualni čovjek treba replicirati izvedbu ili odgovore stvarnog čovjeka. Oni definiraju interakcije između parametara poput sposobnosti kretanja, izdržljivosti, spretnosti i njihove ovisnosti o zdravstvenim i okolišnim uvjetima. Fiziološki modeli također mogu uključivati modele traume koji odražavaju promjene u izvedbi zbog korištenja lijekova. Istraživanja fizioloških modela često su temeljena na medicinskim primjenama ili simulacijama vezanim uz zdravlje. Tako europska inicijativa, virtualni fiziološki čovjek (VPH), financirana od strane Europske komisije, ima za cilj stvaranje istraživačkog okruženja za razumijevanje ljudskog tijela kao kompleksnog sustava [1].

3.2. Važne karakteristike modeliranja 3D likova

3.2.1. Mreže poligona

Ova tehnika je popularna za stvaranje 3D modela virtualnih likova i ima široku primjenu u različitim područjima grafike. Za modeliranje lica i tijela koristi se graf scene koji postavlja hijerarhijsku strukturu dijelova modela. Bitno je pažljivo strukturirati mrežu poligona kako bi omogućila fleksibilnost tijekom animacije. Na primjer, prilikom modeliranja lica, potrebno je stvoriti razmak između vrhova poligona kako bi se omogućilo otvaranje usta lika, čime se osigurava da se vrhovi poligona koji čine unutarnje kutove usana ne spajaju. U modeliranju lica, maska često služi kao osnova, dok se drugi dijelovi poput očiju, kose, zuba i ušiju često modeliraju kao zasebni elementi. Ovo omogućuje neovisno pomicanje tih dijelova, npr. kretanje očiju ili kose, bez utjecaja na glavu lika [59].

3.2.2. Parametarske plohe

Za vizualizaciju ljudskih likova često se koriste različite vrste parametarskih ploha. Stapajuće plohe su implicitne plohe koje obično imaju oblik elipsoida, a stapaju se kada su dovoljno blizu, stvarajući tako glatke površine koje dobro prikazuju zaobljenost ljudskog tijela. Međutim, nisu široko korištene zbog složenosti manipulacije i računske zahtjevnosti, što može predstavljati izazov prilikom animacije.

NURBS je jedan popularniji geometrijski oblik za modeliranje likova, posebno lica, jer dobro izražavaju glatke i zaobljene površine, istovremeno pružajući jednostavnu upotrebu. Ova tehnika olakšava stvaranje modela s preciznim i prirodnim zakrivljenostima [59].

3.2.3. Razdjelne plohe

Razdjelne plohe pružaju mogućnost precizne kontrole glatkoće različitih dijelova modela te se često primjenjuju prilikom oblikovanja lica. Broj poligona ili podjela može se prilagoditi prema potrebnoj razini gustoće, omogućavajući postizanje i oštih i glatkih rubova prema želji. Ova geometrijska tehnika omogućuje stvaranje modela s proizvoljnom topologijom, što znači da korisnik može oblikovati strukturu modela prema vlastitim preferencijama. Međutim, pri teksturiranju, odnosno dodavanju teksture na površinu modela, može doći do izazova, pogotovo kada se radi o preslikavanju teksture na model s kompleksnom topologijom [59].

3.3. Postupci stvaranja 3D modela

Prilikom stvaranja 3D modela razlikujemo sljedeće pristupe [59]:

- ručno digitaliziranje (engl. *manual digitizing*)
- fotogrametrija (engl. *photogrammetry*)
- lasersko skeniranje (eng. *laser scanning*)
- ručna izrada
- modifikacija postojećih modela.

3.3.1. Ručno digitaliziranje

Ručno digitaliziranje predstavlja proces prijenosa 3D točaka s stvarnog fizičkog modela na računalo. U ovom postupku koristi se pokazivač sličan olovci, a vrh pokazivača postavlja se na određenu točku koja se zatim pritiskom na tipku digitalizira. Iako je ovaj proces dugotrajan, rezultira visokom preciznošću. Digitalizirane točke mogu se koristiti kao vrhovi poligona ili kao kontrolne točke parametarskih ploha, kao što su NURBS. Ova metoda, iako najstarija u izradi 3D modela virtualnih likova, danas se rijetko koristi. Često se primjenjuje u modeliranju lica, pri čemu se prethodno izrađuje odljev lica (maska). Praktično je napraviti odljev umjesto da se postupak izvodi izravno na licu osobe. Na odljevu ili drugom fizičkom modelu unaprijed se iscrtavaju točke koje čine strukturu mreže koja će se zatim digitalizirati [59].

3.3.2. Fotogrametrija

Fotogrametrija predstavlja tehniku koja koristi različite metode za dobivanje 3D oblika iz 2D slika, te se stoga naziva i modeliranjem zasnovanim na slikama. Često se koriste dvije ortogonalne slike kako bi se odredile 3D koordinate, a ove slike mogu biti iz različitih, ne nužno ortogonalnih položaja. Osnovna pretpostavka je da se određena točka može prepoznati na obje slike, stoga je ključno da su sve točke koje želimo odrediti u 3D prostoru prepoznatljive na obje slike. To može biti izazovno za točke na ljudskom licu. Metode fotogrametrije razlikuju se prema načinu ostvarivanja korespondencije⁵, bilo automatskim prepoznavanjem točaka, ručnim postupkom ili postavljanjem oznaka na fizički model. Najstarija metoda uključuje crtanje poligona na licu koji se zatim fotografira ortogonalno, a korespondencija se uspostavlja ručnim odabirom svake točke, prvo na jednoj slici, a zatim na drugoj. Ovaj postupak je dugotrajan, pa su ga zamijenile (polu)automatizirane metode obrade slika i tehnika strukturiranog svjetla [59].

Poluautomatska obrada slike

Ova metoda se temelji na analizi slika, koristeći tehnike automatskog odabira karakterističnih točaka lica ili tijela sa slike. Te identificirane točke koriste se za deformiranje univerzalnog 3D modela. Za razliku od drugih metoda, kod ove nije potrebno ručno crtati mrežu poligona. Kod modeliranja lica, karakteristične točke lica (vrha nosa, očiju, obrva, rubova usana...) koriste se kao kontrolne točke. Univerzalni model se transformira tako da postane sličan licu na fotografiji. Razvojem metoda analize slika, postignuta je gotovo potpuna automatizacija dobivanja 3D modela iz dviju slika. Ako rezultat nije zadovoljavajući, modelar može ručno prilagoditi karakteristične točke ili dodati nove. Kod modeliranja tijela, kontrolne točke određuju konture siluete tijela. Silueta i karakteristične točke prepoznaju se metodama obrade slika, koristeći različite tehnike koje ovise o broju fotografija, osvjetljenju i pozadini. Da bi se ovaj pristup koristio, osobe na slikama trebaju stajati u određenom položaju, s rukama odvojenim od tijela, u jednobojnom prostoru i ne nositi odjeću iste boje kao pozadina [59].

Tehnika strukturiranog svjetla

Kada se primjenjuje metoda strukturiranog svjetla, prepoznatljiv uzorak svjetla projicira se na objekt koji se želi digitalizirati, a 3D točke modela određuju se na temelju oblika tog svjetlosnog uzorka. Obično se koristi projektor zajedno s dvije kamere, gdje projektor emitira niz crta koje, kada padaju na neravan predmet, stvaraju zakrivljene oblike poput krivulja. Koordinate z (dubina) svih točaka na

⁵ identifikacija iste točke 3D objekta na dvije slike

krivulji dobivaju se iz te zakrivljenosti. Postupkom poznatim kao triangulacija, uz pomoć više crta projekcije može se dobiti potpuna reljefna rekonstrukcija predmeta [59].

3.3.3. Lasersko skidanje

Metoda slična metodi strukturiranog svjetla, ali umjesto projekcije svjetla koriste se laseri, a model se dobiva postupkom triangulacije. Laseri mogu imati različite oblike, od ručnih uređaja do kabineta namijenjenih skeniranju velikih objekata. Kada se modelira lice, skener se obično postavlja na posebno postolje i obavlja puni krug oko glave, skenirajući svaki redak u okomitoj orijentaciji. Unatoč visokoj preciznosti laserskog skeniranja, moguće je da se neke točke ne digitaliziraju zbog disperzije laserske zrake, primjerice na kosi ili zjenicama, ili zbog toga što se nalaze na mjestima koja laserska zraka ne može doseći, kao što je unutrašnjost nosnica [59].

3.3.4. Ručna izrada

Unatoč dostupnosti (polu)automatskih metoda digitalizacije, ručna izrada ljudskih i čovjekolikih likova i dalje se često primjenjuje. Za tu svrhu koriste se alati za 3D modeliranje koji podržavaju modeliranje pomoću poligona, NURBS-ova i razdjelnih ploha. Ova metoda posebno je korisna za stvaranje imaginarne likove, budući da postizanje fotorealizma⁶ može biti izazovno. Jednostavni, ali zanimljivi likovi mogu se lako stvarati postupnim modeliranjem ili skulpturiranjem. Ovaj proces obično započinje s grubim geometrijskim oblikom, koji se zatim postupno oblikuje i obogaćuje dodavanjem detalja, slično kao u kiparstvu [59].

3.3.5. Modifikacija postojećih modela

Ljudska lica i tijela anatomske mogu biti vrlo slična, omogućavajući iskorištavanje truda uloženog u modeliranje jednog lica ili tijela za modificiranje postojećeg modela u novo lice ili tijelo. Metode modifikacije za lica su sljedeće [59]:

Interpolacija, poznata i kao "*morphing*" popularna je metoda u 2D i 3D grafici. Kod 3D modeliranja likova, interpolacijom se miješaju različite fizionomije. Preduvjet je da izvorni modeli imaju jednaku topologiju poligonske mreže, omogućujući linearnu interpolaciju koordinata svakog vrha i vrijednosti boje u teksturi.

Deformacija univerzalnog modela koristi se u kombinaciji s poluautomatskom obradom slike kako bi se dobile karakteristične točke lica i tijela. Model lica univerzalnog neutralnog izraza ima istaknute karakteristične točke (npr. kutovi usana, očiju, vrh nosa), koje se pomiču u 3D položaje željenog lica. Metodom deformacije, vrhovi univerzalnog modela povlače se tako da s karakterističnim točkama čine glatko zaobljenu površinu lica, a zatim se prilagođava tekstura.

Lokalne deformacije koriste se prilikom ručnog modeliranja, gdje se odabire dio 3D modela za deformaciju, primjerice korištenjem metode *Free Form Deformation* (FFD).

Statistički modeli koriste se za stvaranje velikog broja modela. Temelje se na interpolaciji, stvarajući nove 3D modele od nekoliko postojećih modela. Kontrolom modela definira se pojava zadanih karakteristika s određenom vjerojatnošću u novonastaloj "populaciji" (npr. boja kože, očiju, debljina)

⁶ u računarskoj grafici se ne koristi samo kao pojam za realno prikazivanje nepostojećih i stvarnih stvari i pojava

4. Primjena virtualnih likova

U posljednjih nekoliko godina primjena virtualnih ljudi doživjela je značajan porast širom različitih područja te revolucionirala način na koji učimo i obavljamo različite aktivnosti. Ova rastuća tehnologija pronašla je svoje mjesto u područjima od zdravstva i obrazovanja do zabave i dalje, potičući inovacije i transformirajući tradicionalne prakse. U ovom kontekstu, istraživanje mnogobrojnih primjena virtualnih ljudi postaje ne samo intrigantno, već i ključno za razumijevanje značajnog utjecaja koji imaju na oblikovanje budućnosti različitih industrija. U nastavku nabrojana su područja gdje se koriste virtualni likovi, a neka područja su detaljnije objašnjena.

Virtualni ljudi primjenjuju se u području [2] : kulture, edukacije, mode, medicine, industrije, glume i prezentiranja.

U području kulture i umjetnosti virtualni likovi se primjenjuju za prikaz prapovijesni osoba i života, a mogu se pronaći i u modernoj umjetnosti kao dio umjetničke fotografije. Edukacija je vjerojatno najraširenija po pitanju korištenja virtualnih likova. Oni su u ovom području koriste za simulacije na kojima korisnici mogu učiti. Najčešće se radi o hitnim i opasnim situacijama (uglavnom povezanih s hitnim službama), vojne edukacije i slični. Također se koriste kao učitelji na daljinu, gdje virtualni likovi zamjenjuju uloge tipičnog predavača te služe za interaktivnu pomoć i personaliziranu nastavu. U medicini, virtualni likovi se najviše koriste za edukaciju i treniranje medicinskog osoblja. Virtualni likovi predstavljaju pacijente na kojima medicinsko osoblje vježba svoje sposobnosti. Osim treniranja, koriste se edukaciju pacijenta, testiranje djelovanja lijekova, rehabilitacijske vježbe i za samo liječenje određenih tipova bolesti. U području mode virtualni likovi su zapravo virtualni manekeni koji se koriste za isprobavanje odjeće. U području prezentiranja, virtualni likovi koriste se za prezentiranje vijesti ili prezentacija na virtualnim konferencijama, vijestima i slično. U industrijama, primjena virtualni likova se uglavnom snosi na obuku osoblja. Virtualni likovi u industrijama olakšavaju učenje rada sa strojevima, upoznavanje pogona i osoblja i te postupanje u određenim situacijama. U području zabave virtualni likovi pojavljuju se kao glumci u filmovima, glumci u animiranim filmovima, elementi igra, osobni avatari i slično.

Nabrojane su glavne primjene virtualnih likova danas, ali s obzirom na rastuću popularnost i neograničenost ljudskog razmišljanja i mašte te konstantnim poboljšanjem tehnologije, njihova primjena raste iz dana u dan.

4.1. Videoigre

Videoigre koje uključuju virtualne likove postale su izuzetno popularne. Virtualni likovi u videoigramama predstavljaju ključni element koji doprinosi dinamici i atraktivnosti igračkog iskustva. Upravljeni virtualni likovi te likovi bez stvarnog igrača (NPC⁷-ovi), igraju važne uloge u različitim aspektima igrica. Ove igre koriste računalnu tehnologiju kako bi stvorile virtualne svjetove i likove s kojima igrači mogu interaktivno sudjelovati. Primjeri nekih takvih igara uključuju *Doom*, *Quake*, *Tomb Raider*, *Starcraft*, *Myth*, *Madden Football*, *Diablo*, *Everquest*, *Asheron's Call*, *The Sims* i mnogi drugi. Većina videoigara danas koristi virtualne likove kao elemente igrice.

Što se tiče animacije sami virtualnih likova za igrice, nije moguće znati na koji način svaka tvrtka izrađuje virtualne likove za svoju igricu, ali poznato je da većina velikih tvrtki za izradu igara koristi tehnologiju snimanja kretanja (eng. *Motion Capture*) za animaciju svojih 3D likova. Ova tehnika bilježi

⁷ NPC ili non-player character je virtualni lik s kojim korisnik ne upravlja

svaki pokret stvarne osobe, a te animacije se koriste kako bi pokreti likova u igri bili što realniji. Na primjer, većina sportskih simulacija tvrtke Electronic Arts koristi ovu tehniku. Svi pokreti lika moraju biti pohranjeni na igraćem disku. Što je animacija likova stvarnija, to je potrebno pohraniti više "međukoraka" svakog pokreta. Na primjer, za animaciju karate udarca potrebno je zabilježiti pokretanja kuka, bedra, koljena, potkoljenice, gležnja i stopala. Svaki od tih pokreta trebao bi se sastojati od nekoliko sličica kako bi animacija bila glatka. U prošlosti kako bi igra mogla raditi na računalima nižeg kapaciteta, koristili su se samo najvažniji dijelovi pokreta u animaciji s vrlo malo sličica. Na igraćem CD-u pohranjuju se samo ključne sličice, odnosno sličice koje označavaju početak i kraj određenog pokreta. Što je računalo brže, to je više sličica koje igra može generirati između ključnih sličica [2].

Trenutačni grafički diskovi mogu raditi samo s statičkom geometrijom, pa su programeri igara razvili skeletnu animaciju kako bi riješili taj problem. Skeletna animacija koristi "skelet" sa "kostima" na koje je pričvršćena poligonska mreža (koža) kako bi se postigla željena animacija. Primjer takve animacije je lik Lara Croft iz video igre *Tomb Raider* prikaz na slici 9. [2.]



Slika 9: Prikaz lika Lara Croft iz igrice *Tomb Raider* (PS2 verzija), isječak iz [9]

Igrač može kontrolirati njene pokrete, kao što su penjanje, pucanje i udaranje, koristeći tehnike skeletne animacije. Lara Croft je jedan od najpoznatijih virtualnih ženskih likova u igrama.

Napredak u tehnologiji i umjetnoj inteligenciji čini likove u igrama sve realnijima. Primjerice, u serijalu "*Creatures*" tvrtke Creature Labs, igrač može odgajati, učiti i razmnožavati digitalna stvorenja po imenu Norni. Norni su digitalni ljubimci koji reagiraju na interakciju igrača i rastu ovisno o tome kako se s njima postupa. Drugi primjer, možda jedan i od najpoznatijih u svijetu je igra *The Sims*. [2] U njoj igrač kontrolira virtualne ljude u njihovim svakodnevnim aktivnostima. *The Sims* su možda jedna od prvih igara koja se ističe kada se spomenu virtualni likovi, tj. ljudi. S poboljšanjem grafike i tehnologije, virtualni likovi igrice *The Sims* postaju sve realniji i izgledom i ponašanjem stvarnim ljudima. S porastom popularnosti i kvalitete umjetne inteligencije priča se o uvođenju umjetne inteligencije u igricu kako bi igrač iskustvo bilo još ugodnije te bi se sam virtualni svijet i likovi igrice razvijali sami bez potrebe za korisničkim upravljanjem. Slike 10. i 11. prikazuju porast u kvaliteti virtualnih likova igrice *The Sims*. Slika 10. prikazuje virtualne likove u igrici *The Sims*, a slika 11. u igrici *The Sims 4* (i dalje dio serijala *The Sims*)



Slika 10: Isječak igrice The Sims (1) [10]



Slika 11: Isječak iz igrice The Sims 4 [11]

Napredak u tehnologiji umjetne inteligencije omogućuje likovima u igrama postizanje visokog stupnja realnosti u ponašanju. Umjetna inteligencija može stvoriti neprijatelje, partnere i sporedne likove koji se ponašaju kao ljudi, pridonoseći tako evoluciji igraćih okolina prema realističnijem iskustvu. Kako se povećava realizam u grafičkom prikazu virtualnih svjetova, umjetna inteligencija na razini ljudi može proširivati vrste iskustava koja igrači doživljavaju tijekom igranja računalnih igara, uvođenjem sintetičkih inteligentnih likova s vlastitim ciljevima, znanjem i sposobnostima. Na kraju, zajednica igrača ima ključnu ulogu u prepoznavanju rasta tržišta interaktivne zabave i prilagodbi onome što šira publika želi doživjeti u igrama [35].

Sami virtualni likovi pridonose igračem razvojem karaktera i realizam tako što su virtualni likovi sastavni dio priče igre, doprinoseći uronjenosti igrača u igrački svijet. Detaljnije modeliranje likova, animacija i realistični izrazi pridonose stvaranju likova koji su bliski i prepoznatljivi igračima. Virtualni likovi koriste se za stvaranje dinamičnih priča gdje igračevi izbori utječu na tijek radnje i interakcije s

likovima, pridonoseći personalizaciji iskustava igranja. Likovi s umjetnom inteligencijom pokazuju ljudska ponašanja, prilagođavajući se akcijama igrača i promjenama u okolini. NPC-ovi uče iz tih interakcija, izražavaju emocije te donose odluke koje utječu na igrački svijet. Tijekom igre virtualni likovi mogu sudjelovati u igri kao saveznici ili protivnici u kooperativnim ili natjecateljskim igrama te na taj način pridonose strategijama timova pružajući raznolike izazove, poboljšavajući ukupno iskustvo igrača. Vrlo česta uloga virtualnih likova je davanje zadataka unutar igre, vodeći igrače kroz igru i dodjeljujući im misije ili sporedne zadatke. Angažiranje s virtualnim likovima dodaje dubinu pripovijesti i pruža dodatni sadržaj izvan glavne priče. Oni omogućuju stvaranje nelinearnih pripovijesti gdje igrači istražuju različite putanje radnje i doživljavaju različite ishode te na taj način doprinose dinamičnom i otvorenom igračkom svijetu. Oni su dizajnirani kako bi izazvali emocionalne reakcije igrača putem izraza lica, gesta i uvjerljivih dijaloga te na taj način jača uronjenost igrača u likove i priču igre. Doprinosu dinamičkom okruženje igre, naseljavajući gradove i sela virtualnog svijeta, a još jedan primjer veće dubine igračkog iskustva je trgovanje ili formiranje saveza s virtualnim likovima [35].

Jedan od dobrih primjera koliko su virtualni likovi u igricama napredovali je *Red Dead Redemption 2*. Virtualni svijet igrice je detaljan i temeljen na stvarnoj prirodi, a likovi i njihovi pokreti su veoma realni. Pokreti poput vađenja pištolja, pucanja, hodanja su realistični i prikazani u potpunosti, odnosno prikazuju svaki korak od početka posezanja za pištoljem do pucanja (bez da preskaču određena savijanja ruke i tijela). Tijekom igranja, uočljivo je da igrice ima primijenjenu umjetnu inteligenciju na svojim likovima. Ovisno o postupcima igrača stvaraju se savezi ili neprijatelji. Veliki utjecaj na zdravlje i raspoloženje lika imaju vanjski uvjeti poput temperature – ako igrač nije dobro obučen u zimskim uvjetima, virtualni igrači lik postaje sve slabiji i može čak i umrijeti. Životinje također imaju primjenjuju umjetnu inteligenciju. Ovisno o kojoj se životinji radi prilazi glavnom liku i napada ga ili bježi od njega. Životinje se također glasaju ovisno o postupcima virtualnog igračeg lika pa tako primjerice u slučaju da virtualni igrači lik napada životinju, životinje bježe i glasno se odazivaju u strahu od napada. Ova igrica je pokazala veliki napredak virtualnih likova. Od istog proizvođača, igrica *Grand Theft Auto V* također se pokazala kao veliki napredak u primjetni virtualnih likova s realističnim likovima i virtualnim svijetom te primijenjenom umjetnom inteligencijom nad virtualnim likovima. Realistični virtualni likovi iz igrice *Red Dead Redemption 2* prikazani su na slici 12.



Slika 12: *Red Dead Redemption 2* [66]

4.2. Filmovi

4.2.1. Animirani filmovi

Primjena virtualnih likova u animiranim filmovima je sveobuhvatno i složeno područje filmske produkcije. Virtualni likovi, često stvoreni putem računalno generirane grafike (CGI), igraju ključne uloge u poboljšanju priče i vizualne privlačnosti. Doprinose maštovitom i kreativnom pripovijedanju omogućavajući prikaz fantastičnih svjetova i priča te su neograničeni fizičkim ograničenjima setova ili glumaca. Uz to animirani filmovi mogu istraživati različite teme i žanrove. Detaljno modeliranje i tehnike animacije likova oživljavaju virtualne likove izražajnim pokretima, emocijama i interakcijama. CGI omogućuje složene dizajne, jedinstvene značajke i maštovita stvorenja koja bi bila izazovna postići tradicionalnim animacijskim metodama. Napredak u tehnologiji CGI-a omogućuje stvaranje vizualno impresivnih i realističnih okolina, poboljšavajući cjelokupno filmsko iskustvo. [36] Virtualni likovi besprijekorno se integriraju u ove digitalne krajolike, stvarajući vizualno koherentan i uzbudljiv svijet. Animirani filmovi, posebice u žanrovima fantazije i znanstvene fantastike, snažno se oslanjaju na virtualne likove kako bi prikazali nadnaravna bića, čarobna stvorenja i futurističke entitete. Dizajnirani su kako bi prenijeli širok spektar emocija putem izraza lica, tjelesnog jezika i gesti. Ova emocionalna dubina poboljšava angažman publike i povezanost s likovima, potičući empatiju i razumijevanje. Animirani filmovi često se vrte oko priča vođenih likovima gdje putovanje i razvoj virtualnih likova potiču radnju. Virtualni likovi mogu proći kroz različite priče, transformacije ili osobni razvoj, doprinoseći ukupnoj tematskoj dubini filma. Virtualni likovi omogućuju istraživanje inovativnih tehnika pripovijedanja, poput putovanja kroz vrijeme, mijenjanja oblika i nadrealnih elemenata. Ove tehnike doprinose jedinstvenosti i originalnosti animiranih filmskih narativa. Jedan primjer animiranog filma neograničenog fizikom s maštovitom radnjom i osobnim razvojem lik je film *Nebesa*. Isječak iz tog filma koji je prikazan je na slici 13.



Slika 13: Isječak iz animiranog filma Nebesa (eng. Up) [12]

Virtualni likovi često privlače široku publiku, uključujući djecu i odrasle, čineći animirane filmove pristupačnima gledateljima svih dobnih skupina. Sažeto, primjena virtualnih likova u animiranim filmovima nadmašuje tradicionalne granice, nudeći neograničene mogućnosti u pripovijedanju priča, vizualnoj kreativnosti i uključivanju publike. CGI nastavlja evoluirati, omogućujući animacijskoj industriji da istražuje nove horizonte u stvaranju uzbudljivih virtualnih svjetova i likova.

4.2.2. Glumci u filmovima

Tradicionalno, filmske uloge za žive likove popunjavali su ljudski glumci, kaskaderi, obučene životinje, animatroniku (mehaničke lutke, moderna varijanta automata najčešće korištena u animiranim filmovima i tematskim parkovima) i drugi mehanički modeli ili crteži sastavljeni u animacijama na prozirnim listovima. Međutim, u suvremenom filmskom stvaralaštvu računalna grafika (CG) pojavila se kao snažna alternativa. Računalno generirani likovi sada zamjenjuju animatroniku i žive životinje, dok se digitalni kaskaderi koriste za uloge smatrane preopasnim ili nemogućim za ljude. Dodatno, računalno generirane mase ljudi besprijekorno se integriraju u scene, a 3D likovi preuzimaju istaknute uloge [2].

Tijekom produkcije filma *Ratovi zvijezda*, redatelj George Lucas i stručnjaci u Industrial Light & Magic (ILM) istraživali su različite tehnike modeliranja i simulacije za računalno generiranu sliku. ILM računalni modelari pretvorili su skulpture stvorenja od gline ili gipsa u trodimenzionalne žičane modele, na koje su aplicirane realistične teksture kože. Razvijen je poseban program kako bi računalo simuliralo fizičke osobitosti kože, tkanine, krzna, perja i kose [2].

U filmu *Katarinin kotač* (engl. „*The Catherine Wheel*“), tehničari iz Computer Graphics Lab instituta u New Yorku koristili su polu-srebrno zrcalo za preklapanje snimljenih slika stvarnih plesača na ekran računala. Te slike služile su kao reference za postavljanje računalno generiranog plesača, djelujući kao "ključevi" za generiranje glatke animacije [2]. Isječak tog filma prikazan je na slici 14.



Slika 14: „*The Catherine Wheel*“, isječak iz [13]

Do početka 1980-ih, tehnike motion capture-a i animatronike, prvotno razvijene na sveučilištima i istraživačkim laboratorijima, pronašle su primjenu u mainstream filmovima. Primjeri poznatijih filmova koji su usvojili ove tehnike su: *Ghostbusters* (1984), *Who Framed Roger Rabbit?* (1988) i *Terminator 2* (1992) [2].

S poboljšanjem mogućnosti procesora, renderiranje je postalo sofisticiranije, teksture bogatije, pokreti glađi, a svjetlosni efekti realističniji. Ovaj tehnološki napredak potaknuo je producente i redatelje Hollywooda da istraže mogućnost postizanja dosad neviđenog realizma. U filmu *Jurassic Park*, Steven Spielberg demonstrirao je sposobnost digitalnog stvaranja subjekata koji su ili preminuli ili davno izumrli. Uvođenje virtualnih filmskih setova na računalnim ekranima eliminiralo je potrebu za snimanjem na otvorenim lokacijama ili izgradnjom složenih fizičkih setova [2].

Jedan primjer unapređujući koncept virtualnih likova je film *Forrest Gump* (1994) u kojoj Tom Hanks dolazi u kontakt s predsjednikom Johnom F. Kennedyjem, spajajući stari materijal s novim pomoću računalne grafike. Još jedan primjer je vrlo popularni serijal Trilogija Gospodar prstenova koji je koristio inovativne tehnike, kombinirajući motion capture, roto-motion i key-frame animaciju kako bi oživjela likove poput Golluma temeljenog na izvedbi uživo [2].

4.3. Virtualni prezenteri za televiziju i web

Interakcija s virtualnim likovima sada je moguća jer se potrebne tehnologije, poput prepoznavanja govora, dijaloga na prirodnom jeziku, sinteze govora i animacije, nastavljaju razvijati. Iz tog razloga virtualni likovi su počeli svoje mjesto pronalaziti u prezentiranju vijesti, prezentacija i slično.

Jedan takav primjer je Matrox Virtual Presenter za Microsoft® PowerPoint® napravljen od strane Matrox Graphics Inc. Ovaj dodatak, dizajniran za široko korišteni program za prezentacije, koristi fotorealistične govoreće glave omogućene tehnologijama LIPSinc i Digimask™. Nudi inovativan i ekonomičan način elektroničke dostave prezentacija. Smanjuje se potreba za osobnim prezentiranjem uživo, a ujedno su same prezentacije zanimljivije [2].

Titulu prvog virtualnog voditelja vijesti na svijetu nosi Ananova, 3D animirana žena stvorena pomoću NewTek-ovog LightWave-a od strane Ananova Ltd. (i suradnika) u Londonu. Njen zadatak je neprestano dostavljati kratke vijesti. Ananova nije oblikovana prema određenoj osobi; dizajneri su pažljivo odabrali karakteristične crte lica kako bi joj dali prepoznatljiv i privlačan izgled. Početni tehnički izazov za stvaratelje Ananove bio je kako inženjerski stvoriti potpuno animiran 3D lik sposoban za dinamičko generiranje vijesti u stilu prikladnom za određeni sadržaj. Njen glas stvoren je korištenjem programa za sintezu govora tvrtke Lernout & Hauspie (L&H), integriranog s informacijskim sustavima u stvarnom vremenu. Povratne informacije od L&H Realspeak osiguravaju automatsko usklađivanje pokreta usana, čineći njezine riječi gotovo neodvojivima od ljudskog govora [2]. Njen izgled prikazan je na slici 15.



Slika 15: Ananova, prvi virtualni voditelj vijesti u svijetu [14]

Interaktivni likovi značajno poboljšavaju prezentaciju sadržaja i unapređuju ukupno iskustvo na webu. Osnovna tehnologija za ove govoreće likove sada zri, s više web mjesta koja se pripremaju za integraciju govorećih interaktivnih likova za različite primjene.

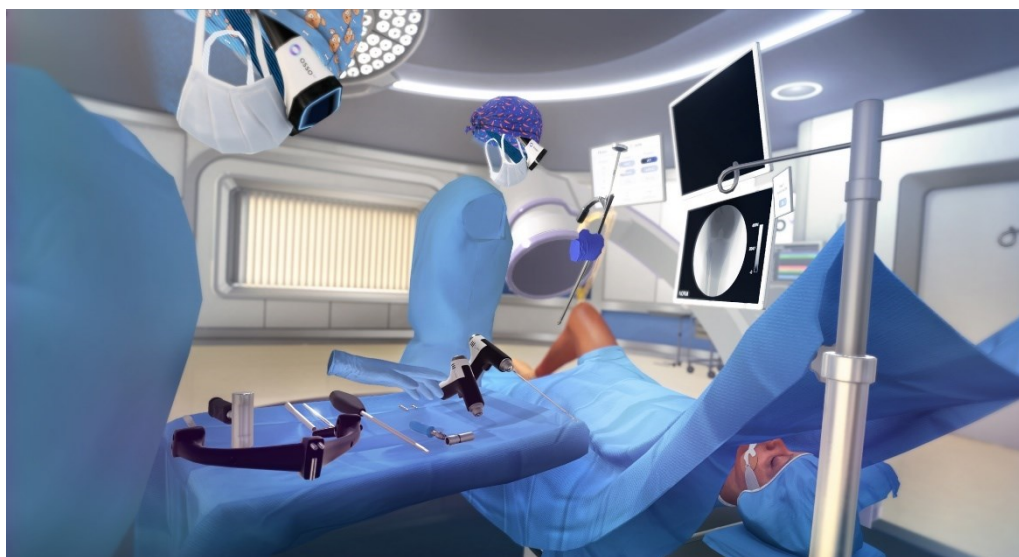
Na primjer, Andy, avatar, komunicira pomoću znakovnog jezika. Kao 3D animacija, Andy pokazuje izraženu osobnost i prirodne izraze lica, pomažući u tumačenju riječi i fraza za gledatelje oštećenog sluha na njihovim računalnim ekranima. Andy je 'znakovni avatar' u skupini internetski omogućenih virtualnih osoba koje prevode engleski jezik u znakovni jezik. Ova tehnologija pomaže djeci oštećenog sluha u razvoju jezičnih i čitalačkih vještina. Program SigningAvatar, razvijen od strane Sims-a i Carol-a Wideman uz pomoć Nacionalne zaklade za znanost (NSF), predstavlja značajan korak u pružanju univerzalnog pristupa tehnologiji. Pohvaljen od strane učitelja gluhih i stručnjaka za računalnu tehnologiju, program koristi virtualnu 3D tehnologiju, često korištenu u video igrama, u obrazovne svrhe. SigningAvatar koristi se u raznim školskim okruzima na Floridi i školama za učenike s oštećenjem sluha diljem Amerike [37].

4.4. Područje medicine

Virtualni likovi sve više igraju ključnu ulogu u području medicine, pružajući različite primjene koje doprinose istraživanju, obuci, dijagnostici i skrbi o pacijentima. Oni doprinose u području medicine na sljedeći način:

Virtualni ljudi koriste se za medicinsku obuku, omogućavajući zdravstvenim stručnjacima vježbanje postupaka, operacija i interakcija s pacijentima u realističnom simuliranom okruženju. Osobito popularno kod studenata medicine koji mogu imati koristi od virtualnih pacijenata koji simuliraju različite medicinske uvjete te na taj način studentima pružaju sigurno okruženje za učenje i razvoj vještina. Vrlo često se koriste se u kirurškim simulacijama za obuku kirurga i usavršavanje njihovih vještina u virtualnom okruženju prije stvarnih operacija nudeći realne scenarije, omogućavajući kirurzima vježbanje različitih postupaka i tehnika. Nekoliko primjena opisano je u nastavku.

Osso VR je platforma, prikazana na slici 16., za virtualnu stvarnost kirurške obuke. Pruža realne simulacije kirurških zahvata pomoću virtualnih likova, omogućujući kirurzima da vježbaju i usavršavaju svoje vještine u virtualnom okruženju. Platforma obuhvaća različite kirurške postupke i scenarije [17].



Slika 16: Osso VR [17]

SimX, prikazan na slici 17., je platforma za medicinsku simulaciju virtualne stvarnosti koja nudi različite scenarije za obuku zdravstvenih stručnjaka. Uključuje virtualne likove u simulacijama koje pokrivaju kliničke vještine, procjenu pacijenata i obuku za hitne slučajeve [18].



Slika 17: SimX [18]

Virti je platforma za proširenu i virtualnu stvarnost koja se koristi u medicinskom obrazovanju. Uključuje simulacije virtualnih likova za različite medicinske scenarije, omogućujući zdravstvenim stručnjacima vježbanje i poboljšavanje svojih vještina [39].

Virtualni ljudi također omogućuju detaljno istraživanje ljudske anatomije. Napredni 3D modeli omogućuju medicinskim stručnjacima proučavanje i razumijevanje kompleksnosti ljudskog tijela, poboljšavajući anatomske pismenosti. Tu dodatan značaj imaju aplikacije virtualne stvarnosti (VR) i proširene stvarnosti (AR) koje poboljšavaju vizualizaciju anatomske strukture. Simulacije korištene u ove svrhe mogu se prilagoditi potrebama pa tako virtualni ljudi mogu se prilagoditi kako bi replicirali određene uvjete pacijenata. To omogućuje zdravstvenim stručnjacima simuliranje i analiziranje utjecaja različitih tretmana ili intervencija na pojedinačne pacijente. Personalizirane simulacije doprinose informiranijem donošenju odluka u skrbi za pacijente. Slika 18. prikazuje primjenu virtualnih likova, odnosno ljudi u medicini, točnije pokazuje proučavanje ljudske anatomije uz pomoć virtualnog lika i virtualne stvarnosti. Primjena virtualnih ljudi u medicini obuhvaća širok raspon područja, poboljšavajući medicinsko obrazovanje, istraživanje i skrb o pacijentima. Integracija naprednih tehnologija pridonosi poboljšanim rezultatima zdravstvene skrbi te sveobuhvatnijem razumijevanju ljudskog tijela i izazova vezanih uz zdravlje.



Slika 18: Proučavanje ljudske anatomije stvarnosti pomoću aplikacije HoloHumans [15]

Virtualni ljudi koriste se za i za modeliranje i simuliranje različitih bolesti u svrhu istraživanja bolesti za bolje razumijevanje mehanizama bolesti i testiranju potencijalnih tretmana. Modeli bolesti mogu se koristiti za predviđanje tijeka bolesti i procjenu učinkovitosti novih lijekova. Virtualni ljudi integriraju se i u programe rehabilitacije i fizioterapije kako bi stvorili ciljane vježbe za pacijente gdje opet veliki doprinos imaju aplikacije virtualne stvarnosti koje pružaju interaktivnu platformu za pacijente kako bi izvodili vježbe i pratili svoj napredak. Virtualni ljudi olakšavajući udaljene konzultacije i obuke zdravstvenih radnika kako zdravstveni radnici mogu koristiti virtualne platforme za interakciju s pacijentima, demonstraciju medicinskih postupaka i pružanje edukativnih resursa. Još jedna popularna vrsta primjene virtualni ljudi je u aplikacijama za mentalno zdravlje kako bi pružali podršku, savjetovanje i terapijske intervencije. Te aplikacije nude povjerljiv način za pojedince da se suoče s pitanjima mentalnog zdravlja. Virtualni ljudi koriste se i u farmakološkim istraživanjima za simulaciju interakcija lijekova, procjenu mogućih nuspojava i optimizaciju pravila uzimanja lijekova doprinoseći razvoju sigurnijih i učinkovitijih lijekova. Veliki značaj virtualni ljudi u području medicine imaju i za same pacijente. Kroz interaktivna virtualna okruženja, koriste se za stvaranje edukativnih materijala za pacijente, pomažući im razumjeti medicinske uvjete, opcije liječenja i prakse samozbrinjavanja te na taj način poboljšavaju uključenost pacijenata i zdravstvenu pismenost [38].

Još jedan od poznatijih primjera korištenja virtualnih likova u području medicine, točnije psihologije iz prošlosti je razvijen liječenje socijalne fobije u virtualnom svijetu. Razvijeni su simulatori za rješavanje problema s javnim govorenjem. Takvi simulatori obično uključuju seminarsku sobu i virtualnu publiku s istaknutom mogućnosti kontroliranja pokreta, izraza lica i glasova svakog virtualnog lika od strane terapeuta kako bi doveli govornika u razne situacije i razmišljanja [2].

Jedan od takvih programa je Kognito. Kognito nudi simulacije virtualnih likova za obuku zdravstvenih stručnjaka u komunikacijskim vještinama, posebice u kontekstu mentalnog zdravlja. Simulacije uključuju interakciju s virtualnim likovima kako bi se poboljšala empatija, aktivno slušanje i učinkovita komunikacija u scenarijima mentalnog zdravlja [16]. Inačica jedne simulacije prikazana je na slici 19.



Slika 19: Kognito [16]

4.5. Kultura i umjetnost

Virtualni likovi danas su dio umjetnosti i povijesti, nudeći inovativne načine istraživanja i prikazivanja prošlosti. Jedan dio spoja kulture i virtualne reprezentacije je taj da umjetnici i povjesničari koriste virtualne likove kako bi rekreirali povijesne ličnosti, omogućavajući publici vizualno povezivanje s prošlošću. Interaktivne izložbe su također jedan primjer. Muzeji i povijesna mjesta koriste virtualne likove u interaktivnim izložbama, pružajući posjetiteljima iskustva puna uživanja. Virtualni vodiči ili povijesne ličnosti mogu pripovijedati priče, dijeliti informacije i angažirati publiku na dinamičan način.

Drugi popularni primjer je rekreacija izgubljene baštine gdje virtualni likovi igraju ulogu rekonstrukcije izgubljenih kulturnih dobara ili lokaliteta. Kroz digitalne rekonstrukcije, umjetnici i povjesničari mogu oživjeti drevne civilizacije ili arhitektonske čuda, pružajući uvid u kulture koje možda više ne postoje. Tu veliku ulogu igra i proširena stvarnost (VR) koja koriste virtualne likove kako bi vodile korisnike kroz povijesne lokacije, preklapajući informacije o prošlosti na trenutačno fizičko okruženje. Kroz uranjanje publike u virtualne rekonstrukcije drevnih staništa naseljenih simuliranim zajednicama, moguće je postići dublje razumijevanje kulture. Značajan raniji primjer korištenja virtualnih ljudi u virtualnoj baštini bio je rekreacija Terracotta vojske od strane MIRALab-a na Sveučilištu u Ženevi. Otkrivena u Xianu tijekom 1970-ih, Terracotta vojska obuhvaćala je realistične kipove, njih oko 6.000, koji prikazuju vojnike, slugu i konje. Svaka figura bila je pažljivo oblikovana kako bi nalikovala pojedinačnim osobama iz stvarne vojske cara, prikazujući izniman jednostavnost i realizam. Originalno oslikane živopisnim bojama, ove figure, zadužene za čuvanje carevog groba, bile su namijenjene da ga prate u zagrobnom životu [2]. Kako su s vremenom izbljedjele, virtualni ljudi korišteni su u Xian projektu kako bi ponovno oživjeli ovu drevnu vojsku, prikazanu na slici 20.



Slika 20: Virtualna tura Terracott vojske [19]

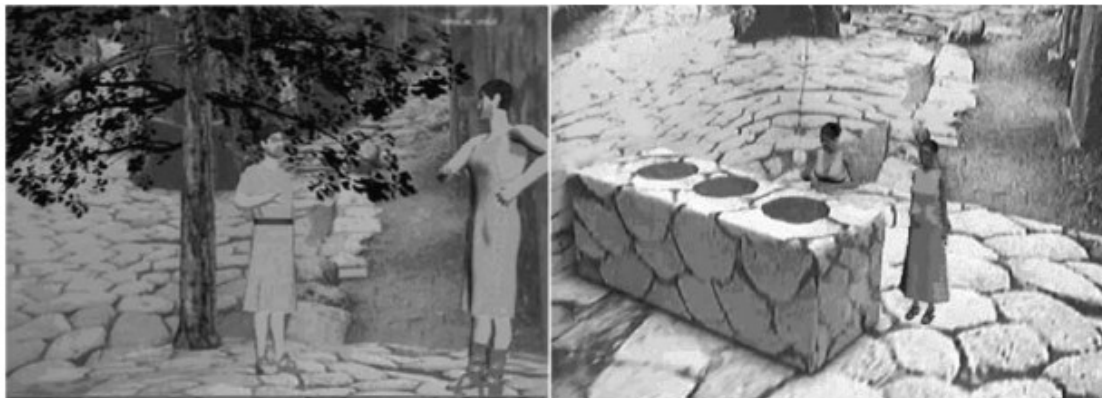
U obrazovnim okruženjima virtualni likovi služe kao obrazovni alati za podučavanje povijesti. Studenti mogu komunicirati s virtualnim povijesnim ličnostima, sudjelovati u virtualnim povijesnim događajima i dublje razumjeti različita povijesna razdoblja. Povijesne simulacije koriste virtualne likove kako bi rekreirale značajne događaje. To korisnicima omogućuje promatranje povijesnih trenutaka, donošenje odluka i razumijevanje posljedica, postižući angažirano iskustvo učenja.

O popularnosti korištenja virtualnih likova u prikazu povijesti govore i neki europski projekti. U europskom projektu CAHRISMA, fokus je bio na stvaranju realistične virtualne stvarnosti (VR) kulturne baštine, obuhvaćajući arhitekturu, akustiku, odjeću i vjernu reprodukciju ceremonijalnih liturgija. Ovaj projekt, smješten u Istanbulu, imao je za cilj simulirati arhitektonske i zvučne aspekte sakralnih struktura poput Sinan-ovih džamija i Byzantin-skih crkava. Za rekonstrukciju scenarija koji uključuju Namaz molitvu, generirani su animacijski isječci koji bilježe određene sekvence pokreta pomoću VICON sustava za optičko snimanje pokreta [2]. Dio snimljene virtualne Namaz molitve prikazan je na slici 21.



Slika 21: Bilježenje pokreta za Namaz molitvu [2]

Europski projekt LIFEPLUS fokusirao se na rekonstrukciju i očuvanje antičkog Pompeja, Italija. Ovaj projekt predstavlja inovativan pristup oživljavanju života na antičkim freskama iz Pompeja i stvaranju narativnih prostora. Proces oživljavanja uključivao je integraciju stvarnih video sekvenci s virtualnim Rimljanima i biljkama, s ciljem da putovanje u fiktionalne i povijesne prostore prikazane freskama bude što stvarnije, uzbudljivo i interaktivno [2]. Slika 22 pruža vizualni prikaz ovog pristupa.



Slika 22: Oživljavanje života na Pompeii-ima [2]

Što se tiče umjetnosti, suvremeni umjetnici integriraju virtualne likove u digitalne umjetničke instalacije koje istražuju povijesne teme. Ove instalacije mogu koristiti tehnologiju kako bi zamaglile granice između prošlosti i sadašnjosti, potičući promatrače da razmišljaju o povijesti na inovativan način.

Slika 23. prikazuje spoj umjetnosti i virtualnih likova.



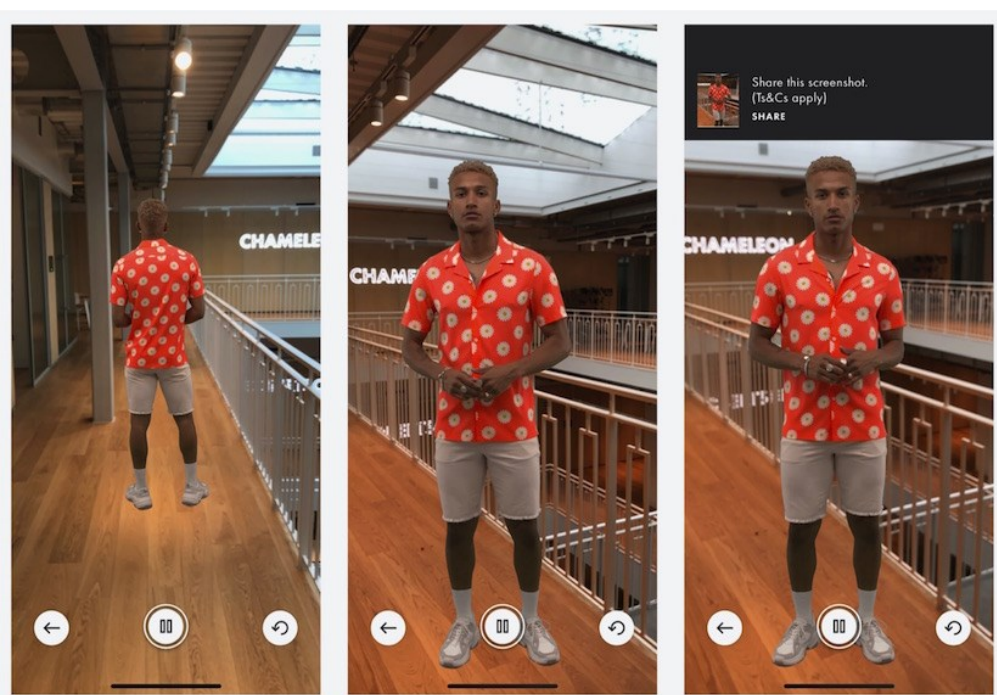
Slika 23: Shezad Dawood, Leviathan (2017) [20]

4.6. Manekeni za modnu industriju

Internet je postao značajna platforma za prodaju odjeće, ali potrošači oklijevaju kupovati odjeću *online* zbog nemogućnosti isprobavanja prije kupnje. Glavna briga odnosi se na veličinu, pravilan odabir veličine, moguće povrate i izazov potpune procjene kvalitete i detalja odjeće. Trenutni online kupci odjeće oslanjaju se na 2-D fotografije i tablice veličina za odluke o kupnji, što se smatra nedostatkom u

online kupovini. E-trgovci rješavaju ove probleme uvodeći poboljšane značajke na svojim mrežnim stranicama.

Neka nedavna poboljšanja uključuju mogućnost da kupci zajedno vide više predmete, olakšavajući kombiniranje boja i tekstura. Tehnologija zumiranja omogućuje kupcima da bolje vide detalje odjeće. LandsEnd.com koristi My Virtual Model kako bi proslijedio virtualnom manekenu prilagođenu proporciju kupca, dok Nordstrom koristi 3-D tehnologiju za 360-stupanjski pregled, omogućujući potpunu rotaciju odjevnih predmeta [2]. Virtualni modeli su se pronašli i na meti mnogih poznatih brendova u svrhu promoviranja proizvoda, ali su do danas dosta i napredovali s smislu pomoći pri kupnji. Jedan takav primjer pojavio se tijekom pandemije kako bi kupcima omogućio da bolje vide odjeću koju kupuju, a to je ASOS virtualni maneken. Putem nove značajke u aplikaciji ASOS, kupci sada imaju mogućnost vidjeti potencijalne kupnje na modelu kao da hodaju ispred njih. Sve što trebaju učiniti je usmjeriti kameru pametnog telefona na bilo koju ravnu površinu, a zatim pritisnuti gumb AR na stranici proizvoda kako biste pogledali svoj odabrani odjevni predmet na virtualnoj pisti. Tehnologija je razvijena u suradnji s londonskom tvrtkom za proširenu stvarnost HoloMe. Test je dio ASOS-ovog kontinuiranog eksperimentiranja s novom tehnologijom [60]. Primjer ASOS virtualnog manekena prikazan je na slici 24.



Slika 24: ASOS virtualni model [60]

Realistična virtualna ogledala i dalje ostaju glavna prepreka. Česti problemi uključuju loše pristajanje, loš pad, neugodan osjećaj ili iznenađenja u vezi boje odjeće. Nezadovoljstvo kupaca dovodi do skupih povrata i gubitka vjernosti e-trgovaca. Kao rješenje, *Macy's Passport 99 Fashion Show* smatra se visokokvalitetnim salon za virtualno isprobavanje (VTO), predstavljajući animirane odjevene likove u stvarnom vremenu na webu. Međutim, dok je interaktivnost korisnika u fokusu, sadržaj nedostaje realizmu. Osim realizma, moderni zahtjevi aplikacija uključuju simulaciju tkanine kako bi podržali suvremene procese dizajna i vizualizacije. To zahtijeva interaktivnost i prikaz u stvarnom vremenu. Tim

MIRALab Sveučilišta u Ženevi predlaže prilagodbu Macyjevog pristupa za web vizualizaciju, nudeći rješenje za prikazivanje u stvarnom vremenu na raznim platformama. Uvodi shemu koja osigurava točno pristajanje odjeće uz virtualno tijelo i realno ponašanje kako bi se potpuno procijenila odjeća. Ovaj rad

koristi praktičnu implementaciju jednostavnog i brzog sustava simulacije tkanine temeljenog na implicitnoj integraciji [2]. Konačni virtualni maneken korišten za pomoć pri kupnji prikazan je na slici 25.



Slika 25: MIRALab virtualni maneken [21]

Prednosti virtualnih manekena su što za razliku od statičkih fizičkih manekena, virtualni likovi mogu se prilagoditi kako bi odražavali različite oblike tijela, veličine i etničke skupine. Ova razina personalizacije omogućujući široj publici da vidi kako odjeća može izgledati na osobama s različitim karakteristikama. Virtualni manekeni nude interaktivne značajke koje korisnicima omogućuju rotaciju, povećavanje i istraživanje odjevnih predmeta iz različitih kutova. Kako bi poboljšali realizam, neki virtualni manekeni uključuju tehnologiju simulacije tkanine. To omogućava odjeći da se ponaša i pada na realističan način, pružajući potrošačima bolje razumijevanje ponašanja tkanine. Virtualni manekeni mogu se integrirati u aplikacije proširene stvarnosti (AR) i virtualne stvarnosti (VR), omogućavajući korisnicima da virtualno "probaju" odjeću koristeći svoje pametne telefone ili VR naočale. Virtualni manekeni mogu se jednostavno ažurirati u stvarnom vremenu kako bi odražavali najnovije modne trendove ili sezonske kolekcije. Ova fleksibilnost omogućava trgovcima da brzo i učinkovito prilagode svoje digitalne izloge. Virtualni manekeni pružaju ekonomično rješenje u usporedbi s tradicionalnim fizičkim manekenima. Trgovci mogu uštedjeti na troškovima kupnje, održavanja i ažuriranja fizičkih prikaza. Podaci o korištenju interakcija s virtualnim manekenima mogu pružiti vrijedne uvide trgovcima. Analitika može uključivati koji odjevni predmeti privlače najviše pažnje, popularne boje i druge preferencije potrošača. Virtualni manekeni doprinose globalizaciji mode omogućujući proizvodima pristup širokoj publici diljem svijeta. Potrošači iz različitih geografskih lokacija mogu doživjeti virtualni prikaz odjevnih predmeta [2].

4.7. Treniranje i obuka

Korištenje virtualnih likova u obuci osoblja strateški je i inovativan pristup koji koristi napredne tehnologije kako bi poboljšao iskustvo učenja. Rastuća dostupnost snažne grafičke opreme, sposobne podržati visokokvalitetne VR simulacije, izaziva novi interes u različitim organizacijama za nove potencijale modernih VR aplikacija za obuku i terapiju. Početno su se VR sustavi za obuku uglavnom usredotočili na razvoj vještina vezanih uz rad s tehničkim entitetima (zrakoplovima, nuklearnim elektranama, složenim hardverskim uređajima itd.). Međutim, nedavna postignuća u tehnologijama simulacije virtualnih likova podigla su vjerodostojnost VR aplikacija, proširujući njihovu primjenu na područja poput medicine, hitnih situacija i psihoterapije, gdje je interakcija s realnim virtualnim ljudima ključna. Virtualni likovi igraju ključnu ulogu u različitim obukama, pružajući realistične simulacije i interaktivna okruženja. Virtualni likovi koriste se za stvaranje realističnih simulacija scenarija vezanih uz posao, omogućujući ljudima vježbanje i razvoj vještina u kontroliranom okruženju. Simulacije mogu

uključivati situacije: reakcije na hitne slučajeve, upravljanje opremom, interakcije s klijentima ili druge relevantne scenarije ovisno o vrsti obuke. Virtualni likovi olakšavaju interaktivno učenje uključivanjem polaznika u razgovore, igre uloga i vježbe donošenja odluka. Daju mogućnost komuniciranja s virtualnim likovima kako bi vježbali vještine komunikacije, rješavanja sukoba i drugih interpersonalnih kompetencija. Potreba za virtualnim likovima u ovom području javlja se najviše zato što efikasno obučavanje pojedinaca za složene zadatke često uključuje prikazivanje performansi stručnjaka putem filmova. Međutim, stvaranje realnih filmova stručnjaka izvođenja složenih zadataka često je izazovno. Aplikacije proširene stvarnosti, koje uključuju virtualne likove, pružaju rješenje simuliranjem opasnih postupaka nasuprot stvarnim pozadinama. To omogućuje realnu obuku bez ugrožavanja sigurnosti ili oštećenja opreme. Proširena stvarnost također omogućuje vizualizaciju postupaka iz različitih gledišta, poboljšavajući razumijevanje [2].

Programi koji koriste virtualne likove na ovaj način, prilagodljivi su, tj. mogu se integrirati u prilagodljive programe obuke koji prilagođavaju težinu prema performansama polaznika, osiguravajući personalizirano i učinkovito iskustvo učenja. Prilagodljivi scenariji mogu dinamički reagirati na odluke polaznika pružajući prilagođene izazove i povratne informacije. Također mogu se koristiti i za obuku mekih vještina poput vođenja, suradnje i emocionalne inteligencije, gdje polaznici mogu surađivati s virtualnim članovima tima, doživjeti izazove vođenja i naučiti nositi se s kompleksnim društvenim dinamikama u sigurnom okruženju [2].

Virtualni likovi koriste se za jezičnu i kulturnu obuku, omogućavajući osoblju da vježba komunikaciju na različitim jezicima ili razumijevanje kulturne nijanse u globaliziranom radnom okruženju. Također, mogu pružiti virtualnu turu objekata, predstaviti ključno osoblje i odgovarati na uobičajena pitanja [2].

Najveća korist i uporaba virtualnih likova u području treniranja ljudi odnosi se na programe obuke za sigurnost simuliranjem opasnih situacija i prikazujući ispravne protokole sigurnosti, gdje polaznici mogu naučiti prepoznavati rizike, reagirati na hitne situacije i slijediti sigurnosne procedure bez izlaganja stvarnim opasnostima. Značajan dio implementacije socijalne interakcije u tim scenarijima uključuje uvođenje virtualnog asistenta (VA). Korisnik istražuje, procjenjuje situacije i izdaje prirodne glasovne naredbe, dok virtualni asistent, kao izvršitelj odluka, čeka naredbe i izvršava akcije prikazujući očekivane vještine. Virtualni asistent može odbiti naredbe koje bi mogle skrenuti scenarij neželjenim smjerom, potičući korisnika na ponovni pokušaj ili sugerirajući alternativne mogućnosti. Ovaj pristup uvodi pregovaranje u svakom koraku scenarija. U slučajevima kada je sudionik nesposoban ili odbija donositi odluke, virtualni asistent može automatski donositi odluke iz zadane skupine odluka [2].

Slike 26. i 27. su primjeri korištenja virtualnih likova i VR tehnologije za treniranje radnika u slučaju opasnosti. Slika 26. prikazuje trening u slučaju medicinske opasnosti, a slika 27. slučaj opasnosti od požara. U posljednjim desetljećima, virtualna stvarnost (VR) privukla je pozornost zajednice za sigurnost od požara kao pametna, sigurna i učinkovita metoda obuke u usporedbi s tradicionalnim metodama predavanja, ne-interaktivnih videa i brošura. VR se koristi za obuku za pripravnost na požare i prikupljanje podataka o odlukama evakuiranja [22]. Ovaj način treniranja omogućuje korisnicima kvalitetno prikupljanje informacije i nošenje s opasnom situacijom bez da su stavljeni u nju. Integracija virtualnih likova u obuku osoblja predstavlja dinamičan i učinkovit pristup razvoju vještina, pružajući uronjena, interaktivna i prilagodljiva iskustva učenja prilagođena specifičnim potrebama polaznika. Ovaj inovativni pristup nastavlja se razvijati, pridonoseći napretku metodologija obuke u različitim industrijama.



Slika 26: Primjer VR treniranja u slučaju medicinske opasnosti [22]



(a)



(b)



(c)



(d)

Slika 27: VR trening u slučaju požara [23]

Jedan dobar primjer primjene je VR alat razvijen za obuku zdravstvenih hitnih službi u europskom projektu JUST. Polaznik, okružen velikim ekranom za projekciju koji prikazuje stereo slike, uronjen je u prostorni zvuk. Interakcije s virtualnim asistentom odvijaju se putem prirodnih glasovnih naredbi, a uloga polaznika je procijeniti situacije, donositi odluke i izdavati naredbe virtualnom asistentu, koji ih zatim izvršava, prikazujući odgovarajuće fizičke vještine. Ova VR simulacija obuke pruža realno i interaktivno okruženje za učinkovito učenje [2].

U nastavku nabrojani su i opisani neki konkretni primjeri simulatora koji koriste virtualne likove u svrhu treniranja i obuke. Ovi primjeri pokazuju kako su virtualni likovi integrirani u programska rješenja kako bi se stvorili uvjerljivi i učinkoviti scenariji obuke za hitne situacije.

Razvijen od strane Virtual Heroes, Disaster Hero, sada A Division of ARA je interaktivna online igra dizajnirana za obuku za pripravnost u hitnim situacijama. Uključuje virtualne likove koji vode igrače kroz različite scenarije katastrofa, pomažući im donositi odluke i učiti o reakcijama u hitnim situacijama [24]. Inačice igrice prikazane su na slici 28.



Slika 28: Virtual Heroes, A Division of ARA [24]

Advanced Disaster Management Simulator (ADMS) je simulacijska platforma koja se koristi za obuku hitnih reagiranja na različite scenarije poput požara, incidenata s opasnim tvarima i masovnih nesreća. Uključuje virtualne likove koji oponašaju realno ponašanje ljudi, a sudionici mogu vježbati komunikaciju, donošenje odluka i koordinaciju [40]. Inačica simulatora prikazana je na slici 29.



Slika 29: Advanced Disaster Management Simulator [25]

VirtaMed je aplikacija koja nije isključivo namijenjen hitnim službama no nudi rješenja za simulaciju hitne medicine. Ove simulacije uključuju virtualne pacijente i medicinske scenarije gdje hitne službe mogu vježbati i poboljšavati svoje vještine [41].

Pixo VR je poznat po svojem radu na razvoju iskustava intenzivne obuke putem VR-a, omogućavajući korisnicima da sudjeluju u realističnim simulacijama za različite industrije, uključujući zdravstvo, automobilsku industriju i obranu. Ove aplikacije dizajnirane su kako bi poboljšale učenje, unaprijedile performanse i pružile učinkovitije okoline za obuku [42]. Inačica programa prikazana je na slici 30.



Slika 30: Pixo VR, isječak videa sa [42]

XVR Simulation je aplikacija koja nudi niz rješenja za obuku hitnih službi, uključujući policiju, vatrogasce i medicinske službe. Platforma koristi virtualne likove i scenarije kako bi simulirala incidente, omogućujući hitnim službama vježbanje koordinacije, donošenja odluka i komunikacije [43]. Inačica simulatora prikazana je na slici 31.



Slika 31: XVR simulator, isječak iz [26]

PreparedEx pruža platformu za simulaciju upravljanja krizom namijenjenu organizacijama i timovima hitnih službi. Uključuje virtualne likove, scenarije kriza i alate za komunikaciju kako bi se trenirali i procjenjivali timovi u rješavanju hitnih situacija [44].

VSTEP platforma za hitne slučajeve koristi se za obuku hitnih službi koja koristi realne 3D okoline i virtualne likove kako bi simulirala različite scenarije hitnih situacija. Omogućuje hitnim službama vježbanje vještina poput pretraživanja i spašavanja, upravljanja incidentima i evakuacije unesrećenih [65]. VSTEP platforma prikazana je na slici 32.



Slika 32: VSTEP platforma [65]

MetaMedics sa svojim simulatorom za hitne situacije nudi treniranje s velikim brojem scenarija od hitnih slučajeva, traume, mentalnog zdravlja i mnogih drugih. Također nudi mogućnost predlaganja vlastitih scenarija i izradu istih [45].

4.8. Virtualni radnici u industriji

Postoje različite industrijske situacije u kojima bi virtualni likovi u virtualnoj stvarnosti unutar proširene stvarnosti, mogli pružiti korisne doprinose. Glavni fokus je na obuci i uslugama, posebno u planiranju održavanja i modernizaciji. U ovim primjenama integracija proširene stvarnosti ima potencijal poboljšati učinkovitost rada i smanjiti rizik od pogrešaka, što je korisno kako ekonomski (smanjenje troškova) tako i u smislu dobrobiti radnika (smanjenje stresa).

Osim same obuke zaposlenika koja je detaljno opisana u prethodnom poglavlju, simulacije igraju ključnu ulogu u planiranju novih postupaka i minimiziranju kašnjenja uzrokovanih lošim planiranjem. Tehnike proširene stvarnosti poboljšavaju realizam simulacija, posebno kada su dostupni 3D modeli okoline i komponenata za planiranje. Dok veće tvrtke možda imaju 3D modele za nove pogone, manje tvrtke možda nemaju takve resurse [2].

Još jedan način primjene virtualnih likova u industrijskim djelatnostima je održavanje. Većina radova održavanja odvija se tijekom redovitih inspekcija. One su osmišljene kako bi spriječile katastrofalne kvarove, ali i osigurale pridržavanje sigurnosnih postupaka. Primjerice, curenje plinovoda u kemijskoj

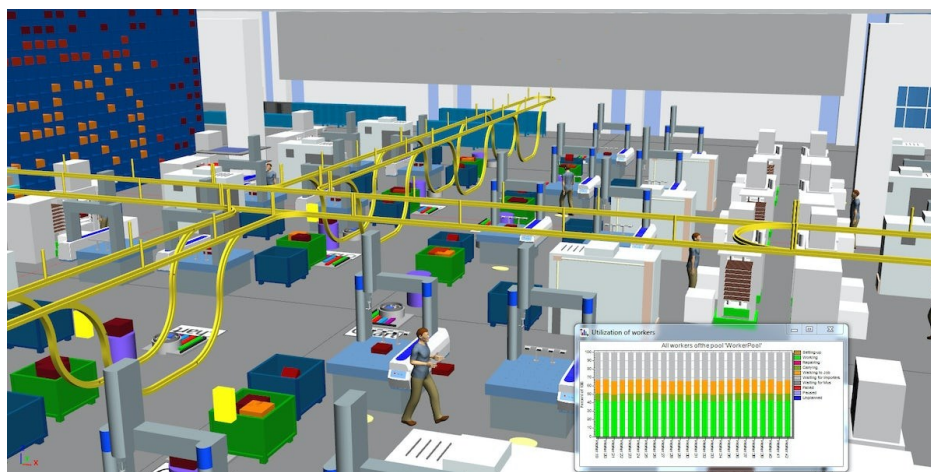
ili elektrani treba izbjeći pod svaku cijenu. Pažljivo planiranje, dokumentacija postupaka održavanja i obuka osoblja stoga su nužni za održavanje visokih sigurnosnih standarda. Kao primjer, projekt STAR cilja na obuku stručnjaka za održavanje hardvera pomoću proširene stvarnosti. Omogućuje polazniku da, koristeći transparentne prikazane naočale, hoda oko stvarnih hardverskih uređaja i vidi virtualnog lika koji pokazuje kako obavljati određene radnje održavanja [58].

Slika 33. ilustrira ovaj pristup: virtualni radnik pokazuje uporabu stroja u kompleksnom industrijskom okruženju. Korisnik sustava proširene stvarnosti može promijeniti gledište u bilo kojem trenutku, a budući da je položaj kamere ispravno registriran s prizorom u stvarnom vremenu, virtualni radnik uvijek je pravilno integriran u prijenosni video.



Slika 33: Treniranje u industrijskim aplikacijama [2]

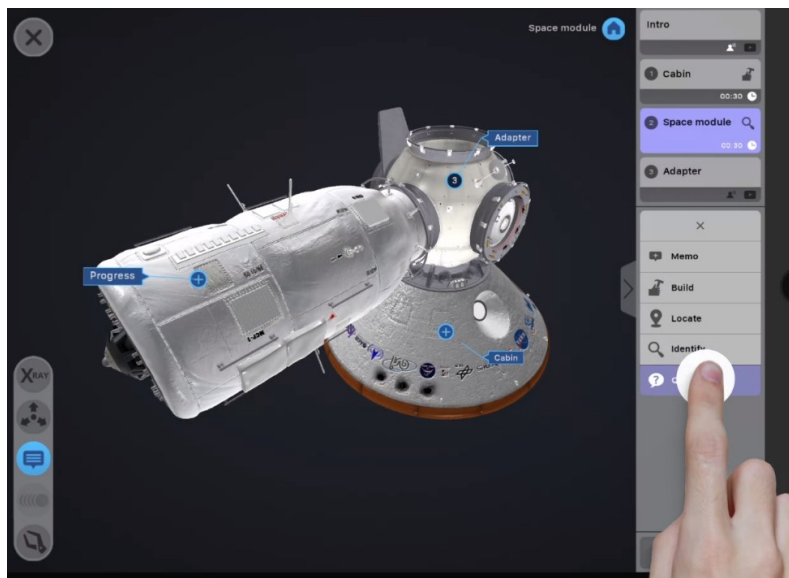
Još jedan od primjera korištenja virtualnih likova unutar industrije, tj. obrazovanja je Siemens Tecnomatix Plant Simulation. Siemens Tecnomatix nudi program Plant Simulation koji uključuje virtualne likove za simulaciju i optimizaciju proizvodnih procesa. Korisnici mogu stvoriti realistične simulacije proizvodnih linija, uključujući ponašanje virtualnih radnika i robota [27]. Inačice programa prikazana je na slici 34.



Slika 34: Siemens Tecnomatix Plant Simulation [27]

Još neki poznatiji primjeri su: Eon Reality, Honeywellov Immersive Field, Virtway, Unity Reflect i HTX Labs koji su ukratko opisani u nastavku.

EON Reality aplikacija pruža rješenja za obuku u virtualnoj stvarnosti za različite industrije, uključujući proizvodnju i održavanje. Nude VR scenarije s interaktivnim virtualnim likovima za praktičnu obuku u sigurnom i kontroliranom okruženju [46]. Primjer aplikacije prikazan je na slici 35.



Slika 35: EON Reality aplikacija, isječak videa sa [46]

Honeywellov Immersive Field Simulator koristi virtualnu stvarnost za stvaranje realnih okruženja za obuku industrijskih operatera te uključuje virtualne likove za simulaciju različitih scenarija i izazova, omogućavajući polaznicima vježbanje donošenja odluka i rješavanje problema [28]. Inačice simulatora prikazana je na slici 36.



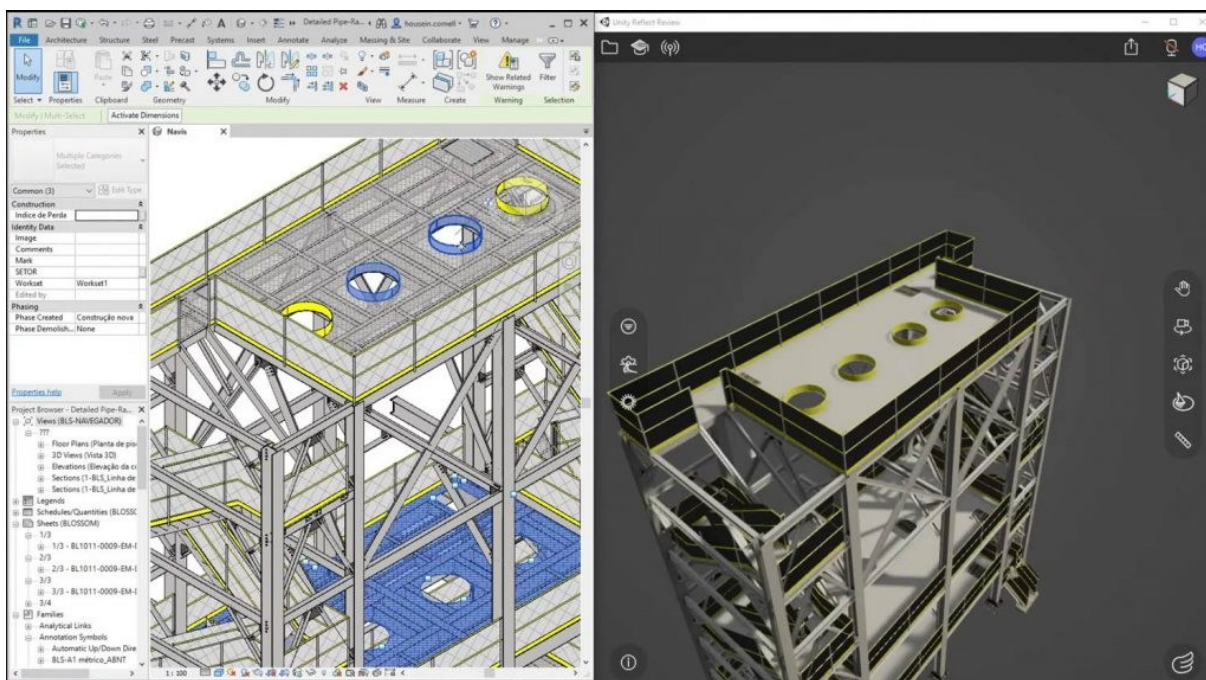
Slika 36: Honeywellov Immersive Field simulator [28]

Virtway je aplikacija koja se specijalizira za stvaranje virtualnih simulacija za obuku u industriji, uključujući proizvodnju i logistiku. Njihova platforma uključuje virtualne likove za simulaciju stvarnih scenarija u svrhu obuke [47]. Primjer aplikacije prikazan je na slici 37.



Slika 37: Virtway aplikacija [47]

Unity Reflect platforma omogućuje stvaranje uzbudljivih iskustava za stručnjake iz AEC sektora (arhitektura, strojarstvo, građevina). Iako nije isključivo usmjerena na industrijsku obuku, može se koristiti za razvoj virtualnih okolina s interaktivnim elementima, uključujući virtualne likove [48]. Primjer aplikacije prikazan je na slici 38.

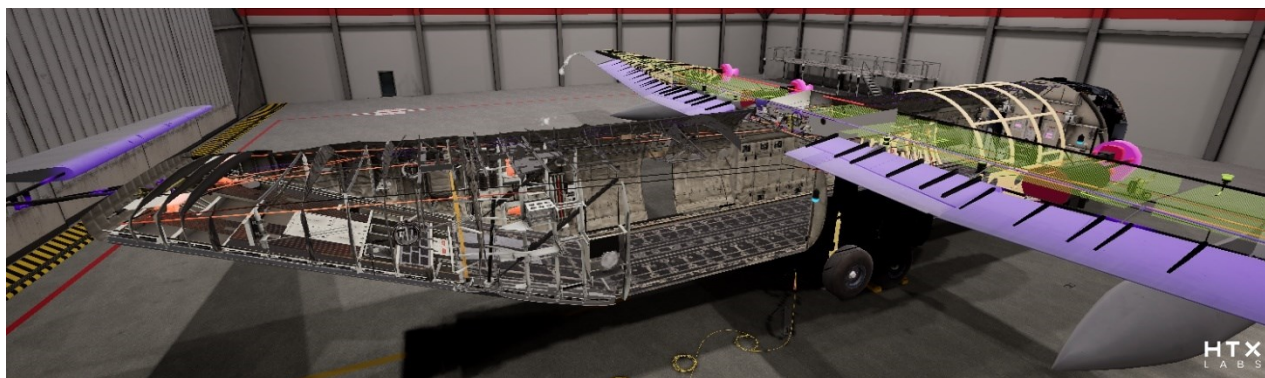


Slika 38: Unity Reflect platforma [64]

HTX Labs pruža platformu EMPACT (*Enhanced Multi-Modal Productivity and Collaboration Trainer*) koja koristi virtualnu stvarnost i proširenu stvarnost za prikazivanje scenarija s virtualnim likovima kako bi poboljšao iskustvo obuke u različitim sektorima industrije [49]. Jedan od mogućih scenarija je vezan uz zrakoplovstvo što se može vidjeti na slikama 39. i 40.



Slika 39: HTX Labs, prikaz kabine zrakoplova [49]



Slika 40: HTX Labs, prikaz zrakoplova [49]

4.9. Istraživanja

Primjena virtualnih likova u istraživanju i razvoju obuhvaća različite domene, pridonoseći proučavanju ljudskog ponašanja, spoznaje i interakcije.

Virtualni likovi koriste se za proučavanje korisničkih iskustava u digitalnim okruženjima gdje istraživači analiziraju integraciju pojedinca s virtualnim likovima u aplikacijama, internetskim stranicama i simulacijama. Također igraju ulogu u studijama uporabljivosti, pomažući istraživačima procijeniti učinkovitost i učinkovitost interaktivnih sustava pružaju dinamički element za evaluaciju korisničkih sučelja i navigacije. Još jedna popularna uporaba virtualnih likova u području testiranja uporabljivosti je njihova zamjena za žive ljude prilikom testiranja sigurnosti određenih stvari poput sigurnosti automobila prilikom sudara. Koriste se u eksperimentima koji istražuju zadržavanje pamćenja i procese učenja. Integriraju se u eksperimente donošenja odluka kako bi se promatrali i analizirali izbori, preferencije i strategije donositelja odluka.

Virtualni likovi koriste se i za istraživanje socijalnih ponašanja, normi i dinamike grupa gdje istraživači proučavaju kako pojedinci komuniciraju s virtualnim likovima u simuliranim socijalnim situacijama kako bi bolje razumjeli socijalne fenomene u stvarnom svijetu. Jedan dio istraživanja socijalnih situacija čini i istraživanje komunikacije gdje pojedinci komuniciraju s virtualnim likovima te se na taj način procjenjuju čimbenici poput jezične uporabe, neverbalnih znakova i dinamike odgovora. Virtualni likovi programiraju se da prikazuju određene emocije, a istraživači proučavaju kako pojedinci prepoznaju i

reagiraju na ove emocionalne znakove. Ovo istraživanje informira razvoj virtualnih agenata s emocionalnom inteligencijom. Također su dizajnirani kako bi izrazili empatiju i suosjećanje čiji utjecaj proučavaju neki stručnjaci. Koriste se i za provođenje kontroliranih eksperimenata u psihologiji. Istraživači manipuliraju varijablama povezanim s ponašanjem virtualnih likova kako bi razumjeli njihov utjecaj na reakcije i odluke sudionika. Virtualni likovi doprinose studijama koje istražuju vizualnu percepciju i pažnju gdje se proučava kako korisnici pridjeljuju pažnju različitim elementima unutar virtualnih okruženja. Kako su opremljeni sposobnostima razumijevanja prirodnog jezika, neki stručnjaci bave se istraživanjem područja obrade prirodnog jezika proučavanjem ljudske interakcije s virtualnim likovima kako bi poboljšali algoritme obrade prirodnog jezika i povećali učinkovitost jezikom vođenih sučelja. Jedna od vrlo popularnih uloga koju virtualni ljudi imaju u istraživanju je ta da služe kao prototipovi humanoidnih robota u HRI istraživanju. Istraživači proučavaju odgovore korisnika na virtualne agente ljudskog izgleda kako bi informirali dizajn i ponašanje fizičkih robota [50].

4.10. Marketing

Virtualni likovi igraju značajnu ulogu u marketingu poboljšavajući angažman brenda, pružajući interaktivna iskustva i personalizirajući interakcije s kupcima. Primjer je Progressive Insurance koji koristi Flo, virtualnog lika i glasnogovornika brenda, u marketinškim kampanjama. Flo komunicira s kupcima u reklamama, na društvenim mrežama i putem web stranice Progressive, stvarajući pamtljiv i dosljedan brend [51].

Još jedan primjer korištenja virtualnih likova u marketingu su virtualni „influenceri“. Lil Miquela je virtualni influencer generiran računalom, prikazan na slici 41.. Lil Miquela, jedno od stvaranja tvrtke Brud, danas je najpoznatiji virtualni influencer s 1,6 milijuna pratitelja na Instagramu i ona je stroj za neprekidno stvaranja novaca. Pije svoju jutarnju kavu u svom omiljenom kafiću, ide do svoje omiljene knjižare sa svojom omiljenom torbom u ruci, slika selfieje na svom omiljenom Samsung Galaxy S10 u odjeći svojih omiljenih modnih marki. Debitira u kontroverznim oglasima s Calvin Kleinom i vodi vlastitu modnu i robnu liniju uz to. Ona je sposobna stvarati sadržaja 24 sata dnevno (i čak i izvan toga ako uzmemo u obzir kapacitet cijelog tima) na više geografskih lokacija istovremeno. Bez starenja (uvijek ima 19 godina) i bez bolesti, ona je san svake marketinške agencije. Brendovi surađuju s Lil Miquelom kako bi promovirali proizvode i stupili u interakciju s mladom, digitalno osviještenom publikom. Slično tradicionalnim influencerima, virtualni influenceri ciljaju privući veliki broj pratitelja na društvenim mrežama i imaju moć utjecati na ponašanje kupnje preporukama. Ključna razlika je ta što iza računa virtualnog influencera radi cijeli tim računalnih grafika, pripovjedača, stručnjaka za društvene medije i menadžera partnerstava koji marljivo rade na postizanju tog cilja [52].



Slika 41: Lil Miquel: virtualni influencer [29]

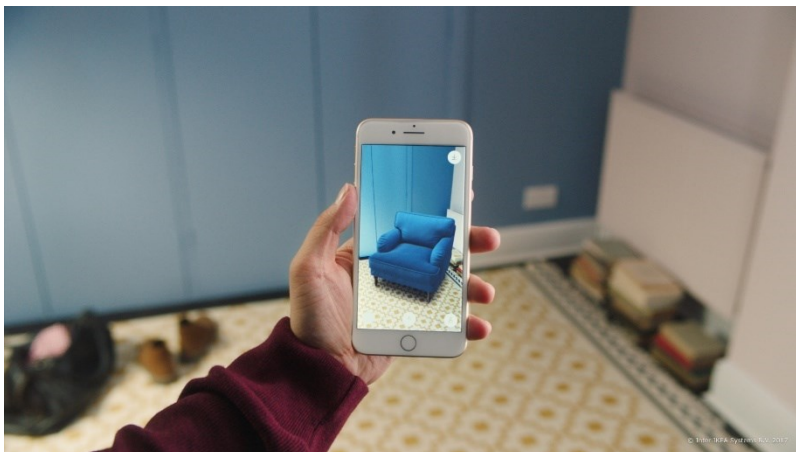
Osobni identitet, način života, izgled, misli i postupci virtualnog influencera svi su dio pažljivo promišljene priče s ciljem da rezonira s publikom i donese stvarni prihod njegovim tvorcima.

Još jedan primjer su interaktivni chatbotovi. Jedan primjer toga je Mitsuku. Mitsuku je napredni chatbot koji sudjeluje u prirodnim razgovorima. Brendovi integriraju chatbotove na web stranice i platforme za razmjenu poruka kako bi pružili trenutačnu podršku kupcima, preporučivali proizvode i prikupljali povratne informacije kupaca [30]. Njen izgled prikazani su na slici 42.



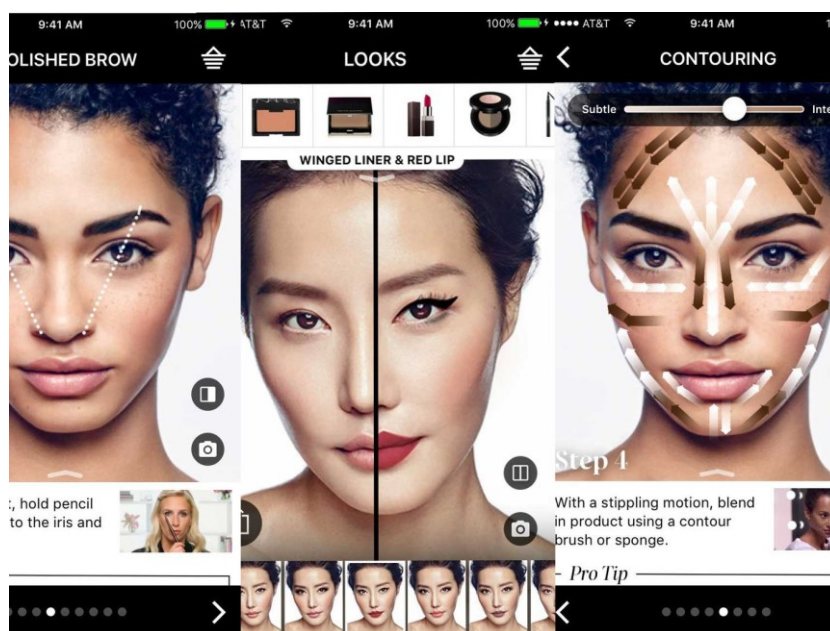
Slika 42: Mitsuku,, napredni chatbotom [30]

Još jedan primjer korištenja virtualnih likova u sklopu marketinga, iako ne čovjekolikih u ovom slučaju je IKEA sa svojom IKEA Place aplikacijom. IKEA-ina aplikacija Place koristi AR omogućujući korisnicima vizualizaciju namještaja u njihovim domovima prije kupnje. Virtualni namještaj preklapa se na stvarni svijet putem kamere pametnog telefona, poboljšavajući iskustvo kupnje. Primjer korištenja aplikacije prikazan je na slici 43. Iako se ne radi o virtualnom čovjeku, ovaj primjer je važan za spomenuti.



Slika 43: Primjer korištenja IKEA place aplikacije [31]

Još jedan primjer je Sephorin Virtual Artist koji omogućava korisnicima virtualno isprobavanje različitih šminaka kao što je pokazano na slici 44.. Kupci mogu vidjeti kako proizvodi izgledaju na njihovim licima putem proširene stvarnosti, olakšavajući samopouzdanje online kupovine.



Slika 44: Sephorin Virtual Artist [53]

Još jedan od primjera je Fortnite, popularna online igra koja je organizirala virtualne koncerte s pravim umjetnicima unutar svojeg virtualnog svijeta. Ti događaji privukli su milijune igrača, pružajući jedinstvenu marketinšku mogućnost kako za igru, tako i za umjetnike uključene.

Iako svi nemaju virtualni tijelo, neki od primjera koje je dobro spomenuti su: The North Face AI i McDonald's Monopoly. The North Face implementirao je AI virtualnog osobnog asistenta za kupovinu

koji pomaže kupcima da pronađu odgovarajuću opremu za boravak na otvorenom. Koristi obradu prirodnog jezika za razumijevanje preferencija kupaca i pružanje personaliziranih preporuka proizvoda. McDonald's Monopoly igra primjer je korištenja igre u marketingu. Iako nije potpuno virtualna, likovi i elementi u igri digitalizirani su, uključujući kupce i postižući ponovne posjete za prikupljanje igračkih komada.

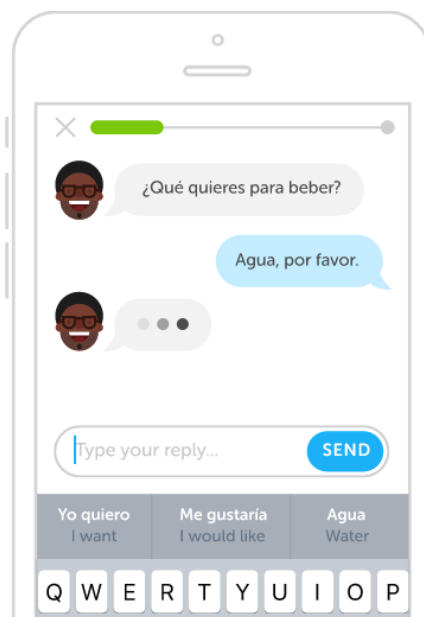
Društvene mreže su se također prilagodile trendu korištenja virtualnih likova. Najbolji primjer tome je Snapchat sa svojim filterima. Snapchat je postigao veliku popularnost svojim filterima koji se prilagođavaju na korisnikovo lice. Razni brendovi koriste Snapchat filtere i leće kako bi stvorili interaktivna i djeljiva iskustva. Korisnici mogu sudjelovati s virtualnim elementima poput logotipa ili likova, poboljšavajući vidljivost brenda. Osim toga, danas mnoge aplikacije i tvrtke poput Samsunga nude korisnicima izradu vlastitog 3D avatara. Taj virtualni lik se koristi u svrhu zabave i razgovora za bolje prenošenje emocija prilikom slanja poruke, čestitke ili slično.

4.11. E-učenje

Virtualni ljudi imaju značajnu ulogu u e-učenju, unapređujući obrazovno iskustvo kroz interaktivne simulacije i personalizaciju.

Jedan primjer je Squirrel AI, odnosno potpomognuti sustav prilagodljivog učenja koji koristi virtualne instruktore kako bi pružio personalizirane lekcije studentima. Virtualni instruktori analiziraju individualne obrasce učenja i prilagođavaju nastavni plan kako bi zadovoljili specifične potrebe svakog učenika. Još jedan primjer su medicinske simulacije koje su već opisane u poglavlju primjena virtualnih likova treniranju [54].

Iako bez tijela, chatbovi koji su i dalje virtualni likovi znatno doprinose e-učenju. Jedan od primjera je Duolingo, platforma za učenje jezika koja koristi virtualne chatbotove kako bi korisnici vježbali komunikaciju. Učenici mogu komunicirati s ovim virtualnim likovima kako bi poboljšali svoje jezične vještine, dobili povratne informacije i unaprijedili izgovor. Primjer razgovora s chatbotom prikazan je na slici 45.



Slika 45: Duolingo chatbot [61]

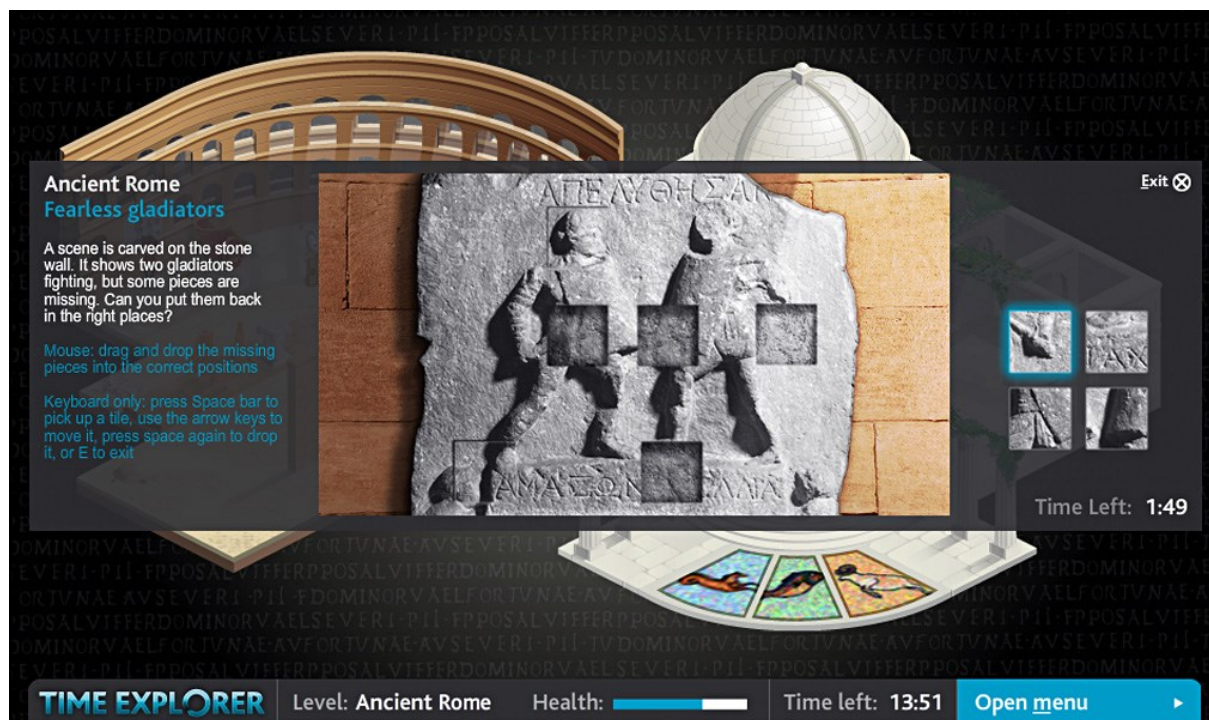
Još jedan od primjera je VirtualSpeech koji koristi virtualnu stvarnost (VR) za pružanje treninga mekih vještina, prikazan na slici 46. Ovaj primjer e-učenja je bolje opisan pod primjenom virtualnih likova u medicini. Korisnici komuniciraju s virtualnim ljudima kako bi vježbali javni nastup, razgovore za posao i komunikacijske vještine u različitim scenarijima te dobivaju povratne informacije za poboljšanje [32].



Slika 46: VirtualSpeech [32]

Još neki primjeri su navedeni u nastavku.

Aplikacija Time Explorer je aplikacija koja integrira virtualne likove kako bi korisnicima pružila uronjenost u povijesne događaje. Učenici mogu istraživati različita razdoblja, komunicirati s povijesnim ličnostima i bolje razumjeti kulturne kontekste [55]. Primjer aplikacije prikazan je na slici 47.



Slika 47: Time Explorer aplikacija [62]

STRIVR je aplikacija koja pruža rješenja za korporativni trening, uključujući virtualne trenere za razvoj zaposlenika. Virtualni treneri vode korisnike kroz scenarije relevantne za njihove uloge, omogućujući praktično vježbanje i poboljšanje vještina [56]. Primjer korištenja aplikacije i aplikacija u pozadini prikazani su na slici 48.



Slika 48: STRIVR aplikacija [63]

Ava Accessibility Assistant je virtualni asistent dizajniran za pružanje podrške pristupačnosti učenicima s invaliditetom. Koristi AI za pružanje titlova u stvarnom vremenu, prevođenje jezika i olakšavanje komunikacije, čineći obrazovni sadržaj inkluzivnim [57].

CodeCombat je aplikacija koji koristi virtualne likove i igre za podučavanje kodiranja i programiranja. Korisnici sudjeluju u igračkom okruženju, rješavajući izazove programiranja i komunicirajući s virtualnim saveznicima i protivnicima kako bi naučili programske koncepte [33]. Sučelje te aplikacije je prikazano na slici 49.



Slika 49: Code Combat [33]

VirBELA je aplikacija koja stvara virtualna suradnička okruženja za online obrazovanje. Studenti i nastavnici mogu međusobno djelovati putem avatara u virtualnim učionicama, olakšavajući rasprave, grupne aktivnosti i osjećaj prisutnosti [34]. Aplikacija je prikazana na slici 50.



Slika 50: VirBELA, isječak iz [34]

Virtualni likovi unaprjeđuju e-učenje pružanjem personaliziranih, interaktivnih i uronjenih obrazovnih iskustava u različitim područjima. Kako tehnologija nastavlja napredovati, integracija virtualnih likova u e-učenje vjerojatno će se proširiti, nudeći inovativna i učinkovita rješenja za učenje.

4.12. Izrada virtualnih likova uz pomoć umjetne inteligencije

Osim primjene umjetne inteligencije kao dio virtualnog lika, ona se danas može koristiti za generiranje virtualnih likova. Današnja tehnologija nam omogućuje da pomoću umjetne inteligencije generiramo virtualne likove te se uglavnom koriste na principa generiranja virtualnih likova pomoću umjetne inteligencije. Prvi princip je unos detaljnog opisa lika kojeg AI analizira i na temelju tog opisa generira virtualni lik. Drugi princip, vjerojatno lakši je generiranje virtualnog lika na temelju slike. Korisnik odabire sliku koju AI zatim analizira i na temelju strukture lica i detalja slike generira virtualni lik. Na taj način se stvaranje virtualnih likova znatno olakšava smanjujući potrebe za modeliranjem.

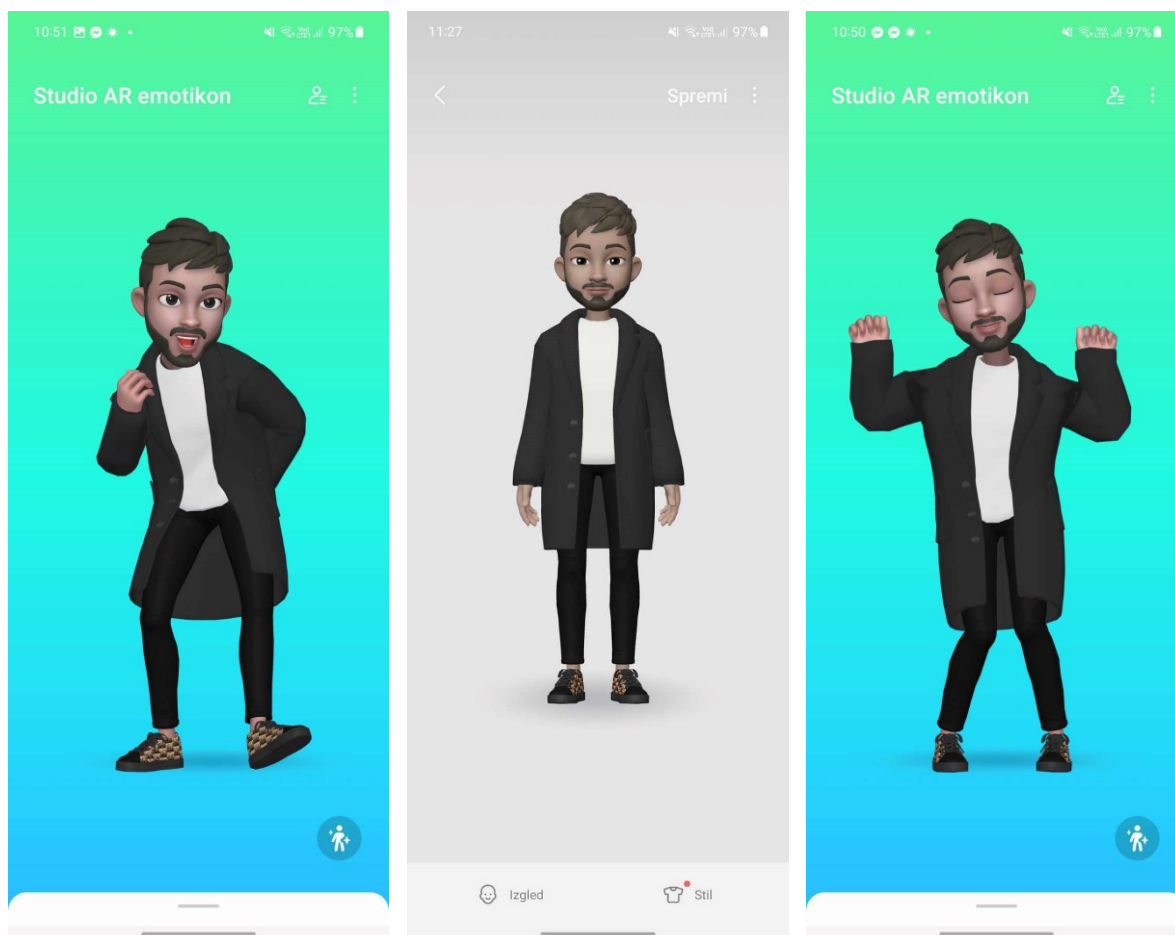
Jedan primjer korištenja umjetne inteligencije za generiranje virtualnih likova je Samsung AR zona dostupna svim korisnicima Samsunga. Ona nudi generiranje virtualnog lika na temelju slike i naknadnu personalizaciju lika. Virtualni lik nastao na ovaj način je animiran i može se koristiti na mnoge načine u kategoriji zabave poput slikanja s virtualnim likom, slanja poruka pomoću njega, generiranja različitih scenarija / slika itd. Slika 51. prikazuje primjer vlastitog avatara, tj. generiranog virtualnog lika na temelju moje slike.

Postoji mnogo besplatnih alata za generiranje virtualnih likova poput HeyGen koji pruža mogućnost odabira ili kreiranja virtualnih likova koji se zatim animirani po vlastoručnom audiozapisu ili putem teksta napisanog od strane korisnika. Još jedan primjer je Artguru koji pomoću umjetne inteligencije na temelju opisa korisnika generira virtualne likove. Artguru daje mogućnost korisniku da upiše opis na temelju čega putem umjetne inteligencije generira sliku. Dva primjera slika koje sam generirao su slike 52. i 53. Sliku 52. sam dobio kao odgovor na opis: „Morski pas koji lovi ribu s djevojkom“, a sliku 53. kao odgovor na opis: „Westy terijer u Superman odijelu“.

Još jedan, meni osobno drag primjer je aplikacija Photoleap koja nudi mogućnost generiranja raznih likova po odabiru korisnika i na temelju priložene slike. Kao primjer priložene su slike 54. i 55. generirane unutar aplikacije. Slika 54. sastoji se od dvije slike od kojih je jedna anime verzija mene i mog psa, druga anime verzija mene, a slika 55. prikazuje virtualnog učitelja koji je generiran na temelju moje slike.

Ready Player Me nudi izradu vlastitog avatara koji se može kasnije uklopiti u velik broj video igrica. Korisnik može raditi svoj avatar ručno, odnosno može odabrati stil kose, boju kose, boju očiju itd. Kao lakši način kreiranja avatara, ova aplikacija nudi generiranje avatara za video igre pomoću umjetne inteligencije. Jedna od opcija prilikom kreiranja avatara je generiranje putem slike. Korisnik učitava sliku, a umjetna inteligencija radi sve umjesto njega. Kao primjer, priložena je slika 56 koja prikazuje generirane avatara na temelju slika (redom): glumca Ryan Reynolds-a , glumice Sandre Bullock slika 57. koja prikazuje avatara generiranog pomoću moje slike.

Iako je ovdje opisano samo par primjera, ima mnogo aplikacija danas koje koriste umjetnu inteligenciju za stvaranje virtualnih likova.



Slika 51: Vlastiti virtualni lik u Samsung AR zoni



Slika 52: Morski pas u ribolovu s djevojkom



Slika 53: Westy terijer u Superman odijelu



Slika 54: Anime verzije mene i mog psa (s lijeve strane) i mene samog (s desne strane)



Slika 55: Virtualni lik učitelja generiran na temelju moje slike



Slika 56: Avatari glumca Ryan Reynoldsa i glumice Sandre Bullock generirani pomoću Ready Player Me



Slika 57: Vlastiti avatar generiran pomoću Ready Player Me

5. Zaključak

U zaključku, virtualni likovi predstavljaju transformirajuću silu u različitim područjima i aplikacijama. Od zabave i igara do medicine, obrazovanja, marketinga i dalje, ovi digitalni entiteti pokazali su svoju svestranost i utjecaj. Virtualni likovi poboljšavaju korisničko iskustvo, olakšavaju učenje, uključuju publiku i doprinose terapijskim intervencijama. Očekuje se da će neprestano napredovanje umjetne inteligencije, računalne grafike i tehnologija virtualne stvarnosti potaknuti daljnje napretke u primjeni virtualnih likova.

S razvojem tehnologije možemo očekivati još realističnije i interaktivnije virtualne likove, gurajući granice onoga što je moguće u smislu interakcije između čovjeka i računala. Rastuća integracija virtualnih likova u različite aspekte naših života naglašava njihov potencijal da revolucioniraju način na koji se zabavljamo, obrazujemo i komuniciramo.

Prije početka pisanja rada mogao sam nabrojati par primjena virtualnih likova, ali ne sve koje su nabrojane u ovom radu. Istraživanjem virtualnih likova, vidim da je moja premisa da su široko-korišteni, osobito s razvojem tehnologije točna. Najviše pažnje mi je uzela primjena virtualnih likova u svrhe treniranja u industrijama i treniranje hitnih službi. Iako sam pretpostavljao da se virtualni likovi koriste u tom području, nisam mislio da se koriste tako puno. Simulatori za treniranje u hitnim slučajevima ili katastrofama su nešto što smatram da nedostaje u većini hrvatskih tvrtki i hitnih službi. Ovaj način edukacije je nova razina edukacije ljudi gdje im je omogućena suradnja s virtualnim likovima i učenja na njima kako bi unaprijedili svoje znanje.

U konačnici, primjena virtualnih likova rezultira pozitivno bilo da se radi o zabavi ili obuci tj. shvaćanju određenih situacija i postupaka u tim situacijama.

6. Literatura

- [1] D. Burden i M. Savin-Baden, *Virtual Humans Today and Tomorrow*, Boca Raton: Chapman and Hall/CRC Press, 2019.
- [2] N. Magnenat-Thalmann i D. Thalmann, *Handbook of Virtual Humans*, Chichester: Wiley, 2004.
- [3] N. Magnenat-Thalmann, L. C. Jain i N. Ichalkaranje, *New Advances in Virtual Humans: Artificial Intelligence Environment*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
- [4] M. Holenko Dlab, *Modeliranje virtualnih likova: Skripta za predmet "3D računalno modeliranje"*, Rijeka, 2023.
- [5] Mubi, »ADAM POWERS, THE JUGGLER,« [Mrežno]. Available: <https://mubi.com/en/hr/films/adam-powers-the-juggler>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [6] »Youtube,« 06 12 2018. [Mrežno]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=ET-4KBvtjMA>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [7] N. Magnenat-Thalmann i D. Thalmann, »The Direction of Synthetic Actors in the Film Rendez-Vous a Montreal,« *IEEE Computer Graphics and Applications*, 1987.
- [8] L. Milici, »James Cameron fan-favorite movie The Abyss is headed back to theaters in 4K,« 13 11 2023. [Mrežno]. Available: <https://www.gamesradar.com/james-cameron-the-abyss-4k-theatrical-release/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [9] xTimelessGaming, »Tomb Raider: Legend PS2 Gameplay HD (PCSX2),« Youtube, 11 04 2006. [Mrežno]. Available: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=acyBXP6o5e8>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [10] »The Sims Wiki,« [Mrežno]. Available: [https://sims.fandom.com/wiki/Fame_\(career\)](https://sims.fandom.com/wiki/Fame_(career)). [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [11] J. Gould-Wilson, »Everything new in The Sims 4: Growing Together expansion and free update,« gamesradar, 03 03 2023. [Mrežno]. Available: <https://www.gamesradar.com/the-sims-4-growing-together-vs-free-update/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [12] A. West, »Up's "bizarre" original story has been revealed,« digitalspy, 19 04 2021. [Mrežno]. Available: <https://www.digitalspy.com/movies/a36164002/up-original-story-revealed-disney-pixar/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [13] T. Tharp, Artist, *The Catherine Wheel*. [Art]. 1983.
- [14] »Anannova,« Wikipedia, [Mrežno]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ananova>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].

- [15] »GigXR and Elsevier unveil expanded remote features for their HoloHuman 3D immersive anatomy app,« *immersivelearning*, 08 10 2021. [Mrežno]. Available: <https://www.immersivelearning.news/2021/10/08/gigxr-and-elsevier-unveil-expanded-remote-features-for-their-holohuman-3d-immersive-anatomy-app/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [16] UAB, »Kognito for Students,« UAB Cares, [Mrežno]. Available: <https://www.uab.edu/uabcare/kognito>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [17] M. T. Karas, »Training Surgeons, Osso VR Surgical Training Platform,« *TIME*, 10 11 2022. [Mrežno]. Available: <https://time.com/collection/best-inventions-2022/6230550/osso-vr-surgical-training-platform/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [18] simX, »Virtual Reality Medical Simulation,« [Mrežno]. Available: <https://www.simxvr.com>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [19] C. Daily, »A 360-degree virtual tour of Terracotta Army,« 16 03 2020. [Mrežno]. Available: <https://govt.chinadaily.com.cn/s/202003/16/WS5e6f0d45498ea01b9aea1a30/a-360-degree-virtual-tour-of-terracotta-army.html>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [20] H. Romano, »8 VIRTUAL REALITY ARTISTS WHO USE THE WORLD AS THEIR CANVAS,« *kblog*, 22 03 2018. [Mrežno]. Available: <https://blog.kadenze.com/creative-technology/8-virtual-reality-artists-who-use-the-world-as-their-canvas/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [21] MIRALab, »Welcome To MIRALab, Where research means creativity,« [Mrežno]. Available: <https://www.miralab.ch>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [22] I. V. R. H. Association, »New Virtual Reality Training from Health Scholars and the American Academy of Pediatrics Aims to Help EMS Save Children's Lives,« [Mrežno]. Available: <https://ivrha.org/new-virtual-reality-training-from-health-scholars-and-the-american-academy-of-pediatrics-aims-to-help-ems-save-childrens-lives/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [23] R. Lovreglio, X. Duan, A. Rahouti, R. A. Phipps i D. Nilsson, »Comparing the Effectiveness of Fire Extinguisher Virtual Reality and Video Training,« *Virtual Reality*, svez. 25, pp. 133-145, 2020.
- [24] V. Heroes, »HIGH-PERFORMANCE SIMULATIONS FOR HIGH-STAKES TRAINING,« [Mrežno]. Available: <https://virtualheroes.com>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [25] A. Albar, »Toward A Successful Engagement and Use of Educational Video Games,« u *The International Conference on the Art of Engaging People*, Montana State University (MSU), Bozeman, MT USA, 2024.
- [26] X. SIMULATION, »XVR On Scene,« Youtube, 10 07 2015. [Mrežno]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=d0g9pOnRCXo>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].

- [27] SIEMENS, »Tecnomatix Plant Simulation Student Software,« [Mrežno]. Available: <https://resources.sw.siemens.com/en-US/download-tecnomatix-plant-simulation-student-software>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [28] N. Chew, »Honeywell Enhances Immersive Field Simulator,« Asia Downstream Insights, 13 06 2022. [Mrežno]. Available: <https://asiandownstreaminsights.com/digitalisation/honeywell-enhances-immersive-field-simulator/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [29] M. Katz, »CGI 'Influencers' Like Lil Miquela Are About to Flood Your Feeds,« WIRED, 01 05 2018. [Mrežno]. Available: <https://www.wired.com/story/lil-miquela-digital-humans/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [30] J. Link, »How Human Can You Make a Chatbot? You'd Be Surprised,« built in, 09 06 2020. [Mrežno]. Available: <https://builtin.com/design-ux/chatbot-turing-test-mitsuku-pandorabots>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [31] I. Lunden, »IKEA Place, the retailer's first ARKit app, creates lifelike pictures of furniture in your home,« techcrunch, 12 09 2017. [Mrežno]. Available: https://techcrunch.com/2017/09/12/ikea-place-the-retailers-first-arkit-app-creates-lifelike-pictures-of-furniture-in-your-home/?guccounter=1&guce_referrer=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlLmNvbS8&guce_referrer_sig=AQAAAGqlBc2FVVQ3i0sprrnty16UUT0Hdfm3HCU-763Jzchqd6. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [32] S. Thompson, »How VR can Improve your Public Speaking Skills,« VirtualSpeech, 13 07 2023. [Mrežno]. Available: <https://virtualspeech.com/blog/using-vr-to-improve-public-speaking-skills>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [33] D. Love, »Learn to Code Online – Making Waves with Code Combat,« The DigiTeacher, 09 04 2018. [Mrežno]. Available: <https://digiteacher.wordpress.com/2018/04/09/learn-to-code-online-making-waves-with-code-combat/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [34] Virbela, »What is Virbela?,« Youtube, 16 06 2023. [Mrežno]. Available: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=jKZZXU-iba8>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [35] N. Magnenat-Thalmann i Z. Kasap, »Virtual Humans in Serious Games,« u *International Conference on CyberWorlds*, Bradford, UK, 2009.
- [36] S. Cress, »The Future of CGI and Virtual Cartoon Characters: A Glimpse into the Digital Frontier,« toonsmag, 12 2023. [Mrežno]. Available: <https://www.toonsmag.com/future-of-cgi-and-virtual-cartoon-characters/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [37] N. S. Foundation, »Animated 3-D Boosts Deaf Education; "Andy" The Avatar Interprets By Signing,« 13 03 2001. [Mrežno]. Available: <https://www.sciencedaily.com/releases/2001/03/010307071110.htm>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].

- [38] K. J. Johnsen, R. F. Dickerson, A. Raij, B. Lok, J. Jackson, M. Shin, J. Hernandez, A. Stevens i D. . S. Lind, »Experiences in Using Immersive Virtual Characters to Educate Medical Communication Skills,« u *Virtual Reality*, Bonn, 2005.
- [39] Virti, »Virti,« [Mrežno]. Available: <https://www.virti.com>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [40] E. Simulation, »ADMS,« [Mrežno]. Available: <https://www.etcsimulation.com>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [41] VirtaMed, »VirtaMed,« [Mrežno]. Available: <https://www.virtamed.com/en>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [42] PIXO, »PIXO,« [Mrežno]. Available: <https://pixovr.com/vr-training-categories/workplace-emergency-training/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [43] L. Group, »XVR simulation,« [Mrežno]. Available: <https://www.xvrsim.com/en/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [44] PreparedEX, »WHAT WE DO BEST,« [Mrežno]. Available: <https://preparedex.com/services/#exercises>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [45] MetaMedics, »Emergency Simulations in VR,« [Mrežno]. Available: <https://metamedicsvr.com/emergency-simulations/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [46] E. r. w. I. AI, »Learn & Train,« [Mrežno]. Available: <http://new.eonreality.com>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [47] virtway, »Your Enterprise Metaverse, Made Easy,« [Mrežno]. Available: <https://virtway.com>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [48] Unity, »Unity Reflect,« [Mrežno]. Available: <https://unity.com/products/unity-reflect>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [49] H. Labs, »Accelerating the Future od Learning,« [Mrežno]. Available: <https://www.htxlabs.com>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [50] S. Park i R. Catrambone, »Social Responses to Virtual Humans: The Effect of Human-Like Characteristics,« *Computing and Artificial Intelligence*, svez. 11, br. 16, 2021.
- [51] V. Molin i S. Nordgren, »Robot or Human? – The Marketing Phenomenon of Virtual Influencers,« 05 06 2019. [Mrežno]. Available: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1334486/FULLTEXT01.pdf>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [52] Boyar, »Virtual Humans on Social Media—It’s a Thing,« 07 08 2019. [Mrežno]. Available: <https://bettermarketing.pub/virtual-humans-on-social-media-looking-beyond-the-wow-factor-97b221ff5f90>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [53] A. Carman, »Sephora’s latest app update lets you try virtual makeup on at home with AR,« the verge, 16 03 2017. [Mrežno]. Available:

- <https://www.theverge.com/2017/3/16/14946086/sephora-virtual-assistant-ios-app-update-ar-makeup>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [54] S. AI, »There is nothing near and far that can be neighbors,« [Mrežno]. Available: <https://squirrelai.com/#/mobile>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [55] AppAdvice, [Mrežno]. Available: <https://appadvice.com/app/time-explorers/1007173513>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [56] STRIVR, »STRIVR,« [Mrežno]. Available: <https://www.strivr.com>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [57] ava, »ava,« [Mrežno]. Available: <https://www.ava.me>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [58] L. Vacchetti, V. Lepetit, G. Papagiannakis, M. Ponder, P. Fua, D. Thalmann i N. Magnenat Thalmann, »Stable Real-Time Interaction Between Virtual Humans And Real Scenes,« u *4th International Conference on 3D Digital Imaging and Modeling*, Banff, Canada, 2003.
- [59] . I. Pandžić, T. Pejša, K. Matković, . H. Benko, A. Čereković i . M. Matijašević, Interaktivna 3D grafika i njene primjene, Zagreb: Element, 2011.
- [60] »ASOS introduces virtual reality models, changes online shopping forever,« Fashion Journal, 01 07 2019. [Mrežno]. Available: <https://fashionjournal.com.au/fashion/asos-introduces-virtual-reality-models-changes-online-shopping-forever/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [61] F. Lardinois, »Duolingo's chatbots help you learn a new language,« TECHCRUNCH, 06 10 2016. [Mrežno]. Available: <https://techcrunch.com/2016/10/06/duolingos-chatbots-help-you-learn-a-new-language/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [62] »Time Explorer Game,« my poor brain, [Mrežno]. Available: <https://mypoorbrain.com/project/timeexplorer/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [63] D. LEUNG, »STRIVR Labs Raises \$5 Million In New Funding To Expand VR Training To Enterprise Customers,« Sports Business Journal, 14 12 2016. [Mrežno]. Available: <https://www.sportsbusinessjournal.com/Daily/Issues/2016/12/14/Technology/strivr-labs-raises-million-new-funding-expand-vr-training-enterprise-customers.aspx>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [64] G. Corke, »Unity Reflect Review and Unity Reflect Develop launch,« AEC Magazine, 23 04 2021. [Mrežno]. Available: <https://aecmag.com/vr-mr/unity-reflect-review-and-unity-reflect-develop-launch-revit-rhino-bim360-sketchup/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [65] VSTEP, »Response Simulator,« [Mrežno]. Available: <https://www.vstepsimulation.com/response-simulator/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].
- [66] B. Crecente, »Your Guide to 'Red Dead Redemption 2',« variety, 26 10 2018. [Mrežno]. Available: <https://variety.com/2018/gaming/features/red-dead-redemption-2-1202994341/>. [Pokušaj pristupa 01 02 2024].

7. Popis slika

Slika 1: Različite razine realizma virtualnih likova [59]	2
Slika 2: Elementi virtualnog lika prema [1]	3
Slika 3: Reprezentacija glave i lica autora Fred Parke 1974. godine [2]	6
Slika 4: Adam Powers, The Juggler [5]	7
Slika 5: Dream Flight 1982. godine, isječak filma iz [6]	7
Slika 6: Virtualna Marilyn Monroe u filmu "Rendez-vous in Montreal" 1987. godine [7]	8
Slika 7: Scena iz filma "The Abyss" [8]	9
Slika 8: Elementi virtualnog lika kod modeliranja prema [1]	10
Slika 9: Prikaz lika Lara Croft iz igrice Tomb Raider (PS2 verzija), isječak iz [9]	17
Slika 10: Isječak igrice The Sims (1) [10]	18
Slika 11: Isječak iz igrice The Sims 4 [11]	18
Slika 12: Red Dead Redemption 2 [66]	19
Slika 13: Isječak iz animiranog filma Nebesa (eng. Up) [12]	20
Slika 14: „The Catherine Wheel“, isječak iz [13]	21
Slika 15: Ananova, prvi virtualni voditelj vijesti u svijetu [14]	22
Slika 16: Osso VR [17]	23
Slika 17: SimX [18]	24
Slika 18: Proučavanje ljudske anatomije stvarnosti pomoću aplikacije HoloHumans [15]	25
Slika 19: Kognito [16]	26
Slika 20: Virtualna tura Terracott vojske [19]	27
Slika 21: Bilježenje pokreta za Namaz molitvu [2]	27
Slika 22: Oživljavanje života na Pompeii-ima [2]	28
Slika 23: Shezad Dawood, Leviathan (2017) [20]	28
Slika 24: ASOS virtualni model [60]	29
Slika 25: MIRALab virtualni maneken [21]	30
Slika 26: Primjer VR treniranja u slučaju medicinske opasnosti [22]	32
Slika 27: VR trening u slučaju požara [23]	32
Slika 28: Virtual Heroes, A Division of ARA [24]	33
Slika 29: Advanced Disaster Management Simulator [25]	33
Slika 30: Pixo VR, isječak videa sa [42]	34
Slika 31: XVR simulator, isječak iz [26]	34
Slika 32: VSTEP platforma [65]	35
Slika 33: Treniranje u industrijskim aplikacijama [2]	36
Slika 34: Siemens Tecnomatix Plant Simulation [27]	36
Slika 35: EON Reality aplikacija, isječak videa sa [46]	37
Slika 36: Honeywellov Immersive Field simulator [28]	37
Slika 37: Virtway aplikacija [47]	38
Slika 38: Unity Reflect platforma [64]	38
Slika 39: HTX Labs, prikaz kabine zrakoplova [49]	39
Slika 40: HTX Labs, prikaz zrakoplova [49]	39
Slika 41: Lil Miquel: virtualni influencer [29]	41
Slika 42: Mitsuku, napredni chatbotom [30]	41
Slika 43: Primjer korištenja IKEA place aplikacije [31]	42
Slika 44: Sephorin Virtual Artist [53]	42
Slika 45: Duolingo chatbot [61]	43
Slika 46: VirtualSpeech [32]	44

Slika 47: Time Explorer aplikacija [62]	44
Slika 48: STRIVR aplikacija [63]	45
Slika 49: Code Combat [33]	45
Slika 50: VirBELA, isječak iz [34]	46
Slika 51: Vlastiti virtualni lik u Samsung AR zoni.....	47
Slika 52: Morski pas u ribolovu s djevojkom.....	48
Slika 53: Westy terijer u Superman odijelu.....	48
Slika 54: Anime verzije mene i mog psa (s lijeve strane) i mene samog (s desne strane)	49
Slika 55: Virtualni lik učitelja generiran na temelju moje slike	49
Slika 56: Avatari glumca Ryan Reynoldsa i glumice Sandre Bullock generirani pomoću Ready Player Me.....	50
Slika 57: Vlastiti avatar generiran pomoću Ready Player Me.....	50